

Dişhekimliğinde Cone Beam Bilgisayarlı Tomografi

Cone Beam Computed Tomography In Dentistry

Sara Samur*

Özet

Dental görüntüleme, diş hekimliğinde hastaların klinik olarak değerlendirilmesine yardım eden önemli bir diagnostik faktördür. 1960'larda panoramik radyografinin tanıtılmasıyla diş hekimliği radyolojisi ilerleme kaydetmiş, tek bir filmde çenelerin ve maksillofasiyal yapıların görüntülenmesi mümkün olmuştur. Bununla birlikte, üç boyutlu maksillofasiyal bölgenin intraoral ve ekstraoral tekniklerle elde edilen iki boyutlu görüntüleri magnifikasyon ve süperimpozisyon gibi istenmeyen özelliklere sahip oldukları için üç boyutlu görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir. İlerleyen dönemlerde; dijital görüntüleme, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografi (PET) ve cone beam bilgisayarlı tomografi (CBCT) keşfedilmiş, maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu olarak görüntülenmesi mümkün olmuştur. Özellikle maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesine yönelik olan CBCT'nin tanıtılmasıyla diş hekimliğinde üç boyutlu verilere ulaşım ve görüntü düzenlenmesi kolaylaşmıştır. CBCT, sahip olduğu ileri yazılım özellikleri sayesinde diagnozu kolaylaştırmış, operatif ve cerrahi girişimlerde görüntü rehberliği taşımıştır. Medikal bilgisayarlı tomografilerle karşılaştırıldığında; net, submilimetrik çözünürlüğe sahip görüntülerin daha kısa ışınlama süreleri ve dozlarıyla daha düşük maliyetli olarak elde edilmesini sağlar. Bu teknolojinin hızla yaygınlaşması uygulayıcılara maksillofasiyal bölgede diagnozdan görüntü rehberliği ile birlikte planlanan operatif ve cerrahi işlemlere kadar geniş bir yelpazede üç boyutlu temsillerin yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maksillofasiyal radyoloji, CBCT uygulamaları

Abstract

Dental imaging is an important diagnostic adjunct to the clinical assessment of dental patient. After introduction of panoramic radiography in 1960s, dental radiology had become progress and enabled clinicians to see jaw and maxillofacial structures with a single radiography. However, two dimensional (2D) images with intraoral and extraoral procedures of three dimensional (3D) maxillofacial region have some drawbacks such as magnification and superimposition. To eliminate this drawbacks 3D imaging technics have been developed. Subsequent period digital imaging, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET) and cone beam computed tomography (CBCT) had been developed. After the introduction of CBCT which is specifically dedicated to imaging the maxillofacial region, accessing and image reconstruction of 3D data have become more available in dentistry. CBCT has facilitated diagnosis and have a role for image guidance of operative and surgical procedures through the advanced software it has. CBCT is capable of providing clear, submillimeter resolution images at shorter scan times, lower patient dose and lower cost compared with medical CT. Increasing availability of this technology provides the clinicians 3D representation of maxillofacial region ranging from facilitate diagnosis to image guidance of operative and surgical procedures.

Keywords: Maxillofacial radiology, CBCT applications

* Dt., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi AD., Ankara

Dental görüntüleme diş hekimliğinde hastaların klinik olarak değerlendirilmesinde ve diaagnozunda anamnez ve fiziksel muayeneye yardım eden önemli bir kriterdir. İntraoral radyografi Roentgen tarafından X-ışınlarının 1895'de bulunmasını takip eden dönemde kullanılmaya başlanmıştır¹.

1960'larda panoramik radyografinin tanıtılması ve benimsenmesiyle diş hekimliği radyolojisi ilerleme kaydetmiş, tek bir filmde çenelerin ve maksillofasiyal yapıların görüntülenmesi mümkün olmuştur. Bununla birlikte üç boyutlu maksillofasiyal bölgenin intraoral ve ekstraoral tekniklerle elde edilen iki boyutlu görüntüleri; magnifikasyon, distorsiyon, süperimpozisyon gibi istenmeyen özelliklere sahip oldukları için üç boyutlu görüntüleme teknikleri geliştirilmeye çalışılmıştır².

İlerleyen dönemlerde sırayla; dijital görüntüleme, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografi (PET) ve cone beam bilgisayarlı tomografi (CBCT) keşfedilmiş, maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu olarak görüntülenmesi mümkün olmuştur.

