

ORTODONTİK TEŞHİSTE KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI Cone Beam Computed Tomography in Orthodontic Diagnosis

S.Kutalmış BÜYÜK¹, Sabri İlhan RAMOĞLU²

Özet: 1960'larda diş hekimliği radyolojisi ilerleme kaydetmiş, panoramik radyografinin tanıtılmasıyla tek bir filmde çenelerin ve maksillofasiyal yapıların görüntülenmesi mümkün olmuştur. İlerleyen dönemlerde; dijital görüntüleme, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografi (PET) ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT) geliştirilmiş, maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu olarak görüntülenmesi mümkün olmuştur. Özellikle maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesine yönelik olan KİBT'nin tanıtılmasıyla diş hekimliğinde üç boyutlu verilere ulaşım ve görüntü düzenlenmesi kolaylaşmıştır. KİBT'den faydalanılarak bir dizi ortodontik uygulama yapmak mümkündür. Bunlar; gömülü dişler ve ağız içi anomaliler, havayolu analizi, alveol kemiğinin yükseklik, genişlik ve hacminin değerlendirilmesi, temporomandibuler eklem (TME) anatomisi ve yüz analizi gibi başlıklar altında toplanabilir. Bu teknolojinin hızla yaygınlaşması diş hekimlerine maksillofasiyal bölgenin diağnozundan görüntü rehberliği ile birlikte planlanan ortodontik ve cerrahi işlemlere kadar geniş bir yelpazede üç boyutlu temsillerin yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Günümüzde ortodontistler üç boyutlu görüntüleme tekniklerinin klinik teşhis, tedavi planlaması ve tedavi sürecindeki avantajlarını kullanmaktadırlar.

Anahtar kelimeler: Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, ortodontide görüntüleme

Abstract: In the 1960s dental radiology made progress and with the introduction of panoramic radiography the imaging of jaws and maxillofacial structures has been possible within one film. Subsequently digital imaging, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), and cone beam computed tomography (CBCT) have been developed and the imaging of the maxillofacial region in three dimension (3D) has been possible. With the introduction of CBCT, which specifically aim to image the maxillofacial region, obtaining 3D data and the reconstruction of imaging has become easier in dentistry. By making use of CBCT, it is possible to make a series of orthodontic practice, some examples of which are submerged teeth and oral abnormalities, airway analysis, assessment of alveolar bone heights, weight and volume, temporomandibular joint morphology and facial analysis. The rapid development of this technology facilitates 3D representation, ranging from the diagnosis of maxillofacial to guided orthodontic and surgical procedures with image guidance. Today, orthodontists make use of three dimensional imaging techniques on clinical diağnosis, treatment planning and treatment duration.

Keywords: Cone beam computed tomography, imaging in orthodontics

¹ Arş.Gör.Dt.Erc.Ün.Diş Hek.Fak.Ortodonti AD, Kayseri

² Doç.Dr.Erc.Ün.Diş Hek.Fak.Ortodonti AD, Kayseri

Geliş Tarihi : 20.10.2011 Kabul Tarihi : 12.12.2011

Diş hekimliğinde görüntüleme hastaların klinik değerlendirilmesinde önemli bir diagnostik tamamlayıcıdır (1). Radyografik değerlendirme son 20 yıl içinde muazzam bir gelişim göstermiştir ve ortodontistlerin, kraniyofasiyal yapıların şekil ve boyutlarını ölçmek ve kaydetmek için kullandığı en yaygın araçlardan birisi olmuştur. Görüntüleme genel olarak, ortodontide gruplandırılmış anatomik yapıların güncel durumlarını kaydetmek için kullanılır. Bu düşüncelerden dolayı ortodontistler, kraniyofasiyal bölgenin üç boyutlu anatomik kayıtları için, aşına oldukları iki boyutlu statik görüntüleme tekniklerini kullanırlar. Bu açıdan ortodontistler tedavi plânlamasında anatominin belirlenmesinde dişler için çekilen fotoğraflar, periapikal ve panoramik radyograflar, temporomandibular eklem (TME) için çekilen tomografi ve magnetik rezonans görüntülemeleri (MRG) ve fasiyal iskelet için çekilen sefalometrik radyograflar gibi özel metotları kullanırlar. Böylece detayların zenginleştirilmesinin yanında, görüntülerin üzerinde çalışmak da mümkün olacaktır (2). Bilgisayarlı tomografi (BT) gibi kesitsel görüntüleme teknikleri çoğunlukla kompleks diagnostik problemlerin çözümünde kullanılmaktadırlar (3).

