

Bölüm 6

ENDODONTİDE KULLANILAN GELENEKSEL VE İLERİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ-GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GENEL BİR BAKIŞ

Neslihan YILMAZ ÇIRAKOĞLU¹

GİRİŞ

Endodontik tedavi esnasında en yaygın kullanılan görüntüleme yöntemi ağız içi radyografi yöntemidir. X ışınlarının diş hekimliğinde kullanılması Kells ile başlamıştır. Kells'in 1899'da kök kanalını bir radyogram üzerinde öncü bir telle görselleştirmesiyle gerçekleşen buluşu sayesinde radyografi endodonti pratiğinde temel bir araç haline gelmiştir (1,2). Dental anamnez, klinik muayene, pulpal canlılık testleri ile birlikte kombine edildiğinde radyolojik muayene kök kanal tedavisinin; teşhis aşamasından tedavi planına kadar tüm aşamalarının kontrolü ve ayrıca tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi için vazgeçilmez bir parçasıdır (3-5).

Endodontik tedavi prosedürleri sırasında periradiküler lezyonların genişliği, konumu ve varlığı hakkında faydalı bilgiler, kök kanallarının anatomileri, komşu anatomik yapıların yakınlığı periapikal radyografilerle sağlanabilir. Yaygın kullanımlarına rağmen hem X-ray filmde hem de dijital sensörlerle alınan periapikal görüntüler bazı nedenlerle sınırlı bilgi sağlarlar (5). Bu bölümün amacı bu sınırlamaları açıklamak ayrıca ileri alternatif görüntüleme tekniklerini ve bu sorunların üstesinden gelme potansiyellerini açıklamaktır.

ENDODONTİDE KULLANILAN PERİAPİKAL RADYOGRAFİLERİN KISITLILIKLARI

Periapikal görüntülerde üç boyutlu (3D) anatomi iki boyutlu (2D) görüntü içine sıkıştırılmıştır; diğer bir deyişle üç boyutlu bir nesnenin iki boyutlu görüntüsü elde edilir ve bu durum teşhis performansını önemli ölçüde kısıtlar (3,4,6). Diş ve onu çevreleyen yapılar horizontal (mezial-distal) ve vertikal düzlemde

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, neslihanilyilmazcirakoglu@karabuk.edu.tr

görüntülenir; ancak sagittal düzlem (bukkal-lingual) (üçüncü boyut) görüntülenemez (5). Periapikal radyografiler her zaman kökler ve onları çevreleyen anatomik yapılar/ilişkili periradiküler lezyonlar arasındaki uzaysal ilişki; kök içindeki oluşumların doğası, şekli ve lokalizasyonu (örneğin kök rezorpsiyonları) konularında tam olarak kesin değerlendirmeler yapamayabilir (6-8). Ancak cerrahi planlamada kökün kortikal tabakayla olan açısının, kortikal kemik kalınlığının ve kök ile onu çevreleyen anatomik yapıların (örn inferior alveolar sinir, mental foramen ya da maksiller sinus) ilişkisinin doğru olarak saptanabilmesi kritik önem taşır. Tüm bu nedenlerle üçüncü boyutun görüntülenememe eksikliği teşhis açısından büyük bir öneme sahiptir (9-10).

Farklı açılardan alınan birden fazla periapikal radyografi ile en azından bazı üç boyutlu görüntülerin elde edilmesi sağlanabilir (4). Horizontal açılımda yapılacak 10-15 derecelik değişikliklerle ilave çekimlerin yapılması (paralaks metodu) bu konuda tavsiye edilen yöntemdir. Hastayı gereksiz olarak çoklu radyasyon dozuna maruz bırakmamak için farklı açılardan alınacak iki adet görüntü genellikle yeterli olmaktadır. Ancak bazı durumlarda (çoklu kökler, çoklu kanallar, rezorptif defektler, çürükler, restorasyon defektleri, kök kırıkları, kök olgunlaşması sınırları ve apikal gelişim vb. gibi) çoklu çekimler de zorunlu olabilmektedir (11). Yine de çoklu radyografiler almak ilgili anatomi veya hastalığın tanımlanmasını kesin bir şekilde sağlayamayabilir (12). Periapikal radyografilerin diğer önemli bir limitasyonu, maksillofasiyel iskeletin kompleks yapısı nedeniyle anatomiye doğru bir şekilde yansıtamamasıdır (4). Endodontik uygulamalarda radyografiler; gerçeğe daha yakın görüntüler elde edilebildiği için açortay tekniği yerine paralel teknik (uzun kon ya da dik açılı teknik olarak da bilinir) kullanılarak alınmalıdır (13,14).

Paralel teknikte anatomik görüntünün doğru sağlanması için görüntü alıcısı (film ya da reseptör) dişin uzun eksenine paralel olarak yerleştirilmelidir. Ayrıca X-ray ışını hem görüntü reseptörüne hem de değerlendirilecek dişe dik olarak gönderilmelidir. Uzun eksen ayarlamasının doğru yapılamaması radyografik görüntünün geometrik olarak distorsiyonuna (bozulmasına) neden olur. Sert dijital sensörlerin (CCD/CMOS) ideal konumlandırılması daha rijit ve hacimli olduklarından geleneksel ya da fosfor plak dijital sensörleriyle (PSP) karşılaştırıldığında daha zor olabilmektedir (7).