CBCT'nin İlkleri

CBCT yeni bir teknoloji olup ilk olarak 1982'de anjiyografi için geliştirilmiş daha sonraki dönemlerde maksillofasiyal görüntülemeye kullanılmaya başlanmıştır³. Birbirinden uzaklaşan ya da konik yapıda iyonize radyasyon gönderen ışın kaynağı ile iki boyutlu yüzey algılayıcılarının görüntülenmek istenen cisim etrafında dönen bir sistemde konumlandırılması ile elde edilir. Sistemin görüntülenmek istenen bölge etrafındaki bir tam dönüşü ile cismin ardışık izdüşümleri elde edilir^{2,4,5}.

Bu teknoloji ilk zamanlarda dental volumetrik tomografi, cone beam volumetrik tomografi, bilgisayarlı dental tomografi ve cone beam görüntüleme gibi çeşitli terimlerle ifade edilmiş; ancak sadece diş hekimliği ile sınırlı olmadığından CBCT en sık tercih edilen terim olarak literatüre girmiştir. CBCT'nin en önemli özelliği çevresel dönen ışın kaynağı ile oluşturulan hacimsel verilerden çeşitli düzlemlerde (aksiyal, sagittal, koronal) karşılıklı görüntülerin oluşturulabilmesidir^{1-3,5}. Cone beam taramacı özellikteki cihazlar, çizgisel algılayıcılara sahip standart BT cihazlarından farklı olarak iki boyutlu dijital algılayıcılara sahiptir. Bu iki boyutlu dijital algılayıcılar, dairesel bir düzende üç boyutlu konik şekilli X-ışınları ile birleştirilmektedir. Işınlama ilgili bölgenin tamamını kapsadığından sistemin hasta etrafında sadece bir kez

dönüşü ile üç boyutlu görüntü düzenlenmesinde kullanılacak veri tabanı elde edilebilmektedir^{1,6}.

Cone beam tekniğinde hastanın başı çevresinde karşılıklı konumda eş zamanlı olarak dönen X-ışını kaynağı ve yüzey algılayıcısı bulunmaktadır. Dönüş esnasında belirli aralıklarda ışınlamalar yapılarak temel görüntüler elde edilir. Herbiri diğerinden hafif ölçüde farklı olan bu görüntüler lateral sefalometrik radyografi görüntüleri ile benzerlik taşır. Oluşan temel görüntülerin tamamı izdüşüm verileri olarak isimlendirilir. Gelişmiş algoritmaya sahip yazılım programları tarafından bu veriler aksiyal, sagittal ve koronal düzlemlerde yapılandırma ve şekillendirme işlemlerinin yapılacağı üç boyutlu veri tabanı haline getirilir⁵.

ALARA (As Low As Reasonably Achived) yani hastaya makul en düşük dozun verilmesi ilkesi, CBCT cihazlarının ışınlama özelliklerinin hasta boyutlarına göre ayarlanmasını gerektirir. Bu da uygun akım ve voltaj değerlerinin seçilmesi ile mümkün olmaktadır⁷. CBCT, cihazların özelliklerine bağlı olarak oturma, ayakta durma ve supin pozisyonundayken elde edilebilir. Çoğu zaman oturmalı cihazlar en uygun seçim olmaktadır. Bununla birlikte başın sabit durması hasta pozisyonundan daha önemli bir kriter olarak kabul edilmekle birlikte, başın hareket etmesi durumunda görüntü kalitesi önemli oranda azalmaktadır⁵. CBCT sistemlerindeki dönüş süresinin harekete bağlı artefaktların oluşmasını azaltmak için mümkün olduğunca kısa sürmesi arzu edilir. Günümüzde CBCT cihazlarının dönüş süresi 10-70 saniye arasında değişmektedir⁶.