Üç boyutlu Konik Işınli bilgisayarlı tomografinin (KIBT) 1990'lı yıllarda geliştirilmesi ile diş hekimleri iki boyuttan üçüncü boyuta geçme şansı elde etmişlerdir (1,4). KIBT'nin özellikle son 5 yılda diş hekimliğinde kullanımı son derece artmıştır (4).

Konik ışın sistemleri, tek rotasyonda ve oldukça düşük radyasyon dozu ile diş hekimlerine 3 boyutlu hacimli (volumetrik) veri elde etme olanağı sağlamaktadır (5). Aynı zamanda iki boyutlu görüntülerin koronal, sagittal, oblik ve çeşitli eğimlerdeki düzlemlerde yeniden düzenlenebilmesine izin verir. KIBT, BT ile karşılaştırıldığında daha düşük radyasyon dozu ile hastaların görüntülenmesini mümkün hâle getirmiştir (6,7). KIBT, konvansiyonel BT tarayıcılarından 15 kat daha az radyasyon dozu ya da 4-15 panoramik radyografi için ihtiyaç duyulan radyasyon dozuna eşit bir dozla ve kısa tarama zamanına (10-70 sn) ayrıca; yüksek diagnostik kalitedeki imajlarıyla milimetrenin altında uzaysal çözünürlük sağlama imkânına sahiptir (8).

KIBT'nin diş hekimliğinde kullanım alanı oldukça geniştir. Patolojilerin tanısında, sınırlarının ve hatta içeriklerinin (katı mı, sıvı mı, jelöz mü?) belirlenmesinde, tükürük bezi incelemelerinde, TME yapısının incelenmesinde, TME ankilozu veya fraktürlerinde, maksiller sinüs incelemesinde, çene yüz bölgesi travma ve fraktürlerinde ve implant uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır (9).

KIBT ile elde edilen kraniyofasiyal görüntüler ile belirli kategorilerde bilgi sağlanmasıyla ortodontide; tedavi, gelişim ve kraniyofasiyal veriler arasındaki karmaşık ilişkiyi yorumlamak amacıyla veya verilerin aşağıdaki kategorilerinin bir veya daha fazlasının bağımsız çözümü için kullanılmaktadır:

Normal ve anormal anatominin tespiti

Kök uzunluğu ve kök hizalanmasına karar verme

Çene boyutu ve gerekli diş mesafesi arasındaki ilişkiyi saptama

Uzaysal maksillo-mandibular ilişkinin tespiti

Temporomandibular eklem durumunun tespiti

Eski, şimdi ve beklenen kraniyofasiyal gelişme boyutu ve yönünün tespiti

Kraniyofasiyal anatomide tedavinin etkilerini saptama

Supernümerer ve gömük dişlerin tespiti ve lokalizasyonu (2).

Minimal distorsiyonla maksillofasiyal iskeletsel yapıların üç boyutlu gösterimini sağlamadaki yeteneği, bir görüntüleme yöntemi olarak bu teknolojinin kullanılabilirliğinde artış sağlamıştır. (8, 10).

Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografinin Ortodontik Açıdan Avantajları

KIBT cihazları teknolojik gelişmelerle birlikte oldukça küçülmüş, medikal BT'lerle karşılaştırıldığında da maliyetinin oldukça düşük olduğu bilinmektedir. KIBT'ler yüksek oranda kontrastlığa sahip yapıların görüntülenmesini sağladığından kemik ve dişlerin bulunduğu kraniyofasiyal bölgedeki kemiksel yapıların değerlendirilmesinde etkin olmaktadır (1).