Aşırı açıyla ya da düşük açıyla çekilmiş radyografiler kök uzunluğunu artırabilir ya da azaltabilir (15); periapikal lezyonların boyutunu artırabilir ya da azaltabilir (hatta tamamen ortadan kaybolmasına neden olabilir) (16,17). İdeal

koşullar altında bile yaklaşık %5'lik bir büyütme beklenmelidir; çünkü paralel teknikle alınan radyografilerde dahi diş ve görüntü reseptörü hafifçe birbirinden ayrılabilir ve X-ray ışını hafifçe açılma gösterebilir (13,14). Dokuyla uzun bir odaklanma mesafesi bırakılması bu durumu sınırlayabilir; fakat büyümeyi tam olarak ortadan kaldıramaz (7).

Radyolojide bir diğer önemli ilke; teşhis edilecek yapıları bir arka plan üzerinde mümkün olduğunca homojen bir şekilde göstermektir (4). Ancak ağız içi radyografilerde diş çevreleyen anatomik yapılar üst üste gelebilir (süperpozisyon) ve periapikal radyografilerin yorumlanmasında zorluğa neden olabilir. Anatomik yapıların süperpozisyonu radyopak (örn; zigomatik çıkıntı) ya da radyolüsent (örn; insiziv foramen, maksiller sinüs) görüntü verebilir (18,19). Endodontide anatomik süperpozisyon sorunu ilk olarak maksiller kesici dişlerin apekslerinin üzerine insiziv kanalın görüntüsünün gelmesinin radyografik yorumlamayı zorlaştırdığını farkedenden Brynolf (20) tarafından gözlemlenmiştir. Birçok çalışma süngerimsi kemik ile sınırlı periapikal lezyonların, üstlerindeki daha yoğun kortikal tabakanın ilgili alanı maskeleyesi nedeniyle radyografik olarak izlenmesinin zor olduğunu rapor etmektedir. Anatomik süperpozisyon ayrıca radyografik görüntülerde periapikal lezyon boyutunun olduğundan daha küçük algılanmasına neden olabilir (16,21,22). Anatomik süperpozisyon optimal olmayan ışınlama geometrisi, üst üste gelen anatomi, süngerimsi kemik ve kortikal kemiğin kalınlığı, kök apekslerinin kortikal kemikle olan ilişkisi gibi birçok faktöre bağlıdır. Alınacak ek radyografiler anatomik süperpozisyonların elimine edilmesine ve endodontik lezyonların daha net bir şekilde görüntülenebilmesine olanak sağlar (17).

Periapikal radyografilerin zamansal perspektifi de başka bir sınırlayıcı yöndür. Yapılan endodontik tedavilerin sonucunu değerlendirmek için belirli bir süre boyunca çekilen radyografiler karşılaştırılmalıdır (23). Tedavi öncesi, tedavi sonrası ve takip radyografileri; herhangi birinin tedavi sonucunda periapikal dokularda oluşacak değişiklikleri doğru yorumlayabilmesi için radyasyon geometrisi, yoğunluğu ve kontrastı açısından azami derecede standardize edilmelidir (4). İyi standardize edilmemiş radyografiler başarı veya başarısızlık derecesinin normalin altında veya üstünde olacak şekilde yanlış yorumlanmasına neden olabilir. Özelleştirilmiş stentler ve elastomerik ölçü maddeleri paralel teknikle radyografi alınırken görüntü reseptörü, diş ve X-ray ışınının hizalanarak radyasyon geometrisinin yeniden aynı şekilde oluşturulma olasılığını artırmak için kullanılabilir. Ancak bu tarz tekniklerle dahi seri radyografiler küçük tutarsızlıklar gösterebilmektedir (24,25).

Geleneksel radyografilerin aksine dijital periapikal görüntüler yazılım sistemleri tarafından sağlanan manipülasyonlarla farklı görüntü türlerine dönüştürülebilir. Görüntünün iyileştirilmesi (parlaklık, kontrast ya da büyütmenin değiştirilmesi) hem teşhis hem de tedavi prosedürlerini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Bir dizi gri tonun ayarlanmasıyla renklendirilmiş görüntüler elde edilen kolorizasyon (renklendirme) yöntemi de teşhis amacıyla kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerle de bazı önemli teşhis bilgileri göz ardı edilebilir (4). Dijital sistemler endodontik tedavi sırasında ya da kanal içi post yerleştirilirken ihtiyaç duyulan bazı ölçümleri kolaylaştırmaktadır. Ayrıca densitometrik görüntü analizi özellikle kök kanal tedavisi sonrası iyileşme sürecini ve kemik dokusundaki değişiklikleri daha net bir şekilde değerlendirmek için kullanılabilir (4). Fakat ne yazık ki tüm bu ek uygulamalar ve geliştirilen teknolojiler periapikal radyografilerin limitasyonlarını tamamen ortadan kaldırmak için yeterli değildir.

ENDODONTİ PRATIĞİNDE KULLANILAN İLERİ GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Bu bölümde periapikal radyografilerin yukarıda bahsedilen sınırlı yönlerini elimine etmek için geliştirilen ileri görüntüleme yöntemlerinden bahsedilecektir (26). Özellikle endodonti alanında bu tekniklerin bazılarının kullanımı diagnostik başarıyı artırmada ve klinik yönetime yardımcı olmada önemli etkiler sağlamışlardır.