Görüntünün İzlenmesi

Tüm CBCT cihazları, hacimsel veri tabanının üç boyutlu birimlerinin yapılandırılmış halleriyle üç düzlemde (sagittal, aksiyal, koronal) doğal çözünürlükte ve belli bir kalınlıkta klinisyen tarafından izlenmesini amaçlar. Ayrıca CBCT'de hacimsel veri tabanının izotropik yapısından dolayı veriler, dikey olmayan düzlemlerde de izlenebilir. Görüntülerin dikey olmayan düzlemlerde ya da oblik oryantasyonlarda izlenmesi multiplanar düzlem görüntüsü olarak adlandırılmakta olup, üç boyutlu verilerin en yaygın görüntülenme yolunu oluşturmaktadır. Sagittal veya koronal düzlemlerde iyi görüntülenmeyen bazı anatomik yapıların izlenmesinde multiplanar düzlem görüntüleri yararlı olmaktadır. Multiplanar düzlem görüntüleri her biri maksillofasiyal bölgenin kompleks yapısındaki anatomik bölgelerin izlenmesini ve diaagnozu sağlayan oblik, panoramik ve cross sectional kesitleri içermektedir^{3,5}.

Hasta seçim kriterleri

Cone beam ışınlaması klasik medikal BT'lere oranla çok daha düşük radyasyon dozuna rağmen, diğer dental radyografik incelemelerden daha yüksek oranda radyasyon verilmesine neden olmaktadır^{5,7}. Bundan dolayı hastanın bu teknikle ışınlanmasında gerekli olan diagnostik gerekçe radyasyonun neden olabileceği kişisel zararlardan daha üst düzeyde olmalıdır.

Günümüzde CBCT en çok maksillofasiyal bölgedeki patolojik durumların tanısında⁸, implant yerleşimi öncesi anatomik yapıların değerlendirilmesinde⁹⁻¹¹, ortodontide preoperatif değerlendirme amacıyla^{12,13} kullanılmaktadır. Ayrıca mandibular kanal, mental foramen ve maksiller sinus gibi anatomik oluşumların cerrahi öncesi konumlarının belirlenmesinde^{10,11,14}, maksillofasiyal bölgeyi içeren ateşli silah yaralanmalarında ve travmalarda^{15,16}, yerleştirilen greft materyallerinin başarılarının değerlendirilmesinde¹⁷, temporomandibular eklem düzensizliklerinin değerlendirilmesinde¹⁸, periodontal kemiğin değerlendirilmesinde ve endodontik uygulamalarda¹⁹, obstrüktif uyku apnesi vakalarında da²⁰ kullanılabilir.

CBCT'nin Avantaj ve Dezavantajları

Cone beam görüntüleme tekniği birçok diş hekimliği uygulamasında elverişli olan nitelikleri yanında, kullanımını kısıtlayan bazı özelliklere de sahiptir.

Avantajlar

CBCT cihazları teknolojik gelişmelerle birlikte oldukça küçülmüş, kapladığı alan azalmıştır. Medikal BT'lerle karşılaştırıldığında maliyeti oldukça düşüktür. CBCT'ler yüksek oranda kontrastlığa sahip yapıların görüntülenmesini sağladığından kemik ve dişlerin bulunduğu kraniyofasiyal bölgedeki kemiksel yapıların değerlendirilmesinde etkin olmaktadır².

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

Günümüzde CBCT cihazları sahip oldukları teknoloji sayesinde görüntülenenen cisimlerin piksel çözünürlüğünü submilimetrik düzeylerde gerçekleştirebilmektedir. Modern CBCT cihazları ile 0.125–0.4mm arasında izotropik yapıda submilimetrik voksel çözünürlüğü elde edilebilmektedir⁶. CBCT cihazları için etkin doz 52–1025 microsievarts değeri arasında olup, cihazın

modeline ve uygulanan görüntüleme tekniğine göre değişiklik göstermektedir. Bu değerler yaklaşık olarak bir panoramik film dozunun 4 ila 77 katına karşılık gelse de, medikal BT'lerle elde edilen kafa görüntülenmesine kıyasla %51-%96 oranında düşük doz değerine sahiptir. Hastaya verilen radyasyon dozunun ışın hizalamasının doğru olarak yapılması, koruyucu bariyerlerin kullanımı ve çenenin uygun pozisyonda konumlandırılmasıyla % 40'a yakın azaltılabileceği bilinmektedir^{2,5}.

CBCT'nin en önemli avantajı uygulayıcıya üç boyutlu görüntülerin sagittal, aksiyal ve koronal düzlemlerde kişisel bilgisayar ortamında düzenlenmesini ve izlenmesini sağlamasıdır. CBCT'de verilerin düzenlenmesi ve görüntülenmesi kişisel bilgisayarlarda gerçekleştirilebilmektedir⁴.

