



DERLEME / REVIEW

Ortodontide Kullanılan Kayıtların Standardizasyonu Bölüm 2: Baş ve Yüz Görüntüleme Teknikleri

Standardization of Records in Orthodontics Part 2: Craniofacial Imaging Techniques

ÖZET

Günümüzde ortodonti kliniklerinde en fazla gerekli olan kayıtların başında iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüler olması sebebiyle bu derlemede; bu görüntülerin özellikleri, standardizasyonu ve alındığı yerler ile ilgili temel bilgilerden bahsedilecektir. Ortodontide görüntüleme ile ilgili kayıtlar; teşhis, tedavi planlanması ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde büyük öneme sahiptirler. Ortodontide görüntüleme genel olarak iki kategoriye ayrılır: konvansiyonel veya iki boyutlu görüntüler ve üç boyutlu görüntüler. Bu derlemede her iki yöntemde ayrıntılarıyla tartışılacaktır. (*Türk Ortodonti Dergisi 2012;25:167-187*)

Anahtar Kelimeler: Görüntüleme, Üç Boyutlu, Standart, Ortodontik kayıt.

Gönderim Tarihi: 21.10.2011
Kabul Tarihi: 31.10.2012

SUMMARY

Today, because of the greater usage of the two dimensional and three dimensional imaging records in orthodontic clinics; properties, standardization, and indications of these imaging will be mentioned in the present review. Imaging in orthodontics have great importance in diagnosis, treatment planning and treatment outcomes. Orthodontic imagines were divided into two separate categories: conventional or two dimensional and three dimensional imagines. In the present study, both methods will be discussed. (*Turkish J Orthod 2012;25:167-187*)

Key Words: Imaging, Three-Dimensional, Standard, Orthodontic record.

Date Submitted: 21.10.2011
Date Accepted: 31.10.2012



Dt. Faruk İzzet UÇAR*
Dt. Ahmet Ercan ŞEKERCİ**
Prof.Dr. Tancan UYSAL*
Prof.Dr. Ali Osman BENGİ***

GİRİŞ

Baş ve yüz bölgesinin görüntülenmesi, ortodontik kayıtların en önemli parçalarından birisidir. Kayıtların tekrarlanabilmesi ve anatomisinin doğru olarak gösterilmesi, ortodontik kayıtların altın standardıdır. Görüntüleme, artikülatöre alınmış modeller, çene hareketlerinin gözlenmesi ve fonksiyonel analizleri içeren ortodontik kayıtlar gibi pek çok teknoloji anatomik özellikleri tanımlamak için kullanılır. Baş ve yüz yapılarının form ve boyutlarının ölçümünde ve kaydedilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Görüntüleme teknikleri avantajlı olmasına rağmen klinik pratikte hasta üzerindeki fayda zarar hesabı üzerine yapılır. Bu düşüncelerden dolayı, baş ve yüz bölgesinin üç boyutlu anatomik kayıtları

INTRODUCTION

Imaging of the craniofacial region is an important part of the orthodontic records. The gold standard of orthodontic records is attempted to achieve the accurate reproduction or description of the anatomy. Many technologies for example; imaging, articulators, jaw tracking and functional analyses, are used to describe anatomic features. Imaging is one of the most common methods to evaluate and record the size and form of craniofacial structures. Even though the imaging techniques are valuable, in clinical practice cost and risk balance on patients should be established. Because of these considerations, orthodontists routinely chose an array of two-dimensional static imaging techniques

*Erciyes Üniv, Dişhek. Fak.,
Ortodonti A. D., Kayseri,
**Erciyes Üniv., Dişhek. Fak.,
Oral Diyagnoz ve Radyoloji
A.D., Kayseri, ***Gülhane Askeri
Tıp Akademisi, Ortodonti A. D.,
Ankara./ *Erciyes Univ. Faculty of
Dentistry, Dept of Orthodontics ,
Kayseri, ** Erciyes Univ., Faculty
of Dentistry, Dept. of Oral
Diagnosis and Radiology,
Kayseri, ***Gulhane Military
Medical Academy, Dept. of
Orthodontics, Ankara, Turkey

**Yazışma Adresi/
Corresponding Author:**
Prof. Dr. Tancan Uysal
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti Anabilim Dalı,
Tel: +90 232 325 40 40
E-mail: tancanuysal@yahoo.com





için, rutin olarak iki boyutlu statik görüntüleme teknikleri tercih edilmektedir. Örneğin anatomi; dişler için fotoğraf, periapikal ve panoramik radyografiler, temporomandibular eklem (TME) için tomografi ve magnetik rezonans görüntülemeleri (MRI) ve baş ve yüz iskeleti için sefalometrik radyografiler gibi spesifik görüntülerle belirlenir (1). Ortodontik görüntüleme teknikleri yeterli de olsa, tekrarlanabilir anatomik kayıtları oluşturan görüntü bütünlüğü bugünkü teknoloji ile sınırlıdır. Veri tabanı günümüze kadar geleneksel sistemler ile oluşturulmuştur. Tekrarlanarak yapılan eski sistemler doğru kabul edilir, bu yüzden daha doğru metot olsa da bu yöntemin yerini alması zordur. Standart görüntüleme bu kısıtlamalar, diaznoz ve tedavi planı için yeterli olmayan iki boyutlu kayıt sunarlar. İdealinde, arzu edilen doku ve baş ve yüz bölgesini gösteren hastaya özgü üç boyutlu doğru modeli üretmek için, çoklu görüntü kurulumunun üç boyutlu bir veritabanında olması gerekir. Bu detaylı model, klinisyen tarafından takip edilen uygun bilgiyi gösterir nitelikte olmalıdır. Detaylı model objelerin doku tipi, doku reziliensi gibi anatomik özelliklerinin yanında, zaman ve üç boyutlu alan gibi çok boyutlu bilgileri içermelidir. Detaylı model, çeneleri, işaret noktalarını, TME diskini bunun yanında dişleri ve dudakları da kapsayan yapılar arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin zamana bağımlı üç boyutlu lokalizasyonunu göstermelidir. Baş ve yüz görüntülemesi, çene yüz anatomisinin gerçeğe yakın görünümünü ve ortodonti hastalarının tedavi planı ve diaznozunda daha fazla başarı elde edilmesini sağlar (1).

Görüntüleme Tekniklerinin Klinik Amaçları

Baş ve yüz bölgesi görüntülemeleri, aşağıdaki kategoriler ile ilgili bilgi sağlanmasında, tedavi, gelişim ve birbiri arasındaki kompleks ilişkiyi yorumlamak amacıyla veya problemlerin çözümü için kullanılmaktadır (1).

- Normal ve anormal anatominin tespiti,
- Kök uzunluğu ve kök seviyelerinin belirlenmesi,
- Açısal veya boyutsal çene ilişkileri, maksillomandibular ilişkinin tespiti,

to record the three-dimensional anatomy of the craniofacial region. For example, the anatomy is captured for particular site images including photographs, panoramic and periapical radiographs for teeth; tomography and magnetic resonance imaging (MRI) for temporomandibular joints (TMJ); and cephalometric radiographs for the facial skeleton (1). Although the use of imaging in orthodontics has been adequate, the completion of the replicating anatomic records has been limited by the available technology. Databases are generated by traditional systems up to date. A legacy system with repetitious using becomes the truth and therefore is difficult to replace even when a more accurate method exists. These limitations in standard imaging have presented inadequate two-dimensional images for diaznoz and treatment planning. The orthodontic records would present three-dimensional location and interrelationships of its adjacent structures, including the hard tissues like jaws, TMJ discs, teeth, and soft tissues. By this way, craniofacial imaging would provide a correct anatomic truth presentation and greater accuracy in the diaznoz and treatment planning of orthodontic patients (1).