Tuned Aperture Bilgisayarlı Tomografi (TACT)

TACT tomosentez prensibine göre çalışmaktadır. Kesitler halinde alınan görüntüyü üç boyutlu bilgiye dönüştürebilmek amacı ile farklı açılardan 8-10 adet radyografik görüntü alınması prensibi ile (tomosentez ilkesi) çalışır (27). Bu radyografik görüntülerdeki data kullanılarak özel yazılıma sahip programlanabilir görüntüleme ünitesi yardımıyla dilim dilim görüntülenebilen üç boyutlu bir veri seti elde edilir (28). Yapılan çalışmalarda TACT'nin çeşitli klinik koşullarda etkili bir teşhis aracı olduğu kanıtlanmıştır (29). Ayrıca endodontik problemlerde TACT'ın geleneksel radyografilere göre teşhis ve tedavi seçenekleri açısından daha bilgilendirici olduğu belirtilmiştir. Örneğin; azı dişlerde ekstra kanalların tespit edilme olasılığını artırdığı, parçaların yer değiştirmesi görülmeden önce dahi vertikal kök kırıklarının teşhisinde iki boyutlu radyografiler ile karşılaştırıldığında önemli derecede üstün olduğu tespit edilmiştir (27,30,31). TACT'nin

klasik radyografilere göre iddia edilen üstünlüğü; ilgilenilen sahadaki süperpozisyonların neden olduğu anatomik görüntü bozukluklarının daha az olmasıdır (32,33). Diğer bir ek avantajı ise metal restorasyonların neden olduğu artefaktların yokluğudur. Ayrıca çözünürlük kalitesinin iki boyutlu radyografilere yakın olduğu da yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (26). Son olarak toplam radyasyon dozu; total radyasyon dozu seri alınan radyograflara paylaştırıldığı için bir ya da iki geleneksel filmle alınan radyasyon dozundan daha fazla değildir (31, 34).

TACT'nin diş hekimliğinde çürüklerin teşhisinde (35); travmaya uğramış dişlerde (36) ve implant öncesi değerlendirmede (37) kullanılabileceği bildirilmiştir. Bu sistemin hem minedeki hem de dentindeki oklüzal çürüklerin teşhisinde geleneksel radyografilerden daha başarılı olduğu bildirilmiştir (38). Harase ve ark. (39) bu yöntemin ara yüz çürüklerinin teşhisinde geleneksel radyografilere alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca TACT'nin vertikal kök kırıklarının tespit edilmesinde uygun olduğu gösterilmiştir (30,40). Ancak rapor edilen tüm bu avantajlı özelliklerine rağmen TACT günümüzde dental uygulamalar için yaygın olarak kullanılmamaktadır (4,26).

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi bir objenin 2D görüntü datasını kullanarak 3D görüntüsünü üreten bir görüntüleme tekniğidir. Bilgisayarlı tomografi 3D görüntülere ek olarak geleneksel radyografiye göre bazı üstün yönler ve avantajlara sahiptir. Örneğin; anatomik süperpozisyonları ve yüksek kontrast çözünürlüğünü elimine eder. Geleneksel radyografiler en az %10 oranında fiziksel densiteye sahip doku farklılaşmalarını ayırt edebilirken; bilgisayarlı tomografilerde bu oran %1'den daha azdır (15).

Çene muayenelerinde postlar, kronlar ve metalik dolguların neden olabileceği artefaktlardan kaçınmak için genellikle aksiyel taramalar elde edilir. Daha sonra bu taramalardan çok düzlemli rekonstrüksiyonlar oluşturulur ve teşhis özelliğine bağlı olarak koronal, sagittal ya da kesitsel görüntüler olarak izlenir (4,6). Aksiyel görüntüler anatomi/patoloji detaylarının bukkal/palatinal-lingual yönde yorumlanmasına olanak sağlar; bu yüzden yapılar arası mesafeleri ölçmek için (örn; mandibular kanal ve periapikal lezyon arasındaki) ya da periapikal cerrahi öncesi bukkal korteksin kalınlığını ölçmek gibi önemli değerlendirmeleri yapabilmek için kullanılabilir (3,4,9). Bilgisayarlı tomografi ayrıca metalik kök kanal postları içermediği sürece kök kanal sisteminin morfolojisi hakkında da ek bilgi sağlayabilmektedir (4, 41). Ancak bunların yanında bilgi-

sayarlı tomografinin geometrik çözünürlüğü kök kanallarının tam şeklini ortaya çıkarmak için yetersiz kalmaktadır (42). Kök kanal anatomisini ayrıntılı olarak değerlendirmede gereken yüksek çözünürlüğü elde etmek için çok yüksek bir radyasyon dozu gereklidir (5).

Bilgisayarlı tomografi ayrıca net olarak lokalize edilemeyen odontojenik ağruların teşhisi için de faydalı olabilir. Bazı durumlarda periapikal radyografilerde olağandışı bir durum gözlenmezken; bilgisayarlı tomografi bir periapikal lezyonun varlığını gösterebilir. Ayrıca bilgisayarlı tomografi görüntülerinde üçüncü boyutun değerlendirilmesi kök kanallarının birleştiği ya da ayrıldığı alanların yanı sıra kök ve kök kanal sayılarının belirlenmesini de sağlar. Bu durum özellikle başarısız olmuş kök kanal tedavilerinin teşhis ve tekrarlayan tedavileri için klinisyene önemli bir avantaj sağlar. Bilgisayarlı tomografi ayrıca güta-perka ve kök kanal patı gibi çenelerdeki yabancı cisimleri lokalize etmede kullanılabilir (9).