Bazı üreticiler implant 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.

Dezavantajlar

CBCT'ye büyük ölçüde ilgi olmasına rağmen, cone beam ışın geometrisi, algılayıcı hassasiyeti ve kontrast çözünürlüğüne bağlı bazı kısıtlılıklar tekniğin dezavantajlarının oluşmasına yol açmaktadır. CBCT'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. X-ışını bir cisimden geçtiğinde düşük enerjili fotonlar yüksek olanlara göre daha fazla absorbe edilir. Bu fiziksel duruma 'beam hardening' denilmekte ve sonucunda metalik cisimlerde şekil bozukluğu ve distorsiyon, iki yoğun cisim arasında çizgiler ve koyu bantların oluşumu gibi artefaktlar meydana gelmektedir⁵.

CBCT cihazlarının yüksek maliyeti, birçok diş hekimliği muayenehanesinde kullanımını kısıtlamaktadır. CBCT cihazlarının maliyeti medikal BT'lere kıyasla düşük olsa da 150,000-300,000\$ arasında değişmektedir⁴.

CBCT'nin kontrast çözünürlüğünün düşük olmasına bağlı yumuşak doku görüntüsü zayıf olmaktadır. Medikal BT cihazlarındaysa kontrast çözünürlüğünün yüksekliği yumuşak doku görüntüsünün daha kaliteli olmasını sağlamaktadır^{1,21}.

CBCT cihazlarının kullanımı; cihazın fiziksel özelliklerinin bilinmesi, doğru endikasyonda kullanılması, kişiye ve görüntülenecek bölgeye göre doz ve ışın geometrisinin ayarlanması ilkelerine ek olarak, oluşan görüntülerin düzenlenmesi, yorumlanması için gerekli bilgisayar bilgisi yanında anatomi ve radyoloji bilgisi gerekmektedir⁷.

Diş Hekimliğinde CBCT Uygulamaları

CBCT görüntülenmesi tüm diş hekimliği alanlarında diagnoza yardımcı olarak kullanım alanı bulmuş olup, tedavi uygulamalarında da kullanımı yaygınlaşmaktadır. CBCT'nin panoramik veya geleneksel radyolojik uygulamaların yerini alması söz konusu olmamakla birlikte, özel durumlarda tamamlayıcı yöntem olarak düşünülmesi gerekmektedir.

CBCT'nin günümüzde en sık kullanıldığı alan dental implantların yerleşimi öncesi kemik değerlendirilmesidir. CBCT sağladığı cross sectional kesitler sayesinde alveolar kemiğin yüksekliği, genişliği, angulasyonu hakkında bilgi verirken, mandibulada inferior alveolar sinir kanalı, mental foramenler ve maksillada sinus gibi anatomik yapıların yerleşimi hakkında güvenilir değerlendirme yapılabilmesini sağlar. CBCT'nin implant değerlendirilmesinde en çok kullanılan kesitleri; aksiyal, panoramik ve cross sectional görüntüleri kapsar.

CBCT'nin görüntü verilerinin yazılım programlarına aktarılması implant tedavisinin cerrahi ve proteetik aşamalarının değerlendirilebilmesi mümkündür. Ayrıca CBCT veri kümesinin implantların belirlenen lokalizasyonlara kesin olarak yerleştirilmesini sağlayacak cerrahi implant rehber stenti oluşturulmasında kullanılabileceği de bilinmektedir. Bu cerrahi stentlerin kullanımı ile implantlar belirlenen lokalizasyonlara kesin olarak yerleştirilebilmekte, cerrahi prosedür minimal invaziv şekilde (flep kaldırılmadan, operasyon süresi kısaltılarak) gerçekleştirilmekte, postoperatif ağrı ve şişlik azalmakta, protezler kısa sürede hasta ağızına yerleştirilebilmektedir²².

İmplant öncesi kemik değerlendirilmesinde; normal anatomik yapılar, planlanan bölge komşuluğunda var olabilecek patolojik durumlar, kemik miktarı ve kalitesi göz önüne alınmaktadır. Posterior mandibula implant alanı olarak düşünüldüğünde mandibular kanalın lokalizasyonu ciddi bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Dişsiz alandaki kemik miktarı kanalın üst sınırından kret tepesine kadar olan mesafe olarak hesaplanırken, uygun implant yerleşiminin yapılabilmesi için hastanın radyografik olarak değerlendirilmesi zorunlu olmaktadır.