Clinical Goals of Craniofacial Imaging

Craniofacial imaging is used for one or more of the following categories to gain information or understand complex interrelationships between craniofacial diaznoz, growth, and treatment effects (1).

- Diaznoz normal and abnormal anatomy.
- Identify root length and root alignment.
- Determine the angular or linear jaw dimensions, maxillomandibular spatial relationships.
- Determine treatment effects on the craniofacial anatomy.
- Determine the craniofacial growth direction and amount.
- Determine condition of the TMJ.
- Identify and localize impacted and supernumerary teeth.
- Determine the alveolar bone loss.
- Diaznoz of the dental problems.



- Tedavi etkilerinin baş ve yüz bölgesindeki anatomiye etkilerinin saptanması,
- Baş ve yüz bölgesindeki yapıların büyüme yönünün ve boyutunun tespiti,
- TME'nin durumunun tespiti ve hastalıklarının yorumlanması,
- Supernumerer ve gömük dişlerin tespiti ve yerinin belirlenmesi,
- Alveolar kemik kayıplarının tespiti,
- Diğer dental problemlerin teşhisi.

Dijital Görüntüleme

Dijital görüntüleme de geleneksel yöntemlerde olduğu gibi x-ışını kullanılmaktadır; ancak görüntü röntgen filmi yerine bilgisayar ekranında oluşur. Ayrıca görüntü, konvansiyonel radyografideki gümüş halid kristallerinin yerine pikseller ya da ışığa duyarlı küçük elemanlar tarafından oluşturulur (2).

Piksel (picture element) dijital görüntünün en küçük parçasıdır. Her pikselin bir boyutu, rengi, yoğunluk değeri ve görüntü içinde bir yeri vardır. Bir dijital görüntünün pikseli ne kadar çok ise görüntü kalitesi de o kadar iyidir (3).

İleri teknolojili bazı görüntüleme sistemleri 3 boyutlu (3D) görüntü oluştururlar. Voxel (volume element) 3 boyutlu bir görüntünün en küçük parçasıdır. Her bir voxelin yüksekliği, genişliği ve derinliği vardır (4).

Dijital radyografide ışık fotonları sensörler tarafından algılanır ve bilgisayar ortamında görüntüye dönüştürülür. Bu işlem direkt veya indirek şekilde olur (2). Direkt görüntüleme görüntü X ışını ile ekranda hemen oluşur. Diğer taraftan indirek görüntüleme ara bir faz vardır ve film üzerindeki görüntü lazer ile tarandıktan sonra ekranda oluşur. Dijital görüntüleme üç çeşit sensör kullanılmaktadır: a) Işıklı aktifleşen fosfor plakları (PSP), b) Şarj çiftli aygıt (CCD) sensörleri ve c) tamamlayıcı metal oksit yarı iletken (CMOS) silikon esaslı sensörler. En iyi görüntü CCD sensörleri ile direkt görüntüleme elde edilmektedir (5).

Dijital Radyografinin Avantajları

Geleneksel radyografide görüntü bir röntgen filmi üzerinde elde edilir ve üzerinde bir değişiklik yapılamaz; bunun yanında taşınması ve arşivlenmesi de zordur. Dijital

Dijital Imaging

X ray used in digital radiography like conventional radiography but imaging is constituted in computer screening instead of roentgen film. Besides, digital imaging is constituted by pixels or small elements which has light sensitivity on the other hand, in conventional radiography silver halid crystal forms the imagine on films (2).

Pixel (picture element) is the smallest part of the imaging. Each pixel has dimension, color, density and position of a picture. If a picture has greater number pixels, the quality of picture will be good (3).

Some imaging systems with high technology constitute 3 dimensional (3D) images. Volume element (voxel) is the smallest part of a 3D image. Each voxel has height, width and depth (4).

In digital radiography, beam photons are perceived by sensors and constituted by computer. This process is gotten by direct and indirect form (2). Imaging is formed immediately in monitor by X ray. On the other hand, intermediate phase is existed on indirect imaging and image on the film is formed in monitor after laser scanning. Three types of sensors are used in digital imaging: a) Photostimulable phosphor plates (PSP), b) charge-coupled device (CCD) and c) complementary metal oxide semiconductor (CMOS) like silicon based sensors. The best imaging is obtained from CCD sensors with direct imaging (5).

Advantages of Digital Radiography

In conventional radiography, imagine is formed on roentgen film and modification on the film is not possible, besides transporting and archiving is also difficult. In digital radiography, imagine is copying, desired modification can be made on obtained images in computer and easily transported in digital area. Unless positional error is made, it is not necessary to retake the film.

It is easy to use. It is necessary to conventional films to rigging like dark room and film solution is not needed and therefore, imagine is formed in short period (6). By the way, cost would be reduced.



radlyojide ise görüntü kaydedilmekte, elde edilen görüntü üzerinde bilgisayarda istenilen değişiklikler yapılabilmekte ve dijital ortamda kolayca taşınabilmektedir. Pozisyon hatası olmadığı müddetçe film tekrarına gerek yoktur.

Kullanımı kolaydır. Geleneksel filmler için gereken karanlık oda ve film solüsyonu gibi donanıma gerek yoktur ve dolayısıyla çok kısa sürede görüntü elde edilir (6). Bu sayede maliyet de azalmaktadır.

Çapraz kontaminasyon riski de önemli ölçüde azalmıştır ve herhangi bir kimyasal atık oluşmaz (2).

Dijital sensörlerin X-ışınlarına karşı geleneksel filmlerden daha duyarlı olması sebebiyle, hastaya verilen dozda %50'den %95'e varan oranlarda azalma olur (7).

Substraksiyon gibi değişik yöntemlerle normalden farklı yoğunluğa sahip yapılar gösterilebilmektedir.

Standardizasyon sağlanmasıyla elektronik kayıt ve arşivleme yapılabilir. Böylece tedavi öncesi ve tedavi sonrası görüntüler karşılaştırılabilir.

İki Boyutlu (Geleneksel) Baş ve Yüz Bölgesi Görüntüleme Yöntemleri Sefalometrik Filmler

Genel olarak lateral sefalometrik filmler tüm hastalardan tedavi öncesi, tedavi sırasında ve tedavi sonunda alınmaktadır (Şekil 1) (8). İki aşamalı ortodontik tedavi, hızlı üst çene genişletmesi, fonksiyonel tedavi, cerrahi tedavi ve distalizasyon tedavisinin etkilerini incelemek amacıyla bu apareyler bırakıldıktan sonra da tedavinin ara aşamasında alınması önerilmektedir. Buna ilave olarak, çekim, alt ve üst keser protrüzyonu veya retraksiyon kararının verilmesinde lateral sefalometrik filmler kullanılmalıdır (3).