Medikal BT ile karşılaştırıldığında KIBT için gereken ışınlama süresi oldukça azaltılmış olup, çoğu cihazda 30 saniyeden az sürmektedir. Bunun nedeni, KIBT’de cismin görüntüsünün elde edilebilmesi için ışın kaynağının bir kez dönüşünün yeterli olabilmesidir (3).

Modern KIBT cihazları ile 0.125–0.4mm arasında izotropik yapıda submilimetrik voksel çözünürlüğü elde edilebilmektedir (8). KIBT cihazları için etkin doz 40-50 mikrosieverts değeri arasında olup, cihazın modeline ve uygulanan görüntüleme tekniğine göre değişiklik göstermektedir (11). Bu değerler yaklaşık olarak bir panoramik film dozunun 4 ile 77 katına karşılık gelse de, medikal BT’lerle elde edilen kafa görüntülenmesine kıyasla %51-%96 oranında düşük doz değerine sahiptir (1,12). KIBT’nin en önemli avantajlarından bir tanesi verilerin üç boyutlu olarak düzenlenmesinin ve görüntülenmesinin kişisel bilgisayarlarda gerçekleştirilebilmesidir (13).

Bazı üreticiler miniimplant yerleşimi gibi özel amaçlara yönelik kapsamlı yazılım programları sunmaktadır. Bu sayede boyutsal değerlendirmelerin ve ölçümlerin yapılması, görüntülerin büyütülerek izlenebilmesi, görüntüler üzerinde not alınabilmesi mümkün olmaktadır. Cismin farklı düzlemlerdeki görüntüleri özel formatlarda izlenebilmektedir (7).

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Ortodonti Açısından Dezavantajları

KIBT’de; konik ışın geometrisi, algılayıcı hassasiyeti ve kontrast çözünürlüğü gibi bazı kısıtlılıklar tekniğin dezavantajlarının oluşmasına yol açmaktadır. KIBT’nin görüntü kalitesini zayıflatan temel faktör görüntü artefaktlarıdır. Artefakt, görüntülenmek istenen cisim ile ilgili olmayan distorsiyon veya bozuklukları ifade eder. Artefaktlar görüntü kazanımı esnasındaki fiziksel işlemlerdeki kısıtlılıklara bağlı oluşabilirler. Metalik yapıların mevcudiyetinde X-ışını bir cisimden geçtiğinde düşük enerjili fotonlar yüksek olanlara göre daha fazla

absorbe edilerek iki yoğun cisim arasında çizgiler ve koyu bantların oluşumu gibi artefaktlar meydana gelmesine sebep olmaktadır (14).

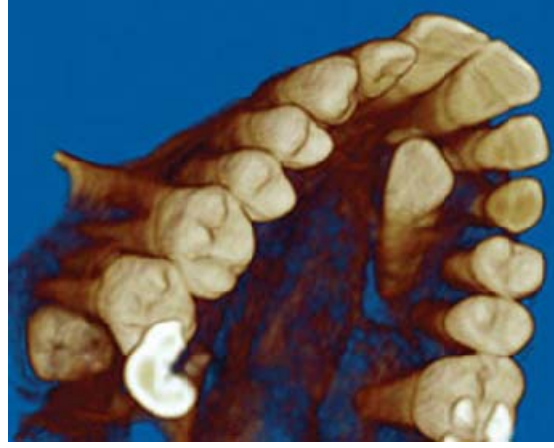
Radyasyon saçılımına bağlı olarak noise (görüntünün izlenmesine engel olan, radyografik dansitedeki istenmeyen değişiklikler) meydana gelebilmektedir. Ayrıca, metal restorasyonlar veya braketer sonucu artefakt meydana gelebilmektedir (8).

Yumuşak dokuların görüntülenmesinde sınırlı olması bir yana bırakılırsa; KIBT’ler baş ve yüz bölgesinin sert dokularının incelenmesinde tartışmasız bir yere sahiptir.