2008 yılında yayınlanmış bir çalışmada, implant cerrahisi öncesi kemik değerlendirilmesinde kritik bir nokta olan mandibular kanalın görüntülenmesinde dijital ve geleneksel panoramik filmlerle, CBCT ile elde edilen panoramik görüntüler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, CBCT görüntüleri mandibular kanalın belirlenmesinde üstün bulunmuş; bunun yanı sıra uygulanan teknikten bağımsız olarak mandibular kanalın posterior 1/3 bölümü daha net izlenmiştir¹⁰.

Madrigal ve ark.¹⁴ tarafından yapılmış 2008 yılında yayınlanan bir diğer çalışmada, interforaminal bölgede planlanan implant cerrahisi öncesi kemik miktarının analizi ve varyasyonlarının değerlendirilmesinde CBCT ile panoramik radyografinin etkinliği kıyaslanmış, panoramik görüntüler vertikal ve horizontal düzlemde yapılan ölçümlerde CBCT'ye göre değerleri düşük olarak göstermiştir. Yazarlar CBCT'yi interforaminal bölgede planlanan implant operasyonları öncesi değerlendirmede, avantajlı bir teknik olarak bildirmişlerdir.

Guerrero ve ark.²³, CBCT'nin donanım özelliklerinin medikal BT'lerle karşılaştırıldığında boyut, maliyet, ağırlık ve radyasyon dozu açısından avantajlı olduğunu, implant cerrahisi öncesi yapılacak değerlendirmelerde kâr zarar oranı göz önüne alınarak uygulanması gereken bir teknik olduğunu ifade etmişlerdir.

CBCT maksillofasial bölgedeki ortodontik ve ortopedik bozuklukların tanısında, değerlendirilmesinde ve analizinde kullanılan bir teknik olup, gömülü ve süper-nümerer dişlerin konumları ve çevrelerindeki komşu diş kökleri ya da diğer anatomik yapılarla ilişkileri hakkında bilgi sağlar. Bu özellik ilgili dişlere yönelik cerrahi açılım veya planlanan hareket hakkında değerlendirme yapılabilmesine olanak tanır¹².

CBCT'nin ortodontideki en önemli kullanım avantajı iki ve üç boyutlu sefalometrik görüntüleri içermesidir. CBCT verileri panoramik, lateral, submentoverteks ve posteroanterior sefalometrik yönlerde yumuşak doku ilişkisi ile izlenebilir. Ortodontide üç boyutlu sefalometrinin kullanılmasının ölçümlerdeki doğruluk, dentoiskeletsel ilişkilerin görsel olarak canlandırılması ve fasiyal estetik, büyüme ve gelişim potansiyelinin değerlendirilmesi gibi birçok yararı bulunmaktadır⁵.

Mandibular üçüncü molar dişlerin kökleriyle inferior alveolar kanalın ilişkisinin belirlenmesi dudağın bir tarafında his kaybına neden olabilecek sinir hasarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu ilişkinin doğru olarak değerlendirilmesi sinir hasarının oluşma ihtimalini azaltabilir. Panoramik radyografiler mandibular üçüncü molar diş köklerinin kanalın dışında

olduğu durumlarda yeterliyken, radyografik süperimpozisyonların oluşması halinde üç boyutlu görüntüleme yaklaşımı tavsiye edilmektedir^{5,24}.

CBCT’de kondil ve çevreleyen yapıları içeren multiplanar ve üç boyutlu görüntüler sayesinde kemiğin morfolojik özellikleri ve eklem boşluğu izlenebilmekte, tempromandibular eklem şikâyetleri olan hastalarda tedavi sonucunu olumlu yönde etkileyebilecek kritik ipuçları elde edilebilmektedir. CBCT özellikle kemiksel yapıyı içeren eklem patolojilerinde, dejeneratif eklem hastalıklarında, kondilin gelişimsel bozukluklarında, travma sonrası oluşan kondil fraktürlerinin değerlendirilmesinde, ankiloz ve romatoid eklem hastalıklarında bulguların izlenmesini sağlayabilmektedir^{5,18}.