Günümüzde sefalometrik radyografinin sınırlı kullanım alanı bulunmasına rağmen, hastaların büyüme paterninin değerlendirilmesi, iskeletsel, dişsel ve yumuşak doku morfolojisini ve anomalilerinin teşhis edilmesi, tedavi planlaması, gelecek dönemlerdeki oluşabilecek değişiklikleri önceden tahmin edilmesi ve bireylerdeki veya örnek toplumlardaki baş ve yüz bölgesi parametrelerinin incelenmesi için hala önemli bir klinik aracı olarak kullanılmaya

Cross contamination risk is also reduced considerable and no chemical churn is existed (2).

Received dose would be reduced from %50 to %95, because digital sensors are more sensitive to X ray than conventional films (7).

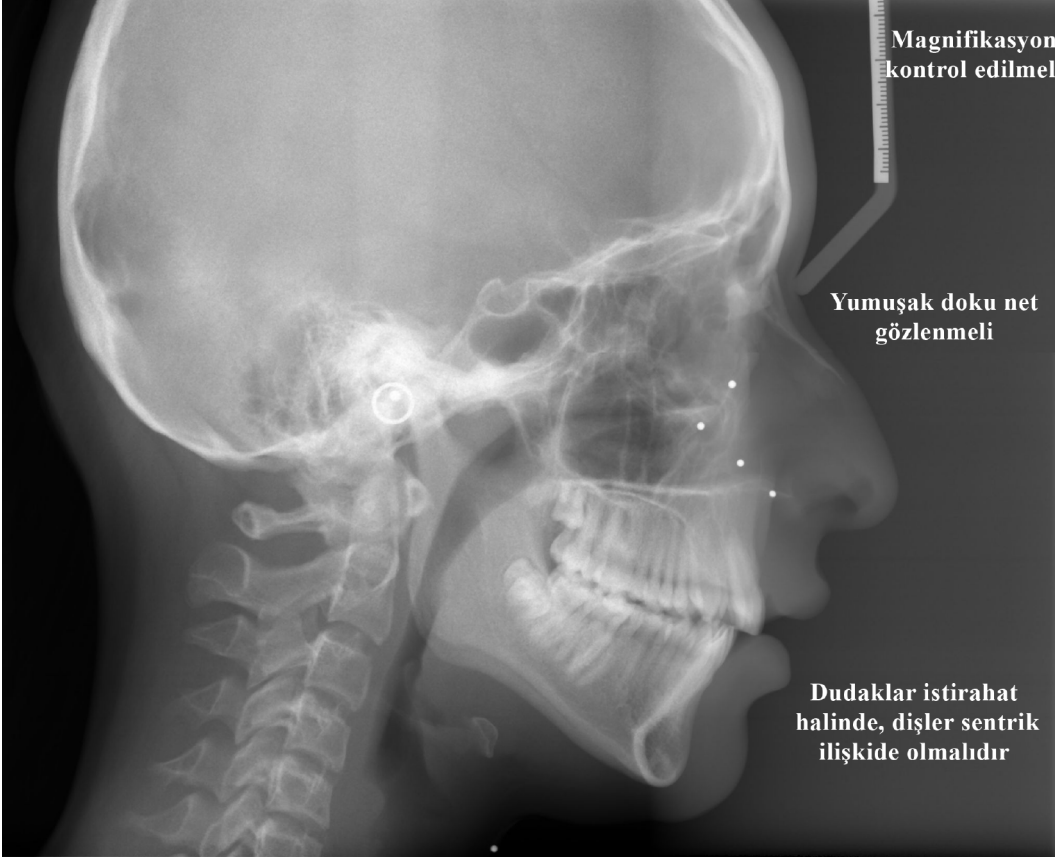
Structures which have different density would be demonstrated by different methods like subtraction.

Electronic record and archiving can be made by standardization. Therefore pretreatment and post-treatment imagines can be compared.

Two Dimensional (Conventional) Imaging of Craniofacial Region Lateral Cephalometric Radiography

Generally, lateral cephalometric films should be obtained for all patients, before the start of treatment, treatment process and end of treatment (Figure 1) (8). For two phase orthodontic therapy, rapid maxillary expansion, functional therapy, surgical therapy and distalization therapy effects lateral cephalometric films should be taken in treatment process after finish these apparatus off. In addition, the decision extraction and lower, upper incisors protrusion or retraction is used for lateral cephalometric films (3).

Today, despite the limited usage of cephalometric radiography still remains a crucial clinical tool that is used for gross examination, to illustrate growth pattern of patients, skeletal, dental, and soft tissue morphology, to diagnose anomalies, to plan treatment, to predict future changes, to estimate growth and treatment results and to quantify craniofacial parameters in individuals or sample populations (9). The most advantage of the cephalometry is that practical quantitative method that permits the analysis and evaluation of relationships between cranial, dental structures and soft tissue (1). Although criticized for its incapability to exhibit three-dimensional detail, cephalometric films give the highest projection resolution than all other images, including computed tomography. By using these films fine detail in bony anatomy is



Şekil I. Sefalometrik film.

Figure I. Cephalometric film.

devam edilmektedir (9). Sefalometrinin en büyük avantajı, baş, dişel yapılar ve yumuşak doku arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi ve analiz edilmesine imkân sağlayan pratik nicel bir metot olmasıdır (1). Üç boyutlu detayları göstermedikleri için eleştirilseler de sefalometrik filmler, bilgisayarlı tomografiler dâhil diğer tüm görüntüleme yöntemlerinden daha yüksek görüntü çözünürlüğü sunmaktadırlar. Bu filmler aracılığıyla kemik anatomisindeki ince detaylar anlaşılabilir ve eğitilmiş bir göz ile 0,1 mm.den daha küçük bazı yapılar fark edebilir (10). Bir araştırma materyali olarak sefalometrik filmler ortodonti çalışmalarında en geniş kullanım alanı bulan görüntüleme araçlarıdır (11).

Sefalometrik filmler elle veya taranarak (dijital ortamda) çizilebilir. Geleneksel filmler ve dijital görüntüler; sert, yumuşak doku ve dental parametrelerdeki ölçümlerde klinik olarak güvenilirlerdir. Elde çizilen geleneksel sefalometrik filmler ve bilgisayar yazılımları kullanılarak çizilen dijital resimler arasında klinik olarak önemli bir fark bulunmamıştır (12,3). Sınıf I okluzal ilişki ve ortognatik

clear, and the trained eye can notice some structures smaller than 0.1 mm. (10) As a research material, cephalometric films has been the most widely used imaging modality in orthodontic investigations (11).

Cephalometric films can be traced by manual or scanned (digitized). Conventional cephalometric films and digital images are clinically reliable for measuring hard, soft tissue and dental parameters. Between the manual traced conventional films and storage digital images analyzed using software; there were no clinically significant differences (12,3). Class I occlusal and orthognathic profile relationship with nongrowing patients, or patients whose plan of orthodontic treatment is limited might not require this films (8).

Lateral cephalometry provide relevant information about skeletal, dental, and soft tissue morphology and relationships, whereas posteroanterior cephalometry is used primarily to evaluate skeletal and dental asymmetries. Although posteroanterior



profile sahip büyümesi tamamlanmış veya sınırlı ortodontik tedavi planlanan hastalarda bu filmler gerekemeyebilir (8).