Endodonti alanında bilgisayarlı tomografi kullanımı hem yüksek radyasyon dozu hem de taramaların yüksek maliyetli olması nedenleri ile son yıllarda oldukça düşüktür (43). Ayrıca bilgisayarlı tomografinin günümüzde endodonti alanında yer bulamamasının nedenleri arasında; metalik cisimler nedeniyle oluşan ışın saçılması, geleneksel radyografilere göre daha düşük çözünürlüğe sahip olması ve bu cihazların hastaneler gibi özel radyoloji birimlerinde bulunması gibi dezavantajları sayılabilir (5). Endodontik problemlerin çözümünde bilgisayarlı tomografinin yerini günümüzde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) almıştır.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

Manyetik rezonans görüntüleme, iyonize radyasyon yerine radyo dalgaları kullanılan ve invaziv olmayan özelleştirilmiş bir görüntüleme sistemidir. Bir manyetik alan içinde hidrojen atomlarının (bir proton ve bir elektrondan oluşan) davranışlarından oluşur (8,15). Manyetik rezonans görüntüleme; kemik dokusundaki büyük ayrıntıları görüntüleyemezken; yumuşak doku ve damarsal yapıları görüntülemede en iyi performansı gösterir (6).

Manyetik rezonans görüntülemenin günümüzde kullanıldığı ana dental uygulamalar; özellikle tükrük bezleri gibi yumuşak doku lezyonlarının teşhisi, temporomandibular eklem muayeneleri ve tümör evrelerinin incelenmesidir (8,15,44). Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ayrıca dental implantlar

için yapılacak cerrahi öncesi değerlendirme amacıyla kullanılır (45,46). Manyetik rezonans görüntüleme ile çok köklü dişler ayırt edilebilir, apikal foramenlere giren nörovasküler demetin daha küçük dalları belirlenebilir. Kortikal kemiğin kalınlaşmasının yanı sıra periapikal lezyonların doğası da net bir şekilde tanımlanabilir (6,47). Manyetik rezonans görüntüleme pulpal ve periapikal durumların araştırılması, patolojinin kapsamının belirlenmesi, cerrahi prosedürlere karar vermede anatomik çıkarımlar yapmak için de kullanılır (6). Çene kemiğine ve karşılığındaki yumuşak dokuya kadar uzanan ve osteomiyelite dönüşen periapikal apse gibi enfektif lezyon vakalarında sıklıkla tercih edilen bir teşhis yöntemidir (48).

Manyetik rezonans görüntüleme; bilgisayarlı tomografi yönteminin aksine metalik restorasyonlardan (amalgam, metalik kron dışı restorasyonlar ve implantlar gibi) kaynaklı artefaktlardan etkilenmemesine rağmen (49) bazı dezavantajlara sahiptir. Bunlar geleneksel radyografilerle karşılaştırıldığında zayıf çözünürlük derecesi ve bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırıldığında daha uzun tarama zamanı, yüksek yazılım maliyetleri ve yalnızca özel radyoloji ünitelerinde bulunabilme özellikleridir.

Manyetik rezonans görüntüleme; farklı sert dokuların (örneğin mine ve dentin) hepsi radyolüsent görüntü verdiği için birbirlerinden veya diğer metalik objelerden ayırt edilemezler. Oluşan güçlü manyetik alan; araştırılacak alanda metal bir parça ya da kalp pili taşıyan hastalar için kullanımını kısıtlamaktadır. Pahalı bir yöntemdir; çoğu sistemde hasta dar ve uzun bir tünele yerleştirilmelidir (45,50). Tüm bu bahsedilen nedenler manyetik rezonans görüntüleme yönteminin endodontik hastalıkların yönetimi için kullanımını sınırlandırmaktadır.

Ultrason

Cisimlerin ultrasonografik olarak görüntüleme işlemi ilk olarak 1939 yılında gerçekleştirilmiştir, Tıp alanında ise son 50 yıldır özellikle de gebelik esnasında teşhis amacıyla kullanılmaktadır. Ultrason tekniği kulağın duyma aralığının (1-20 Khz) dışında frekansa sahip ses dalgalarının farklı akustik özelliklere sahip olan dokularda yansımaları prensibiyle çalışmaktadır (15,51). Yankılar onları elektrik sinyallerine dönüştüren bir dönüştürücü tarafından algılanır ve bir bilgisayar ekranında eş zamanlı siyah, beyaz ve gri tonlarında görüntü izlenir (15). Yüksek yankı yoğunluğu oluşturan doku ara yüzeyleri (örn; kemik ve diş gibi) “hiperekoik” olarak tanımlanırken; ultrason enerjisini yansıtmayan dokular ise

(örn; kist boşlukları) “aneikoik” olarak tanımlanır. Genel olarak teşhis bölgesinin hiperekoik ve anekoik alanlarından oluşan görüntüler heterojen bir profile sahiptir. Hareketli bir kaynaktan yansıyan ses frekansı değişimleri olarak tanımlanan “Doppler etkisi”, arteriyel ve venöz kan akışını tespit etmede kullanılır (8).