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Ortodontik Tedavilerde Kullanım Alanları

Literatürde klinik olarak KIBT’nin birçok kullanım alanı gösterilmiştir (10).

a) Gömülü dişler ve ağız içi anomaliler: Ektopik kaninlerin konumlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi ve yapılacak olan cerrahi işlemin minimum düzeyde olmasını sağlayacak tedavi stratejilerinin geliştirilmesi için KIBT kullanılabilir (11). Ektopik dişler ve çevresinde bulunan yapılar tarafından oluşturulan patolojiler geleneksel radyograflar ile belirlenebilmesine rağmen, 3 boyutlu konvansiyonel BT taramaları ile yapılmış olan çalışmalarda komşu dişlerde meydana gelen kök rezorpsiyonunun konvansiyonel radyograflarla belirlenenden daha fazla olduğu gösterilmiştir (15,16). KIBT’nin diğer bir kullanım alanı da hastalardaki ağız içi anomalilerin konumlarının belirlenmesidir. Yapılan çalışmalar KIBT’nin kullanımından sonra oral anomalilerin insidansının eskiye oranla arttığını bildirmiştir (oral kistler, ektopik/gömük dişler ve süpernumerer dişler) (17). Ericson ve Kuroi’un 1987’de konvansiyonel radyografiyle yaptıkları bir çalışmada 10-13 yaş gruplarında gömülü kanin vakalarının %13’ünde lateral kökünün rezorbe olduğu belirlenmiştir. Aynı araştırmacılar, 2000 yılında yaptıkları BT çalışmasında bu oranı % 93 bulmuşlar ve rezorpsiyonların % 60’ının pulpa seviyesinde olduğunu belirlemişlerdir (16).



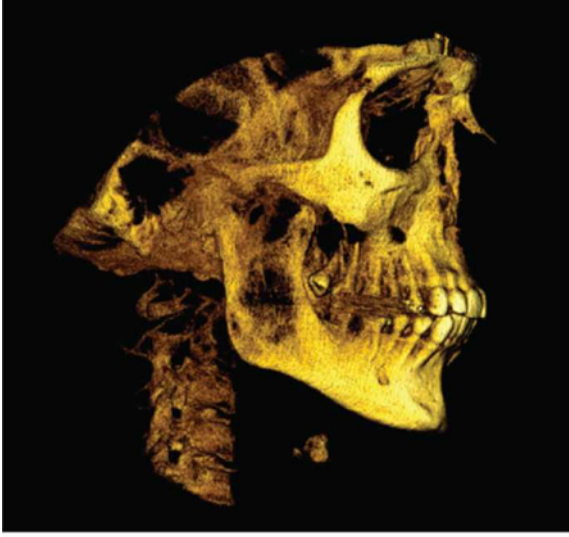
Şekil 1. Konik ışınli bilgisayar tomografisiyle elde edilen örnek görüntüde gömülü dişin pozisyonunun değerlendirilmesi

b) Havayolu analizi: KIBT teknolojisi ile havayolu analizinde büyük gelişme sağlanmıştır. Havayolu analizi için kullanılan lateral sefalogramlar 2 boyutlu görüntü sağladıkları için her zaman tam olarak doğru sonuçlar elde edilememektedir. Lateral sefalogramlar ve KIBT kullanarak 11 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada üst havayolu alan ve hacim ölçümleri arasında orta düzeyde farklılık gösterilmiştir (18).

c) Alveoler kemik yüksekliği, hacminin ve gelişiminin değerlendirilmesi: KIBT implant tedavisinde kullanılmakla beraber, ortodontide dudak damak yarıklı hastalarda alveoler cerrahiye takiben kemik kalitesinin klinik olarak değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (18). KIBT ile elde edilen görüntüler, kemik bölgelerinin daha iyi değerlendirilmesine ve ayrıca onarılmış alveol kemiğine dişlerin ortodontik olarak hareket ettirilip ettirilmeyeceği ile ilgili karar verilmesine yardımcı olmaktadır (7). Ayrıca KIBT, kök eğimi ve torqu, minividaların yerleştirilmesi düşünülen bölgedeki kemik kalınlığı ve morfolojisi, cerrahi planlamada osteotomi bölgeleri hakkında da bilgi vermektedir (19). Üç boyutlu görüntüler ayrıca retraksiyon sırasında palatal kortikal kemiğe göre maksiller keserlerin kökleri-