Lateral sefalometri; iskeletsel, dişsel ve yumuşak doku ve ilişkileri ile ilgili önemli bilgiler verirken postero-anterior sefalometrik filmlerde öncelikle, iskeletsel ve dişsel asimetrisi değerlendirmek için kullanılırlar. Postero-anterior filmler, sefalometriyle ilgili hataların tümüne maruz kalsalar da, önemli kısıtlamaları daha çok metotlarla ilgili, kafanın üç boyutlu pozisyonundaki oynamalardan meydana gelmektedir (1).

Panoramik Filmler

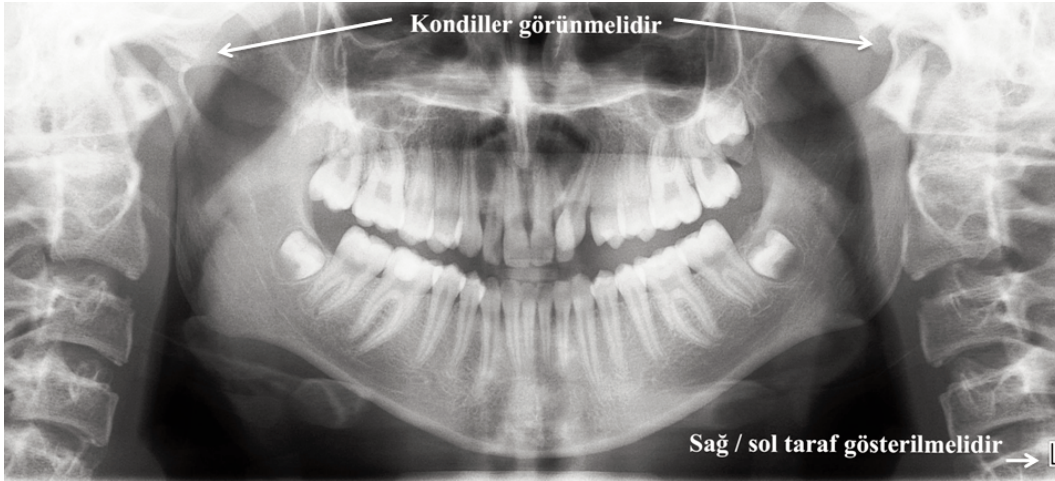
Teşhis amacıyla çok tarama amaçlı kullanıldığında çok iyi bir araçlardır. Panoramik filmler dişlerin genel durumu eksik ya da fazla olması, dişsel yaş, sürme sırası, mandibular simetri, sınırlı da olsa periodontal sağlık, sinüsler, kök paralelliği ve TME hakkında bilgi verirler (Şekil 2). Panoramik filmler aynı zamanda patolojik durum veya normalden sapma olduğu zaman bunların miktarını göstermek amacıyla da kullanılabilirler. Önemli olan diğer bir nokta da panoramik radyografilerde ortaya çıkan görüntülerin yerlerinin tespiti, boyutları ve şekli ile ilgili doğruluk ve güvenilirliği ile ilgili eksikliklere sahip olmalarıdır. Genel bir çene formu ve boyutunu uyumlu hale getirmek için, fokus bölgesi ya da bir fokal odak tarafından meydana getirilen panoramik görüntülerde böyle farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, çene formundaki bir varyasyonda görüntü bozuklukları çenenin fokal odağa odaklanamaması ve görüntülerin boyut, lokalizasyon ve form açısından gerçek objeyle karşılaştırıldığında farklılıklar gözlenmesidir (13). Panoramik odak noktası ve görüntülenen anatomi arasındaki uyumsuzluğa ilaveten, horizontal ve vertikal x-ray ışın açılarındaki değişimler, anatomik doğrunun yanlış algılanmasına neden olabilirler. Panoramik filmler komşu dişlerin köklerinin seviyelenmesi ve meziodistal angulasyonu değerlendirmek için kullanıldığında, bu fenomenin kliniksel örneği meydana gelebilir. Her iki arkta da kanin ve birinci premolar ve mandibular kanin ile komşu lateral arasındaki bölgede kök seviyelenmesinin en yanlış yorumlandığı bölgelerdir (14).

cephalograms are subject to all of the errors associated with cephalometrics, significant limitations arise from internal orientation of the head in 3D relative to the instrumentation (1).

Panoramic Films

Panoramic imaging has greater value for screening than diagnostic purposes. Panoramic radiographs provide some information about; present, missing or supernumerary teeth; dental age, eruption sequence; mandibular symmetry and limited information about gross periodontal health, sinuses, root parallelism, and the TMJs (Figure 2). Panoramic projections can also display the amount of pathology when the presence of pathologic conditions and variations from normal is existing. Another important point is that panoramic radiography has many shortcomings associated to the accuracy and reliability of location, size, and form of the images created. Because the panoramic image is made by creating a focal through or region of focus to adjust the basic jaw form and size, such discrepancies take place. However, any deviations from this basic jaw form result in a structure that is not centered within the focal through, and the resultant image shows differences in size, location, and form compared with the actual object (13). In addition to the mismatch between panoramic focal through and the imaged anatomy, the variations in horizontal and vertical x-ray beam angulations can lead to a false perception of the anatomic truth. A relevant clinical example of this phenomenon can occur when the panoramic films is used for evaluation of mesiodistal angulations and alignment of adjacent teeth roots. Between the canine and first premolars in both arches and between the mandibular canines and the adjacent lateral incisors which are the most susceptible regions to false analysis of root alignment (14).

Buccolingual inclination of the roots may cause the angular distortion on the image especially in premolar extraction sites. Changing buccolingual inclination in the incisor area does not seem to affect the appearance of root parallelism in panoramic



Şekil II. Panoramik film.

Figure II. Panoramic film.

Köklerin bukkolingual yöndeki eğimleri görüntüde özellikle de çekim bölgesinde açısal bozulmalara sebep olabilirler. Keser bölgesindeki bukkolingual eğim, panoramik görüntülerdeki kök paralellliğini etkilemez. Eğer bukkolingual eğim değişirse, kanin ve premolar bölgesindeki komşu dişlerde en büyük açısal farklar gözlenir ve bu fark maksiller arka mandibular arka göre daha belirgindir (15).

Panoramik film çekilirken doğal baş pozisyonundan 5° sapmalarda bile önemli farklar bulunmuştur. 5° yukarı rotasyonlarda maksiller diş köklerinde 5° mezial eğim ve 5° aşağı rotasyonlarda 5° distal eğim gözlenmiştir. Sağ ve sol rotasyonlarda ise daha çok mandibular ön diş köklerinde meziodistal yönde 4°-22°'ye değişen oranda eğim farklılıkları gözlenmiştir (16).