Ultrason yönteminin endodonti pratiğinde kullanımı başarılı sonuçlar vermiştir (52). Bu tekniğin uygulanışı kolaydır ve kemik içi endodontik kezyonların varlığı, vasküler yapısı, tam boyutu, içeriği ve şekli hakkında bilgiler verir (6). Ultrasonla görüntüleme tekniği; ekoik görüntülerin yardımıyla (hiperekoik ve anekoik) periapikal lezyonların (granülom ve kistler) ayırıcı tanısında güvenilir bir teşhis tekniği olarak gösterilmiştir (51, 53). Ayrıca renkli lazer kullanımını yoluyla (Doppler etkisi) lezyon içinde vaskülarite olup olmadığı tespit edilebilir. Ancak ultrasonun periapikal lezyonların doğası ve türünü (gerçek kist ya da cep kisti) doğru tespit etme yeteneği şüphelidir.

Ayrıca ultrason yöntemi ses dalgaları kemik doku tarafından bloke edildiğinden üzerinde kortikal kemiğin çok az kaldığı ya da hiç olmadığı periapikal lezyonların boyutlarını tespit etmede oldukça yararlıdır (5). Ultrason cihazının probunun oral kavitenin ön bölümlerinde konumlandırılması göreceli olarak daha kolayken arka bölümlerde daha zordur ve arka kısımlarda bulunan kalın kortikal tabaka ses dalgalarının kolayca geçmesini önler (3,5). Bu dezavantajlarına ek olarak ultrason görüntülerinin yorumlanması genellikle bu konuda kapsamlı eğitim almış radyologlar tarafından mümkün olabilmektedir (5).

Ultrason doğru şekilde kullanıldığında hasta üzerinde herhangi bir zarar oluşturmamaktadır, bu yüzden güvenli bir teknik olarak kabul edilir; ancak ultrason dalgalarının enerjisi ısı şeklinde dokular tarafından absorbe edildiğinden dalgaların miktarı kontrol edilmelidir (6). Bu olası olumsuz etki enerjinin uygulama süresine bağlıdır; bu yüzden muayenelerin sayısı ve tekrarı sınırlandırılmalıdır (54). Ancak yine de her durumda; iyonize radyasyon kullanılarak yapılan radyografik incelemelerle ilişkili risklerden çok daha az risklidir (47,54).

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) konvansiyonel bilgisayarlı tomografiye göre daha düşük radyasyon dozuna sahip olan maksillofasiyel iskelet yapısının bilgilerini üç boyutlu yapılandırmak için geliştirilmiş ve diğer sistemlere göre daha yeni bir ağız dışı görüntüleme sistemidir. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi sistemi 1990'lı yılların sonlarında geliştirilmiştir (55,56). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi sistemi geleneksel bilgisayarlı tomografiden farklı bir

prensip ile çalışır. Tüm üç boyutlu veri hacminin elde edilmesi tarayıcının tek bir taramasıyla ve hastanın başının etrafında 180° ve 360° arasında senkronize olarak dönen kaynak ve sensör arasındaki doğrudan basit bir ilişki kullanılarak elde edilir.

X-ray ışını geleneksel bilgisayarlı tomografi tarayıcılarında kullanılan yelpaze şeklinin aksine konik şekildedir ve görüş alanı (FOV) olarak tanımlanan silindirik veya küresel veri hacmini yakalar (56). Optimal FOV alanı; görüntülenecek alana ve hastalığın durumuna göre her hasta için özel olarak belirlenebilir. Genel olarak, voksel boyutu ne kadar küçükse, görüntünün uzaysal çözünürlüğü o kadar yüksek olur.

Bu yöntemin bilgisayarlı tomografiye göre en büyük avantajı; hızlı tarama süresi (seçilen ışınlama ve kullanılan tarayıcı parametrelerine bağlı olarak genelde 10 ila 40 sn uzunluğunda), atımlı röntgen ışını (gerçek maruz kalma süresi 2-5 sn) ve gelişmiş görüntü alıcı sensörleri sayesinde maruz kalınan radyasyon dozunda önemli derecede azalma olmasıdır (56). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin tarayıcılarının kullanımı kolaydır ve panoramik cihazla yaklaşık olarak aynı alanı kaplar. Bu özellikleri konik ışınlı bilgisayarlı tomografi cihazını diş hekimliği pratiği için uygun hale getirmiştir (57). Genel olarak görüntüler aynı anda üç ortogonal düzlemde (aksiyel, sagittal ve koronal) izlenebilir. Dişin koronal ve aksiyel görüntüleri; tüm diş yapısının ve çevresindeki anatomik yapıların üç boyutlu olarak görüntülenebilmesine olanak sağlar (56). Diş sert dokularının değerlendirilmesinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi taramalarının görüntü kalitesi bilgisayarlı tomografiden daha üstündür (56,58,59).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi geleneksel radyografinin bazı sınırlı özelliklerini karşılamaktadır (56). Örneğin alınan kesitler komşu anatomik süperpozisyonları (anatomik yapılar, alveolar kemik ve komşu köklerin üst üste gelmesi) önleyecek şekilde seçilebilir. Çok köklü dişlerin köklerinin uzaysal ilişkisi bu yöntemle üç boyutlu olarak izlenebilir ve periapikal lezyonların gerçek boyutları ve üç boyutlu yapıları doğru bir şekilde değerlendirilebilir (4,5,56).