Çenelere ait patolojilerin konumları, genişliği, şekilleri CBCT yardımıyla iki ve üç boyutlu görüntüler halinde izlenebilmektedir. CBCT maksillofasiyal kompleksi içeren travmaların, ateşli silah yaralanmalarının değerlendirilmesinde ve osteomyelitlerin yayılımlarının izlenmesinde başarılı olmaktadır^{8,15,16}.

Fullmer ve ark.⁸ mandibulanın inatçı kronik süpüratif osteomyelitinde CBCT bulgularını değerlendirmiş, çenelerin kapsamlı görüntüsünü sağlayan CBCT’nin osteomyelit olgularında operatif sürece rehberlik yapabileceğini bildirmişlerdir.

Hızlı Modelleme (Prototiplendirme)

Hızlı modelleme (rapid prototyping) terimi üç boyutlu bilgisayar destekli verilerden somut modellerin elde edilmesi olup, BT ve CBCT bu teknolojiyi sağlayabilmektedir. Hızlı modellemenin maksillofasiyal görüntüleme amacını anatomik yapıların doğal boyutlarda oluşturulmasını sağlamaktır. Bu modeller ayrıca bio-

model olarak da isimlendirilmektedir. Oluşturulan biomodeller travma kaynaklı 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 yaptığından cerrahın güvenini artırmakta, anestezi ve cerrahi aşamasının kısılmasını sağlamaktadır^{5,25,26}.

Diş hekimliğinde üç boyutlu görüntülemenin son aşaması CBCT cihazlarının oral ve maksillofasiyal cerrahi operasyonları esnasında navigasyon (rehberlik) amacıyla kullanımıdır. Başta zigomatikomaksiller kompleks kırıkları, orta yüz kırıkları, blow out kırıkları, mandibula kırıkları, ateşli silah yaralanmaları olmak üzere travmatolojide, ortognatik ve rekonstrüktif cerrahide, tümör cerrahisi ve implantolojide CBCT navigasyon amacıyla kullanılabilir²⁷⁻²⁹.

Sonuç

CBCT 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 operatif ve cerrahi işlemlere kadar geniş bir yelpazede üç boyutlu temsillerin yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Kaynaklar

1. White S.C., Pharoah M.J.: The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. *Dent Clin North Am.* 52(4):689-705, 2008.
2. Scarfe W.C., Farman A.G.: What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dent Clin North Am.* 52(4):707-730, 2008.
3. Farman A.G., Scarfe W.C.: The Basics of Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography. *Semin Orthod.* 15(1):2-13, 2009.
4. Howerton W.B. Jr., Mora M.A.: Advancements in Digital Imaging: What is New and on the Horizon? *J Am Dent Assoc.* 139:20-4, 2008.
5. Scarfe W.C., Farman A.G. Cone-Beam Computed Tomography: White S.C., Pharoah M.J. *Oral Radiology: Principles and Interpretation.* Mosby, 2009, 225-243.
6. Scarfe W.C., Farman A.G., Sukovic P.: Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice. *J Can Dent Assoc.* 72(1):75-80, 2006.
7. Carter L., Farman A.G., Geist J., Scarfe W.C., Angelopoulos C., Nair M.K., Hildebolt C.F., Tyndall D., Shrout M.: American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology executive opinion statement on performing and interpreting diagnostic cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 106(4):561-2, 2008.