Periapikal Filmler

Periapikal film serisi, periapikal, bite-wing ve okluzal filmleri içermektedir. Bu görüntüleme tekniklerinin seçiminde vakanın durumunun temel alınması tavsiye edilir (11). Açıkçası, özellikle yetişkin hastalarda periodontal durum ile kök uzunluğunun belirlenmesi bu radyografların temel endikasyonlarından (17). Ortodontik açıdan; kök paralelliği, gömük veya sürmekte olan dişlerin pozisyonu, ankiloz gibi durumlarda periodontal ligamentin belirlenmesi, kök uzunluğu, şekli, formu ve tüm dişsel ve periodontal sağlığın belirlenmesi gibi yararlı bilgiler sağlarlar (17). Periapikal radyograflar aynı zamanda, bazı karışık dişlenme analizlerinde de kullanılırlar (17).

images. If the buccolingual inclination changes, the largest angular differences between adjacent teeth arise in the canine-premolar area and this discrepancy would be larger in the maxillary arch than the mandibular arch (15).

When the panoramic film takes, even 5° deviations from the natural head position significant differences found. At the 5° upper rotation roots of maxillary teeth 5° mesial inclination and at the 5° lower rotation 5° distal inclinations can occur. At the right and left rotations, mandibular anterior teeth roots it seems 4°-22° inclination differences in mesiodistal direction (16).

Periapical Projections

The periapical film series consist of periapical, bite-wing and occlusal projections. Choosing of this imaging technique is recommended on the case basis (11). Clearly, basic indications of these radiographs are taken particularly in adult patients to evaluate periodontal condition and root length (17). In orthodontic perspective, these images provide several benefits, including the ability to assess overall dental and periodontal health; root length, shape, and form; presence of periodontal ligament such ankylosis case; positions of impacted or erupting teeth; and root parallelism (17). Periapical radiographs also are used along with some mixed dentition analyses (17).

Combinations of the bitewing radiographs and panoramic film were giving more



Horizontal ve vertikal kemik kayıplarında panoramik film ve bitewing radyografların kombine kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir. Periapikal filmler ayrıca furkasyon problemleri ve interproksimal kemik defektlerini göstermede etkili olsalar da, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) bukkal ve lingual defektlerin üç boyutlu görüntüsünün kaydedilmesinde periapikal filmlerden daha etkilidir (17).

Artrografi

Artrografi iyonize edilmiş kontrast ajanların TME boşluğu içerisine enjeksiyonunu takiben elde edilen radyografik görüntüdür (18). Artrografi, disk konumunun belirlenmesine katkıda bulunur. Dinamik görüntüleme, artrografi üst ve alt eklem kompartmanları ve adezyonları arasındaki perforasyonların tespitinde manyetik rezonans (MR)'a göre avantajlıdır; fakat radyasyon dozu, alerjik reaksiyon potansiyeli gibi dezavantajları bulunmaktadır (1).

İleri (3 Boyutlu) Görüntüleme Teknikleri Bilgisayar Tomografisi (BT)

Tomografi bir dokunun görüntüsünü kesit şeklinde sağlar ve görüntüleme tekniğinde kullanılan genel bir terimdir (19). TME, maksilla ve mandibulanın kesitleri gibi maksillo fasiyal yapıların doğru görüntüsü tomografi ile elde edilebilir.

BT görüntüleri eş zamanlı dönen ince x-ışını demeti ve onun karşısına konumlandırılmış sensörün eş zamanlı hastanın etrafında dönerek elde ettiği verilerin bilgisayar ortamında işlenmesiyle elde edilirler (20). Hasta aksiyal düzlemde seri şekilde alınan kesitlerle taranır ve bu kesitler birleştirildiğinde görüntü oluşur. BT'de oluşturulan üç boyutlu (3D) görüntüler üzerinde dokuların genişlik-yükseklik-derinlik değerlendirmeleri yapılabilir (18). Kesit alınması sebebiyle doku ve organların süperpozisyonu bu teknikte söz konusu değildir.

BT geleneksel radyografilerden bilgisayar kullanımı ile resim oluşturabildiğinden farklılık göstermektedir. Özellikle sert dokuların en iyi şekilde izlenmesi için tasarlanmış olan BT'ler, yumuşak doku kontrastlarının görüntülenmesinde yetersizdirler.

accurate results in showing horizontal and vertical crestal bone losses. Although periapical radiographs were also effective in showing furcation problems and interproximal osseous defects, (cone-beam computed tomography) CBCT was superior to periapical films in documenting 3-dimensional imaging of buccal and lingual defects (17).

Arthrography

Arthrography is radiographic image followed by administration of an iodinated contrast agents in TMJ space (18). Arthrography has contributed to the find out the disk position. In dynamic visualization, arthrography has greater advantageous than magnetic resonance imaging (MRI) to recognize the perforations between the inferior and superior joint compartments and adhesions but has the disadvantages such as radiation dosage, potential for allergic reaction (1).

Advanced (Three Dimensional) Imaging Techniques Computed tomography (CT)

Tomography provides an image of a tissue by getting layers and common term of an imaging technique (19). Accurate imaging of maxillofacial structures, including TMJs and cross-sectional imaging of the maxilla and mandible can be achieved by tomography

CT images are obtained from thin X ray beam and opposite sensor that is synchronic return to the patient and data are processed in computer (20). Patients are scanned in axial plane serially and these sections are combined for imaging. Determination of width, height and depth of tissue can be done in 3D imaging received from CT (18). Because of cross section, superimpositions of tissue or organs are not possible in CT.

CT differs from traditional tomography by the use of a computer in generating the image. CT especially is designed for visualization of hard tissues but it is insufficient for producing suitable soft tissue contrast.



BT teknolojisindeki gelişmelere rağmen, aslında radyasyon dozu önemli oranda değişmemiştir (21) (Tablo 1). Bunun yanında maliyet, eğitim ve ulaşım gibi olumsuzluklar; diş hekimliğindeki geleneksel BT incelemelerinin, baş ve yüz anomalilerinin teşhisi ve tedavisinde kullanımını kısıtlamaktadır. Diğer taraftan bu durum konik ışınli volümetrik tomografinin ortaya çıkışıyla hızla değişmektedir.

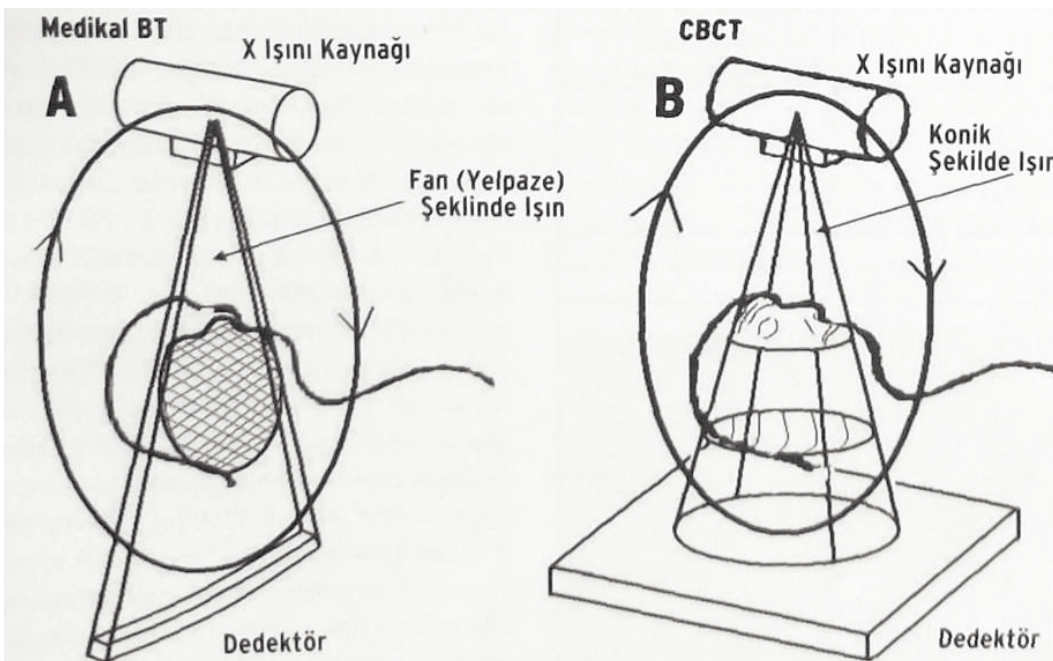
Konik Işınli Bilgisayarlı (Volümetrik) Tomografi (CBCT / CBVT)