Tüm bu avantajlarının yanında ne yazık ki; konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ile elde edilen görüntüler konvansiyonel radyografinin çözünürlüğüne sahip değildir (56). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntülerinin görüntü kalitesi ve diagnostik doğruluğunu etkileyebilecek bir diğer önemli problem ise yüksek yoğunluktaki komşu dokuların (mine, metalik postlar ve restorasyonlar gibi) neden olduğu ışın saçılmasıdır. Bu dezavantaj kök kanal perforasyonları ve internal kök rezorpsiyonu olguları için diagnostik kaliteyi ve doğruluğu önemli

oranda düşürmektedir (60,61,62). Bu nedenle bu vakalarda tanı için konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve geleneksel periapikal radyografileri birlikte değerlendirmek gereklidir (4). Son dezavantaj olarak; tarama süresi 15-20 sn uzunluğundadır ve hastanın bu süre içinde mutlaka hareketsiz kalması gerekir (56).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi teknolojisi son yıllarda endodontik problemlerin tedavisinde giderek daha fazla oranda kullanılmaya başlanmıştır. Endodonti alanındaki uygulama alanları şunlardır (3,4,56);

- Apikal periodontitisin teşhisi
- Cerrahi prosedür öncesi değerlendirme
- Dental travma ve kök kırıklarının değerlendirilmesi
- Kök kanal konfigürasyonunun detaylı incelenmesi
- İnternal-eksternal rezorpsiyonlar

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi kullanılarak periapikal hastalıklar periapikal radyografilere kıyasla daha erken dönemde tespit edilebilir. Periapikal ve rezorptif lezyonların gerçek boyutları, kapsamaları, yapıları ve yerleri daha doğru bir şekilde belirlenebilir (10,62,63). Ayrıca konik ışınli bilgisayarlı tomografi taramaları; kortikal ve süngerimsi kemiğin kalınlığı ve köklerin eğimi doğru bir şekilde belirlenebildiği için periapikal cerrahi öncesi posterior dişlerin değerlendirilmesinde tercih edilmektedir. Anatomik yapılar arasındaki ilişkiler (örn; kök apeksleri ile maksiller sinüs veya inferior alveolar sinir arasında) doğru ve net olarak gözlemlenebilir (55,56). Tüm bunların dışında konik ışınli bilgisayarlı tomografi endodontik tedavilerin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılabilir (55). Zamanla kemik yapısında oluşan değişimleri (iyileşmeleri) daha doğru bir şekilde gösterebilir ve böylece endodontik tedavinin prognozunu doğru olarak belirlenmesine yardımcı olur (64).

Tüm bunların yanında konik ışınli bilgisayarlı tomografinin iyonize radyasyon kullanarak çalıştığı ve tamamen risksiz olmadığı gözden kaçırılmamalıdır. (55,56). Bu nedenle hastalar mümkün olduğunca az radyasyona maruz bırakılmalıdır (Alara prensibi). Her endodontik vaka kendi spesifik özellikleriyle değerlendirilmeli; konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülemelerinin faydaları olası zararlarına üstün gelecekse bu görüntüleme sistemine başvurulmalıdır (65). Bu konuda daha fazla yeni çalışma yapılana kadar; konik ışınli bilgisayarlı tomografi endodontik teşhis ve tedavi planlaması için daha ileri ve ayrıntılı radyografik bilgilerin gerekli olduğu ve geleneksel periapikal radyografilerin bu konuda yetersiz kaldığı vakalarda kullanılmalıdır (55,56).

Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Mikro bilgisayarlı tomografi in vitro çalışmalarda sıklıkla kullanılan ancak rutin endodontik tedavi pratiğinde kullanılmayan bir araçtır. Yapılan in-vitro çalışmalar mikro bilgisayarlı tomografi cihazının yüksek doğruluğa ve güvenilirliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur (66,67).

SONUÇ

Periapikal radyograflar kullanılarak elde edilen görüntüler endodontik lezyonların ve diğer ilişkili olguların tespiti ve değerlendirilmesi için gerekli bilgiyi sunmada yetersiz kalabilirler. Bazı olgularda ileri görüntüleme yöntemleri; lezyonun gerçek genişliği, ilişkili olduğu anatomik oluşumlar, içeriği, vaskülarizasyonu, kemik yıkımının süreci gibi daha ayrıntılı konularda önemli bilgiler sağladığı için oldukça önemli bir yere sahiptir. Fakat bu cihazların da potansiyel dezavantajları göz önünde bulundurularak gereksiz kullanımlarından kaçınılmalı, rutin olarak değil yalnızca geleneksel periapikal radyografların yetersiz kaldığı durumlarda başvurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Jacobsohn PH, Fedran RJ. Making darkness visible: the discovery of x-ray and its introduction to dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 1995;126(10): 1359-1366. doi:10.14219/jada.archive.1995.0044.
2. Langland OE, Langlais RP. Early pioneers of oral andmaxillofacial radiology. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 1995;80(5): 496-511. doi:10.1016/S1079-2104(05)80149-0
3. Deepak BS, Subash TS, Narmatha VJ, et al. Imaging techniques in endodontics: an overview. *Journal of Clinical Imaging Science*. 2012;2:13. doi: 10.4103/2156-7514.94227
4. Gröndahl HG, Huumonen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic Topics*. 2004;8(1): 55-67. doi: 10.1111/j.1601-1546.2004.00082.x
5. Patel S, Dawood A, Whaites E, et al. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *International Endodontic Journal*. 2009;42(6): 447-462. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01530.x
6. Cotti E, Campisi G. Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endodontic Topics*. 2004;7(1): 52-72. doi: 10.1111/j.1601-1546.2004.00064.x
7. Whaites E. Chapter 8. Periapical radiography. *Essentials of Dental Radiology and Radiography*. 3th ed. Philadelphia, PA, USA: Churchill Livingstone Elsevier; 2003. p. 75-100.