8. Fullmer J.M., Scarfe W.C., Kushner G.M., Alpert B., Farman A.G.: Cone Beam Computed Tomographic Findings in Refractory Chronic Suppurative Osteomyelitis of the Mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 45(5):364-371, 2007.
9. Naitoh M., Hirukawa A., Katsumata A., Arijii E.: Evaluation of Voxel Values in Mandibular Cancellous Bone: Relationship Between Cone-Beam Computed Tomography and Multislice Helical Computed Tomography. *Clin Oral Impl. Res.* 20(5):503-6, 2009.
10. Angelopoulos C., Thomas S.L., Hechler S., Parissis N., Hlavacek M.: Comparison Between Digital Panoramic Radiography and Cone-Beam Computed Tomography for the Identification of the Mandibular Canal as Part of Presurgical Dental Implant Assessment. *J Oral Maxillofac Surg.* 66(10):2130-5, 2008.
11. Naitoh M., Hiraiwa Y., Aimiya H., Gotoh K., Arijii E.: Accessory Mental Foramen Assessment Using Cone-Beam Computed Tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 107(2):289-294, 2009.
12. Hechler S.L.: Cone-Beam CT: Applications in Orthodontics. *Dent Clin North Am.* 52(4):809-823, 2008.
13. Stuart W.C., Pae E.K.: Patient Image Selection Criteria for Cone Beam Computed Tomography Imaging. *Semin Orthod.* 15(1): 19-28, 2009.
14. Madrigal C., Ortega R., Meniz C., Quiles J.L.: Study of Available Bone for Interforaminal Implant Treatment Using Cone-Beam Computed Tomography. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 13(5):307-312, 2008.
15. Stuehmer C., Essig H., Bormann K.H., Majdani O., Gellrich N.C., Rücker M.: Cone Beam CT Imaging of Airgun Injuries to the Craniomaxillofacial Region. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 37(10):903-6, 2008.
16. Drage N.A., Sivarajasingam V.: The Use of Cone Beam Computed Tomography in the Management of Isolated Orbital Floor Fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 47(1):65-6, 2009
17. Draenert F.G., Gebhart F., Neugebauer C., Coppenthath E., Mueller-Lisse U.: Imaging of Bone Transplants in the Maxillofacial Area by NewTom 9000 Cone-Beam Computed Tomography. A Quality Assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 106(1): 31-5, 2008.
18. Lewis E.L., Dolwick M.F., Abramowicz S., Reeder S.L.: Contemporary Imaging of the Temporomandibular Joint. *Dent Clin North Am.* 52(4):875-890, 2008.
19. Tyndall D.A., Rathore S.: Cone-beam CT Diagnostic Applications: Caries, Periodontal Bone Assessment, and Endodontic Applications. *Dent Clin North Am.* 52(4):825-41, 2008.
20. Strauss R.A., Burgoyne C.C.: Diagnostic Imaging and Sleep Medicine. *Dent Clin North Am.* 52(4):891-915, 2008.
21. Heiland M., Pohlenz P., Blessmann M., Habermann C.R., Oesterhelweg L., Begemann P.C., Schmidgunst C., Blake F.A., Püschel K., Schmelzle R., Schulze D.: Cervical Soft Tissue Imaging Using a Mobile CBCT Scanner with a Flat Panel Detector in Comparison with Corresponding CT and MRI Data Sets. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 104(6):814-820,2007.
22. Spector L.: Computer-Aided Dental Implant Planning. *Dent Clin North Am.* 52(4):761-775, 2008.
23. Guerrero M.E., Jacobs R., Loubele M., Schutyser F., Suetens P., Van Steenberghe D.: State-of-the-art on Cone Beam CT Imaging for Preoperative Planning of Implant Placement. *Clin Oral Invest.* 10(1):1-7, 2006.
24. Snyder R.L., Chandiramani S.S., Scarfe W.C., Schetz J.P., Farman A.G.: CBCT-Simulated Panoramic Images for the Assessment of Mandibular Third Molar Apices to the Inferior Alveolar Canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 105(4):59, 2008.
25. Çetiner S.: Bilgisayarlı Tomografinin Oral ve Maksillofasiyal Cerrahideki Kullanımı. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 10(2):73-8, 2000.
26. Matteson S.R., Deahl S.T., Alder M.E., Nummikoski P.V.: Advanced Imaging Methods. *Crit Rev Oral Biol Med.* 7(4):346-395, 1996.
27. Heiland M., Pohlenz P., Blessmann M., Werle H., Fraederich M., Schmelzle R., Blake F.A.: Navigated Implantation After Microsurgical Bone Transfer Using Intraoperatively Acquired Cone-Beam Computed Tomography Data Sets. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 37(1):70-5, 2008.
28. Eggers G., Senoo H., Kane G., Mühling J.: The Accuracy of Image Guided Surgery Based on Cone Beam Computer Tomography Image Data. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 107(3):41-8, 2009.
29. Pohlenz P., Blessmann M., Blake F., Heinrich S., Schmelzle R., Heiland M.: Clinical Indications and Perspectives for Intraoperative Cone-Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 103(3):412-7, 2007.

Yazışma Adresi:

Dr. Sara Samur
Gazi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, 8. Cadde 82. Sokak, Ankara
Tel : (0312) 203 43 46
e-mail : sara_samur@hotmail.com