Konik Işın tekniğinde hastanın başı etrafında karşılıklı konumda eş zamanlı olarak 360° dönen X-ışını kaynağı ve yüzey algılayıcısı bulunmaktadır (18). Dönüş sırasında belirli aralıklarda yapılan ışınlarla temel görüntüler elde edilir. Oluşan temel görüntülerin tamamı izdüşümü 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 dönüştürülür (22). CBCT'nin en önemli özelliği hacimsel veriler kullanılarak farklı düzlemlerde (aksiyal, sagittal, koronal) karşılıklı görüntülerin oluşturulabilmesidir (22,25). Ayrıca ışınlama ilgili bölgenin tamamını kapsadığından hasta etrafında sadece bir kez dönüşü ile üç boyutlu görüntüde kullanılacak veri tabanı elde edilebilmektedir (23,26).

Although significant advances in CT technology, actually the radiation dose has not essentially unchanged (21). (Table 1) In addition, such as cost, education and access of traditional CT examination in dentistry has remained low and is limited to diagnosis of craniofacial anomalies and comprehensive treatments. However, this situation is changing rapidly with the advent of cone beam volumetric tomography.

Cone-Beam Computed (Volumetric) Tomography (CBCT / CBVT)

X ray beam and plane sensor that is synchronic return to 3600 the patient head are found in cone beam technique (18). During the return, basic imagines are composed with determined interval beam. Whole this basic imagines refer to projection data. These data are changed to 3D data which construction and stature process are made in axial, sagittal, coronal plane by the software programs which have developed algorithm (22). The most attribute of the CBCT is formation corresponding imagines by using volumetric data in various planes (axial, sagittal, coronal) (23,24,25,22). Besides, beams contains whole related region, data base which is used for 3D imagines can be acquired by only one spin around the patient (23,26).



Şekil III. Medikal BT ve CBCT çalışma prensipleri: A- Medikal BT'deki yelpaze şeklinde ışın demeti. B- CBCT'de konik ışın demeti.

Figure III. Principles of Medical CT and CBCT: (A) Fan type of Medical CT (B) Conic beam of CBCT.



Tablo I. Görüntüleme tekniklerinin etkili doz karşılaştırması.

Table I. Comparison of effective dose on imaging techniques.

GÖRÜNTÜLEME IMAGING	Etkili Doz miktarı (µSv) Effective Dose
BT /CT	1200-3300 µSv*
BT tüm kafatası / CT skull	930 µSv
BT mandibula, maksilla, gözler / CT mandible, maxilla, eyes	410 µSv
BT mandibula, maksilla / CT mandible, maxilla,	310 µSv
BT dental mandibula/ CT dental mandible	270 µSv
BT dental maksilla / CT dental maxilla	210 µSv
Cone Beam CT (CBCT)/ Cone Beam CT (CBCT)	34 -68 µSv
Sefalogram / Cephalogram	30 µSv
Geleneksel panoramik/ Convantional panoramic	30 µSv
Dijital Panoramik / Digital panoramic	4.7 – 14.9 µSv
Full Mouth Periapikal Serisi/ Full Mouth Periapical Series	33-84 µSv

Geleneksel BT'lerde kullanılan X-ışını yelpaze biçiminde (fan-beam) olduğu için hastadan görüntünün alınabilmesi için hastanın kademeli olarak cihazın içinde hareket ettirilmesi gerekmektedir. CBCT'lerde ise konik biçimli x-ışını kullanıldığından cihazın tek bir dönüşünde geniş bir alan taranabilmekte ve çok sayıda kesit alınabilmektedir (Şekil 3).

CBCT'ler, geleneksel BT'lere oranla daha düşük radyasyon dozuna rağmen, diğer dental radyografik incelemelerden daha yüksek oranda radyasyon verilmesine neden olmaktadır (22,27). Dozlar, geleneksel dental filmlerle benzer şekilde, 40-50 microsieverts (µsv)'dir (28,29). Karşılaştırma yapılacak olursa panoramik incelemelerdeki etkili radyasyon dozu (30) 29-96 µsv oranında ve bütün bir ağız içi serisinde 33'ten 84 µsv'ye kadar değişen oranlardadır (30-32). Radyasyon dozu açısından, CBCT iyi karşılanır, çünkü BT'lerden kaynaklanan radyasyon dozu son 10 yıldır azalmamaktadır, hâlbuki medikal

Patient must be move in the device progressively to take imagine, because x ray used in fan type (fan beam) in conventional CT. Conic like beam is used for CBCT, device is turned only one and many slides can be taken (Figure 3).

CBCT has smaller X ray dose than conventional CT but it has more radiation than dental radiograph (22,27). Doses are similar to dental films like 40-50 microsieverts (µsv) (28,29). In panoramic examination effective radiation dose is 2.9-9.6 µsv (30) and whole intraoral serigraphy is change from 33 to 84 µsv (30-32). CBCT is good for radiation dose because radiation dose in CT was not reduced in 10 years, whereas other types of medical radiographs was reduced by %30 (21) (Table 1).

Usage of CBCT in Orthodontics

Determine the accurate position of ectopic canines, impacted teeth and intraoral anomalies (Figure 4, 5) (33).



radyografinin diğer çeşitlerinde radyasyon dozu %30 kadar azaltılmıştır (21) (Tablo 1).