nin pozisyonları, distalizasyon için maksillanın posteriorunda bulunan kemik miktarı, dental ekspansiyon için maksiller bukkal segmentlerdeki mevcut kemik miktarı, maksiller sinüsle maksiller köklerin komşuluğu, mandibuler keser köklerinin kemik içindeki pozisyonu gibi birçok konuda önemli bilgiler verir (18). Ayrıca iskeletsel Sınıf I, II ve III maloklüzyona sahip hastalarda dehisens ve fenestrasyonun değerlendirilmesinde de KIBT ile değerli bilgilere ulaşılabilceğini ve ortodontik tedavinin plânlanmasına yardımcı olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur (20).

d) Temporomandibuler eklem morfolojisi: KIBT ile kondil başlarının boyutları, şekli ve pozisyonları, eklem boşluğu değerlendirilebilmektedir. Lateral sefalometrik filmlerde kondil sadece lateralden görüntülenebilirken KIBT’de kondilin frontal ve aksiyel kesitleri de alınabilmektedir. KIBT teşhisin yanı sıra, büyümenin tedavi değişikliklerinin ve stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Ancak; KIBT yumuşak dokuları görüntülemeye yetersiz olduğundan TME bölgesinde bulunan disk gibi yapıların incelenmesinde eksik kalmaktadır (19).



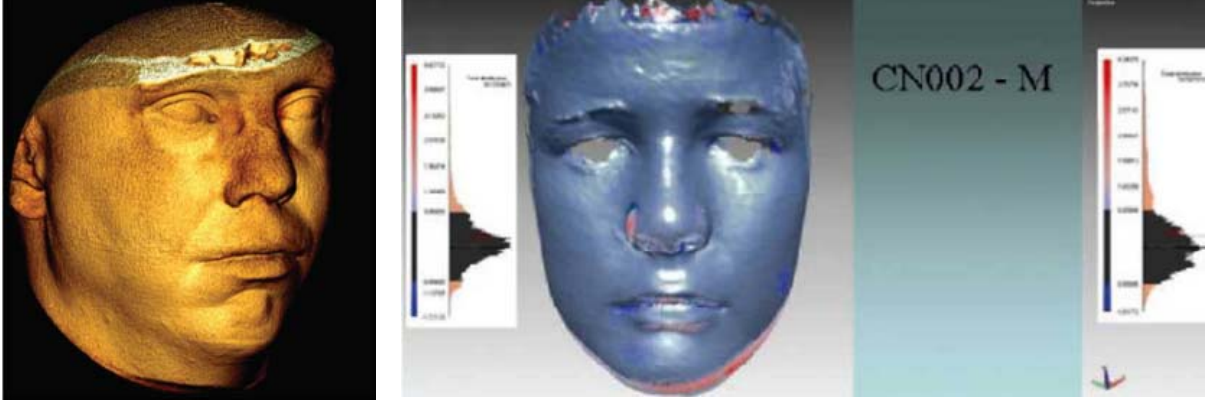
Şekil 2. Konik Işınlı Tomografi ile elde edilmiş görüntüler üzerinde TME'nin değerlendirilmesi

e) Yüz analizi: Yeni yazılım programları ile birlikte cephe veya profil fotoğrafları DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) veri tabanında dönüştürülebilir ve yüzün üç boyutlu görüntüsü frontal-lateral veya herhangi bir istenen yönde oluşturulabilir. Görüntünün translüensliği değiştirilerek sert dokularla yumuşak dokuların anatomik ilişkileri tanımlanabilir. Bu program yüz görünümünün değiştiği diş hareketlerinin plânlaması, ortognatik cerrahi veya diğer kraniofasial tedavilerde önemli yere sahiptir. Ayrıca KIBT ile elde edilen görüntülerin 3D Fotoscan özelliğine sahip cihazlar ile kombine kullanılarak ilgili bölge-lerin modelleri de elde edilebilmektedir (21).