8. Whaites E. Chapter 17. Alternative and specialized imaging modalities. *Essentials of Dental Radiology and Radiography*. 3th ed. Philadelphia, PA, USA: Churchill Livingstone Elsevier; 2003. p. 191-208.
9. 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 Endodontology*. 2001;92(6): 682-688. doi: 10.1067/moe.2001.118904.
10. Low KM, Dula K, Bürgin W, et al. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of Endodontics*. 2008;34(5): 557-562. doi: 10.1016/j.joen.2008.02.022.
11. Glickman GN, Vogt MW. Chapter 5. Preparation for treatment. In:Hargreaves KM, Cohen S, eds. *Pathways of the Pulp*. 10th ed. St. Louis,MI: Mosby Elsevier; 2011. p. 88-123.
12. Barton DJ, Clark SJ, Eleazer PD, Scheetz JP, Farman AG. Tunedaperture computed tomography versus parallax analog and digital radiographic images in detecting second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2003;96(2): 223-228. doi: 10.1016/S1079-2104(03)00061-1.
13. Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *International Endodontic Journal*. 1994;27(3): 133-138. doi:10.1111/j.1365-2591.1994.tb00242.x
14. Vande Voorde HE, Bjorndahl AM. Estimating endodontic “working length” with paralleling radiographs. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 1969;27(1): 106-110. doi: 10.1016/0030-4220(69)90037-1.
15. White SC, Pharoah MJ. Chapter 13. *Advanced Imaging*. *Oral Radiology. Principles and Interpretation*. 6th ed. St Louis, MO: Mosby Elsevier; 2009. p. 207-224.
16. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *The Journal of the American Dental Association* 1961;62(2): 152-160. doi: 10.14219/jada.archive.1961.0030
17. Huumonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics*. 2002;1(1): 3-25. doi: 10.1034/j.1601-1546.2002.10102.x
18. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success--who's reading the radiograph *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* 1972;33(3): 432-437. doi: 10.1016/0030-4220(72)90473-2.
19. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Reliability of radiographic interpretations *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* 1974;38(2): 287-293. doi: 10.1016/0030-4220(74)90070-X.
20. Brynolf I. A histological and roentenological study of the periapical region of human upper incisors. *Odontologist Revy*. 1967;18 (Suppl.11): 1-176.
21. Marmary Y, Koter T, Heling I. The effect of periapical rarefying osteitis on cortical and cancellous bone. A study comparing conventional radiographs with computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1999;28(5): 267-271. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600453.

22. Schwartz SF, Foster JK Jr. Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Part 1. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* 1971;32(4): 606-612. doi: 10.1016/0030-4220(71)90326-4.
23. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics*. 2002;2: 59-98. doi: 10.1.1.1082.8204.
24. Duckworth JE, Judy PF, Goodson JM, et al. A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. *Journal of Periodontology*.1983;54(7): 435-440. doi: 10.1902/jop.1983.54.7.435
25. Rudolph DJ, White SC. Film-holding instruments for intraoral subtraction radiography. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* 1988;65(6): 767-772. doi: 10.1016/0030-4220(88)90027-8.
26. Nair MK, Nair UP. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *Journal of Endodontics*. 2007;33(1): 1-6. doi: 10.1016/j.joen.2006.08.013.
27. Webber RL, Messura JK. An in vivo comparison of diagnostic information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* 1999;88(2): 239-247. doi: 10.1016/S1079-2104(99)70122-8.
28. Webber RL, Horton RA, Tyndall DA, Ludlow JB. Tuned-aperture computed tomography (TACT). Theory and application for three-dimensional dento-alveolar imaging. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1997;26(1): 53-62. doi: 10.1038/sj.dmfr.4600201
29. Nair MK. Diagnostic accuracy of Tuned Aperture Computed Tomography (TACT). *Swedish Dental Journal*. 2003;159 (Suppl.): 1-93.
30. Nair MK, Nair UDP, Gröndahl HG, et al. Detection of artificially induced vertical radicular fractures using tuned aperture computed tomography. *European Journal of Oral Sciences*. 2001;109(6): 375-379. doi: 10.1034/j.1600-0722.2001.00085.x.
31. Nance R, Tyndall D, Levin LG, et al. Identification of root canals in molars by tuned-aperture computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4): 392-396. doi: 10.1046/j.1365-2591.2000.00330.x.
32. Webber RL, Horton RA, Underhill TE, et al. Comparison of film, direct digital, and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 1996;81(4): 480-490. doi: 10.1016/S1079-2104(96)80029-1.
33. Tyndall DA, Clifton TL, Webber RL, et al. TACT imaging of primary caries. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 1997;84(2): 214-225. doi: 10.1016/S1079-2104(97)90072-X.
34. Nair MK, Tyndall DA, Ludlow JB, et al. The effects of restorative material and location on the detection of simulated recurrent caries. A comparison of dental film, direct digital radiography and tuned aperture computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1998;27(2): 80-84. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600323.
35. Abreu Junior M, Tyndall DA, Platin E, et al. Two- and three-dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiog-