CBCT'nin Ortodontide Kullanım Alanları

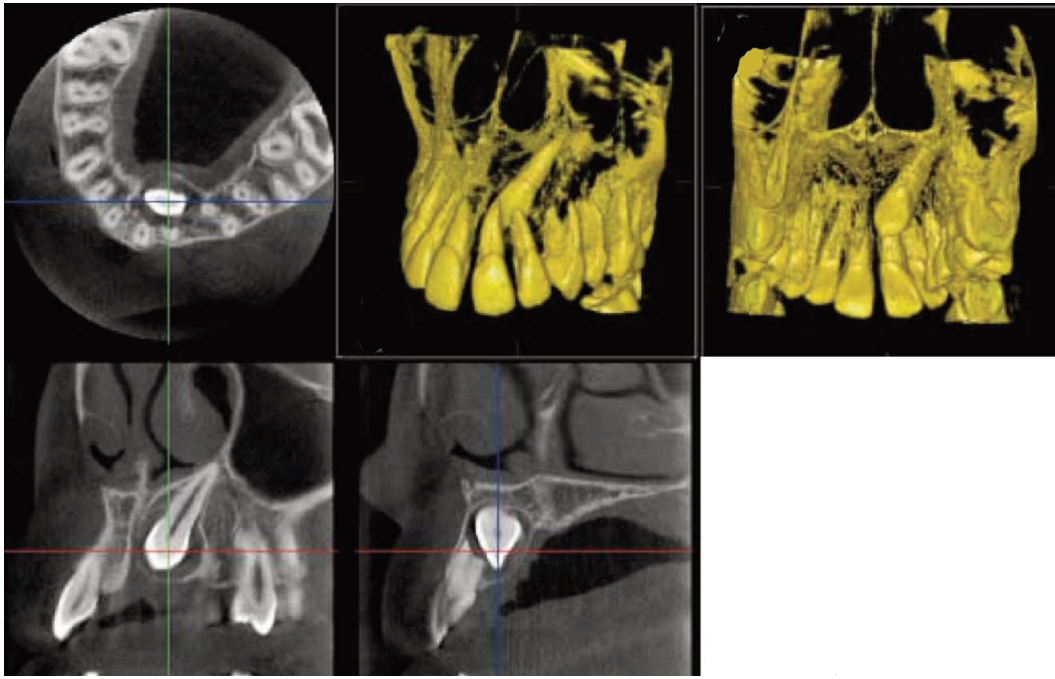
Ektopik kaninler, gömülü dişler ve ağız içi anomalilerin konumlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi (Şekil 4, 5)(33).

Havayolu analizi: CBCT teknolojisi ile havayolu analizinde büyük gelişme sağlanmıştır. Lateral sefalogramlar ile karşılaştırıldığında üst havayolu ve hacim

Airway analysis is highly provided with CBCT technology. Compare to lateral cephalogram, upper airway and volume dimensions displays mild correlation (34).

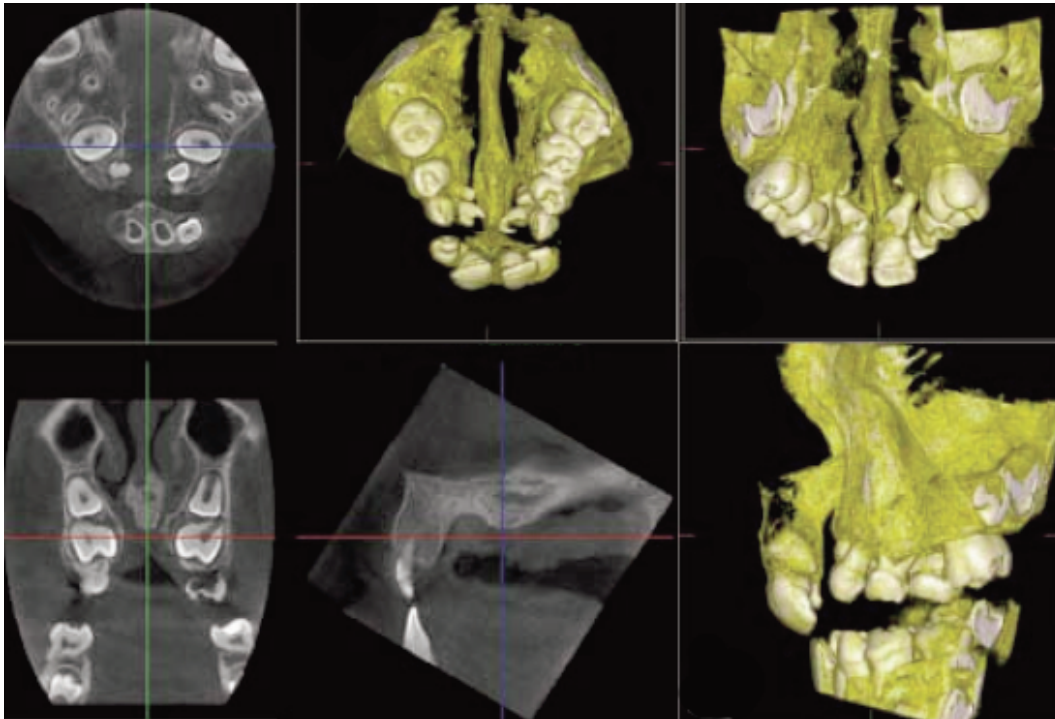
Determine the alveolar bone height and volume and also assess the bone quality after the alveolar bone surgery in cleft lip palate patient (35)

TMJ morphology especially mandibular condyle size, form, position and also joint



Şekil IV. Farklı açılardan incelenebilen kesit görüntüleri.

Figure IV. Sectional imaging with different perspectives.



Şekil V. Kesitsel ve hacimsel görüntülerin kombinasyonu, yarık damağın durumunu anlamada hiç olmadığı kadar yardımcıdır.

Figure V. Combination of sectional and volumetric imaging of cleft palate.



Tablo II. Ortodontide kullanılan görüntüleme teknikleri ve görüntüleme amaçlarının listesi. Her bir görüntüleme tekniğinin kullanıldığı yere göre değeri.

Table II. Imaging techniques used in orthodontics and display the list of goals. According to the place value of each imaging technique used.

Görüntüleme amacı / Goal of imaging	İki boyutlu görüntüleme / Two dimensional imaging			
	Sefalometrik / Cephalometry	Panoramik / Panoramic	Periapikal / Periapical	Tomografi / Tomography
Yüz: yumuşak dokular / Face: soft tissue	*	~	~	~
Diş kronları / Tooth crown	*	*	*	~
Diş kökleri / Tooth roots	~	**	**	**
İnternal anatomi görüntüsü / Internal anatomic image	*	**	**	***
Anatomik yer tespiti / Detection of anatomy	*	*	*	***
Çene sınırlarının belirlenmesi / detection of jaw border	~	**	~	***
TME (kemik) / TMJ (bone)	~	*	~	***
TME (disk) / TMJ (disc)	~	~	~	~
Havayolu / Airway	**	~	~	**
Yüz alan geometrisi / Geometry of the face	**	**	*	*
Yüz şekillendirilmesi / Face shaping	~	~	~	~

Görüntüleme amacı / Goal of imaging	Üç boyutlu görüntüleme / Three dimensional imaging			
	CBCT / CBCT	MRI / MRI	Lazer / Laser	Yapısal ışık / Structured light
Yüz: yumuşak dokular / Face: soft tissue	**	**	***	****
Diş kronları / Tooth crown	**	*	****	***
Diş kökleri / Tooth roots	***	**	~	~
İnternal anatomi görüntüsü / Internal anatomic image	****	****	~	~
Anatomik yer tespiti / Detection of anatomy	****	***	~	~
Çene sınırlarının belirlenmesi / detection of jaw border	****	***	~	~
TME (kemik) / TMJ (bone)	****	***	~	~
TME (disk) / TMJ (disc)	~	****	~	~
Havayolu / Airway	****	****	~	~
Yüz alan geometrisi / Geometry of the face	***	***	****	****
Yüz şekillendirilmesi / Face shaping	~	~	***	****

~ Değeri yok, * Düşük değer, ** Orta seviyede değer, *** Yüksek değer, **** En yüksek değer / ~ No value, * Low value, ** Moderate value, *** High value, **** Highest value

ölçümleri arasında orta düzeyde farklılık gösterilmiştir (34).