f) Dudak damak yarıkları: KIBT dudak damak yarıklı hastaların değerlendirilmesinde birçok avantaj sağlar. Medikal BT'ler ile karşılaştırıldığında, daha az radyasyon miktarına sahiptir. Medikal BT'ler dudak-damak yarıklarının görüntülenmesinde kullanılırlar; ancak tek bir doz ve fazla radyasyona sahip olması çocuk hastalar için bir engel oluşturur (22). KIBT'deki radyasyon dozunun azaltılması, yumuşak doku kontrastı ve baş boyun böl-

gesinde özel rekonstrüksiyonların yapılması gibi son dönem değişiklikler dudak damak yarıklı hastaların görüntülenmesinde daha fazla revaç görmektedir. Ayrıca, KIBT medikal BT'ye göre yarık bölgesini daha ayrıntılı görüntüleme olanağına sahiptir. KIBT'nin bu özelliği, dudak-damak yarıklı hastaların cerrahi tedavisinde önemli yer tutmaktadır (21).

g) Üç boyutlu çakıştırma: Üç boyutlu yazılımlarla birlikte kranial yapılar ve çalışmacı tarafından tanımlanmış noktalar üzerinde farklı zamanlarda alınmış görüntülerin çakıştırılması yapılabilir (19). Geleneksel çakıştırma anatomik konturların, noktaların ve düzlemlerin iki boyutlu çakıştırılmasını içeren bir yöntemdir. Üç boyutlu KIBT ile birlikte yazılım programlarının kullanılması farklı zamanlarda alınmış görüntülerin subvoksel düzeyde karşılaştırılmasını sağlar. Bilgisayara aktarılan bu görüntüler üzerinde yapılan ölçümler ile büyüme veya tedavi ile gözlenen değişimler değerlendirilir. Böylece üç boyutlu çakıştırma ile tedavi sonucunda ve tedavi sonrası stabilite değerlendirmesi yapılabilir (21).



Şekil 3. Yüz bölgesindeki yumuşak dokuların değerlendirilmesi

h) Hızlı Modelleme (Prototiplendirme): Hızlı modelleme (rapid prototyping) terimi üç boyutlu bilgisayar destekli verilerden somut modellerin elde edilmesi olup, BT ve KIBT bu teknolojiyi sağlayabilmektedir. Hızlı modellemenin maksillofasiyal görüntüleme amacını anatomik yapıların doğal boyutlarda oluşturulmasını sağlamaktır. Bu modeller ayrıca biomodel olarak da isimlendirilmektedir. Oluşturulan biomodeler travma kaynaklı veya konjenital deformitelerin kraniyofasiyal rekonstrüksiyonla tedavisi, tümör rezeksiyonu, distraksiyon osteogenesizi ve dental implantların planlanması gibi kompleks maksillofasiyal cerrahi vakalarında cerrahi öncesi planlamanın yapılabilmesi için üretilirler. Bu modeller uygulayıcıya, cerrahi işlem öncesi rehberlik yaptığınan cerrahın güvenini artırmakta, anestezi ve cerrahi aşamasının kısılmasını sağlamaktadır (14).

Diş hekimliğinde üç boyutlu görüntülemenin son aşaması KIBT cihazlarının oral ve maksillofasiyal cerrahi operasyonları esnasında navigasyon (rehberlik) amacıyla kullanımınıdır. Başta zigomatikomaksiller kompleks kırıkları, orta yüz kırıkları, blow out kırıkları, mandibula kırıkları, ateşli silah yaralanmaları olmak üzere trav-

matolojide, ortognatik cerrahide de KIBT navigasyon amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, KIBT yardımı ile kişiye özgü titanyum onplant, protez ve implant gibi materyaller de üretilebilir (23, 24).