- raphy and tuned aperture computed tomography (TACT). *Dentomaxillofacial radiology*. 1999;28(3): 152-157. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600430.
36. Yamamoto K, Hayakawa Y, Kousuge Y, et al. Diagnostic value of tuned-aperture computed tomography versus conventional dentoalveolar imaging in assessment of impacted teeth. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2003;95(1): 109-118. doi: 10.1067/moe.2003.17.
 37. Liang H, Tyndall DA, Ludlow JB, et al. Cross-sectional presurgical implant imaging using tuned aperture computed tomography (TACT). *Dentomaxillofacial Radiology*. 1999;28(4): 232-237. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600451.
 38. Shi XQ, Han P, Welander U, et al. Tuned-aperture computed tomography for detection of occlusal caries. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2001;30(1): 45-49. doi:10.1038/sj/dmfr/4600576.
 39. Harase Y, Araki K, Okano T. Accuracy of extraoral tuned aperture computed tomography (TACT) for proximal caries detection. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2006;101(6): 791-796. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.04.005.
 40. Nair MK, Grondahl HG, Webber RL, et al. Effect of iterative restoration on the detection of artificially induced vertical radicular fractures by Tuned Aperture Computed Tomography. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2003;96(1): 118-125. doi: 10.1016/S1079-2104(03)00304-4.
 41. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Dental Traumatology*. 1990;6(1): 16-20. doi:10.1111/j.1600-9657.1990.tb00381.x.
 42. Robinson S, Czerny C, Gahleitner A, et al. Dental CT evaluation of mandibular first premolar root configurations and canal variations. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2002;93(3): 328-332. doi: 10.1067/moe.2002.120055.
 43. Ngan DC, Kharbanda OP, Geenty JP, et al. Comparison of radiation levels from computed tomography and conventional dental radiographs. *Australian Orthodontic Journal*. 2003;19(2): 67-75. doi: 10.3316/informit.967055338250650.
 44. Goto TK, Nishida S, Nakamura Y, et al. The accuracy of 3-dimensional magnetic resonance 3D vbe images of the mandible: an in vitro comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2007;103(4): 550-559. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.03.011.
 45. Gray CF, Redpath TW, Smith FW. Pre-surgical dental implant assessment by magnetic resonance imaging. *The Journal of Oral Implantology*. 1996;22(2): 147-153.
 46. Monsour PA, Dudhia R. Implant radiography and radiology. *Australian Dental Journal*. 2008;53 (Suppl.1): 11-25. doi: 10.1111/j.1834-7819.2008.00037.x.
 47. Tutton LM, Goddard PR. MRI of the teeth. *The British Journal of Radiology*. 2002;75(894): 497-569. doi: 10.1259/bjr.75.894.750552.
 48. DelBalso AM. Lesions of the jaws. *Seminars in Ultrasound,CT and MRI*. 1995;16(6): 487-512. doi: 10.1016/S0887-2171(06)80022-3.

49. Eggers G, Rieker M, Kress B, et al. Artefacts in magnetic resonance imaging caused by dental material. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*. 2005;18: 103-111. doi: 10.1007/s10334-005-0101-0.
50. Gahleitner A, Solar P, Nasel C, et al. Magnetic resonance tomography in dental radiology dental MRI). *Radiologe*. 1999;39: 1044-1050. doi: 10.1007/s001170050600.
51. Gundappa M, Ng SY, Whaites EJ. Comparison of ultrasound, digital and conventional radiography in differentiating periapical lesions. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2006;35(5): 326-333. doi: 10.1259/dmfr/60326577.
52. Cotti E, Campisi G, Garau V, et al. A new technique for the study of periapical bone lesions: ultrasound real time imaging. *International Endodontic Journal*. 2002;35(2): 148-152. doi: 10.1046/j.1365-2591.2002.00458.x
53. Cotti E, Campisi G, Ambu R, Dettori C. Ultrasound real-time imaging in the differential diagnosis of periapical lesions. *International Endodontic Journal*. 2003;36(8): 556-563. doi: 10.1046/j.1365-2591.2003.00690.x.
54. Barnett SB, Ter Haar GR, Ziskin MC, et al. International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2000;26(3): 355- 366. doi: 10.1016/S0301-5629(00)00204-0.
55. Patel S, Dawood A, Ford TP, et al. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*. 2007;40(10): 818-830. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x.
56. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42(6): 463-475. doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01531.x.
57. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association* 2006;72(1): 75-80.
58. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, et al. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *Journal of Oral Science*. 2006;48(1): 27-34. doi: 10.2334/josnusd.48.27.
59. Hashimoto K, Kawashima S, Kameoka S, et al. Comparison of image validity between cone beam computed tomography for dental use and multidetector row helical computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2007;36(8): 465-471. doi: 10.1259/dmfr/22818643.
60. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, et al. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2007;103(6): 825-829. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.09.009.
61. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, et al. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2007;103(1): 114-119. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.01.001.
62. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, et al. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *Journal of Endodontics*. 2008;34(3): 273-279. doi: 10.1016/j.joen.2007.11.023.

63. Patel S, Dawood A, Mannocci F, et al. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *International Endodontic Journal*. 2009;42(6): 507-515. doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01538.x.
64. Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, et al. Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2006;35(6): 410-416. doi: 10.1259/dmfr/20987648.
65. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2005;4(100): 395-397. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.05.055.
66. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *International Endodontic Journal*. 2003;36(2): 86-92.
67. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2001;34(3): 221-30. doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00373.x