Sonuç

KIBT görüntülenmesi maksillofasiyal bölgedeki sert dokuların görüntülenmesine yönelik yeni bir teknolojidir. Medikal BT'lerle karşılaştırıldığında net, submilimetrik çözünürlüğe sahip görüntülerin daha kısa ışınlama süreleri ve dozlarıyla daha düşük maliyetli olarak elde edilmesini sağlar. Bu teknolojinin artan bir hızla yaygınlaşması uygulayıcılara maksillofasiyal bölgede diagnozdan görüntü rehberliği ile birlikte planlanan ortognatik cerrahi işlemlere kadar geniş bir yelpazede üç boyutlu temsillerin yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

İleri görüntüleme tekniklerinden olan KIBT'deki gelişmeler geleneksel ortodontideki iki boyutu temel alan yaklaşımları üç boyuta taşımada önemli rol oynayacaktır. Üç boyutlu görüntülerin şu an mevcut radyasyon dozlarının düşürülmesiyle; ileride kullanımlarının daha da yaygın hâle gelmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 2008; 52:707-730.
2. Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics: Current Principles and Techniques book. Mosby Year Book 2nd Edition. St Louis, Missouri. 1994; pp 75- 90.*
3. Miraclea AC, Mukherjia SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: Clinical applications. *Am J Neuroradiol* 2009; 30:1285-1292.
4. Kau CH, Bozic M, English J, et al. Cone-beam computed tomography of the maxillofacial region-an update. *Int J Med Robot* 2009; 5:366-380.
5. White SC. Cone-beam imaging in dentistry. *Health Phys* 2008; 95:628-37.
6. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, et al. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol* 2005; 56:413-417.
7. Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod* 2005; 32:282-293.
8. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006; 72:75-80.
9. Harorlu A, Akgul M, Dagistan S. *Diş Hekimliği Radyolojisi Kitabı; Atatürk Üniversitesi Yayınları, 2006; pp 80-150*
10. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6: 31-36.
11. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96 (4):508-13.
12. Yamamoto K, Ueno K, Seo K, Shinohara D. Development of dento-maxillofacial cone-beam x-ray CT system. *Orthod Craniofac Res* 2003;6:160-162.
13. Howerton WB. Jr, Mora MA.: *Advancements in Digital Imaging: What is New and on the Horizon? J Am Dent Assoc* 2008; 139:20-24.
14. Scarfe WC, Farman AG. *Cone-Beam Computed Tomography: White S.C., Pharoah M.J. Oral Radiology: Principles and Interpretation. Mosby, 2009, pp 225-243.*
15. Chaushu S, Chaushu G, Becker A. The role of digital volume tomography in the imaging of impacted teeth. *World J Orthod* 2004; 5:120-132.
16. Ericson S, Kurol PJ. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod* 2000; 70:415-423.
17. Muller R, Van Campenhout H, Van Damme B, et al. Morphometric analysis of human bone biopsies: A quantitative structural comparison of histological sections and micro-computed tomography. *Bone* 1998; 23:59-66.
18. Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, Miller A. A three dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res.* 2003; 6: 173-175.

19. *Cevdanes SHL, Styner AM, Proffit RW. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 129:611-618*
20. *Yagci A, Veli I, Uysal T, et al. Dehiscence and fenestration in skeletal Class I, II, and III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography. Angle Orthod 2011; Jun 22: Impress*
21. *James K. Mah, Liu Yi, Reyes C. Huang, and Hye Ran Choo. Advanced Applications of Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics. Semin Orthod 2011; 17:57-71.*
22. *Domeshek LF, Mukundan S Jr, Yoshizumi T, et al. Increasing concern regarding computed tomography irradiation in craniofacial surgery. Plast Reconstr Surg 2009; 123:1313-1320.*
23. *Heiland M, Pohlenz P, Blessmann M, et al. Navigated Implantation After Microsurgical Bone Transfer Using Intraoperatively Acquired Cone-Beam Computed Tomography Data Sets. Int J Oral Maxillofac Surg 2008; 37:70-75.*
24. *Pohlenz P, Blessmann M, Blake F, et al. Clinical Indications and Perspectives for Intraoperative Cone-Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 103:412-417.*