Alveoler kemik yüksekliği ve hacminin değerlendirilmesi ortodontide dudak damak yarıklı hastalarda alveoler cerrahiye takiben kemik kalitesinin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (35).

CBCT ile TME morfolojisi özellikle kondil boyutları, şekli pozisyonu ve ayrıca eklem boşluğu değerlendirilebilmektedir (36). Lateral sefalometrik filmlerde kondil sadece lateralden görüntülenebilirken; CBCT'de kondilin frontal ve axial kesitleri de alınabilmektedir. MRI ile eklem diskinin görüntüsü açıkça alınabilmesine rağmen rutin de pahalı bir yöntemdir. CBCT, detaylı görüntülerin düşük radyasyon dozuyla elde edilmesini sağlar.

CBCT büyüme, tedavi etkilerinin ve stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Ayrıca CBCT, kök eğimi ve torku, mini-vidaların yerleştirilmesi düşünülen yerlerdeki kemik kalınlığı ve morfolojisi, cerrahi planlamada osteotomi bölgeleri hakkında da bilgi vermektedir (36). Üç boyutlu görüntüler ayrıca retraksiyon sırasında palatal kortikal kemiğe göre maksiller keserlerin köklerinin pozisyonları,

space can be assessed by CBCT (36). Lateral cephalometric films display the only condyle laterally but CBCT can display the condyle frontally and axially. Although the mandibular disc can be imagined in MRI clearly; but it is more expensive in routine. CBCT has lesser radiation doses for detailed imaging (Table 2).

CBCT is also used for determination of growth, treatment effects and stability. In addition, CBCT is explaining the root inclination and torque, bone quantity and morphology is used for mini screws and osteotomy regions for surgery (36). Three dimensional imagines also states that determination of palatal root position in palatal cortical bone, bone magnitude of maxillary buccal segments during dental expansion, relationship between the maxillary sinus and maxillary roots, position of mandibular anterior roots in mandible. Recent year's slides taken from CBCT device can be constructed and acquired 3D models stereolitografik models. Implant guided, osteotomies and distraction vectors can be rehearsed.



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 vermektedirler. Son yıllarda CBCT cihazlarıyla alınan kesitlerin işlenmesi ve 3 boyutlu somut modellerin (stereolitografik modeller) hazırlanmasıyla; implant rehberleri, osteotomi ve distraksiyon yönünün provası yapılabilmektedir.

CBCT'nin Avantajları (24,26)

Radyasyon dozunun azaltılması: CBCT cihazları için etkin doz 52–1025 (μ Sv) değeri arasında olup, cihazın modeline, kesit kalınlığına ve görüntülenen bölgenin büyüklüğüne göre değişebilmektedir. Bu değerler yaklaşık olarak bir panoramik film dozunun 4 ila 77 katına karşılık gelir ve medikal BT'lerle elde edilen kafa görüntülenmesine kıyasla %51-%96 oranında düşük doz değerine sahiptir(26).

Tarama hızı: CBCT cihazları, tek bir dönüşle tüm ham verileri elde ettiği için tarama zamanı hızlıdır ve hızları çok kesitli CT'lerle benzerdir (10–70 sn).

3D rekonstrüksiyon özelliği: CBCT'den elde edilen veri setleri kullanılarak; bilgisayar ekranında detaylı ve hızlı bir şekilde üç boyutlu, renklendirilebilen görüntüler oluşturulabilir. Görüntüler üzerinde implant yönlendiriciler, yapay greft hacimlerinin hesaplanması, otojen kemik greftlerinin boyutlarının belirlenmesi gibi operasyon öncesi hazırlık yöntemleri uygulanabilir

Görüntü kalitesi: CBCT ile elde edilen görüntüler "voxel" adı verilen kubik şekilli üç boyutlu yapılar halinde saklanır. Bu voxellerin boyutları görüntünün çözünürlüğünü belirler. Geleneksel CT'lerde voxeller dikdörtgen şeklindedir ve genellikle aksiyal kesitlerden elde edilirler. Bu yüzden voxellerin boyutları eş değildir. CBCT'de ise voxel her üç boyutu da (uzunluğu, genişliği, derinliği) eşit görüntü verir. Bu sayede detay ve görüntü kalitesi artar (26). CBCT'ler yüksek kontrasta sahip yapıların görüntülenmesini sağladığından kemik ve dişlerin bulunduğu baş ve yüz bölgesindeki yapıların değerlendirilmesinde etkilidir (24).

Advantages of CBCT (24,26)

Reduced radiation dose: Effective dose of CBCT is 52-1025 μ sv and this variation based on the CBCT models, slide thickness and magnitude of imaging region. These dose approximately 4-77 folder of panoramic film and when compare the medical CT, CBCT has reduced the radiation dose approximately %51-96 (26).

Scanning speed: CBCT is faster than medical CT because of only one synchronic return of the patient to 3600 and acquired whole raw data (10–70 sc).

3D reconstruction feature: by using the acquired cross section from CBCT data set, 3D imaging can be constituted and this imagines can be colored. Preoperative surgical preparation including implant guidance, evaluate of synthetic graft volume, determination of otogen bone grafts size can be made on the imagines.

Imagine quality: Imagines taken from CBCT are kept in 3D cubic pieces which is named "voxel". Size of the voxels determines the imaging resolution. In conventional CT voxels formed in rectangular and generally acquired from axial slice. Thus size of voxels is not equal. In CBCT, voxels present equaled imaging in 3D (length, width, depth). By the way detail and imaging quality advance (26). Because CBCT provide imaging of high density structures, it is efficient to determine structures in craniofacial region including bone and teeth (24).

Disadvantages of CBCT (5,23,37)

Apart from its capacity of taking soft tissues image data is limited; CBCT's being the best way of imaging hard tissues is indisputable. CBCT's soft tissue imaging capacity is poor due to its low contrast resolution. In medical CT, high contrast resolution makes soft tissue imaging more qualified (23,37). CBCT soft tissue images don't resemble true color of skin. For photographic quality, additional manipulation of images is required (5).

Due to unwanted patient movements image distortions can occur. For this reason,



CBCT'nin Dezavantajları (5,23,37)

Yumuşak dokuların görüntülenmesinde elde edilen bilgilerin sınırlı olması bir yana bırakılırsa; CBCT'ler baş ve yüz bölgesinin sert dokularının incelenmesinde tartışmasız bir yere sahiptirler. CBCT'nin kontrast çözünürlüğünün düşük olmasına bağlı yumuşak doku görüntüsü zayıf olmaktadır. Geleneksel BT cihazlarındaysa kontrast çözünürlüğünün yüksekliği yumuşak doku görüntüsünün daha kaliteli olmasını sağlamaktadır (23,37). CBCT yumuşak doku görüntüleri, derinin gerçek rengini yakalayamamaktadır. Bu yüzden fotoğrafik kalitede çözünürlük için görüntülerin manipülasyonu gerekmektedir (5).

İstenmeyen hasta hareketleri nedeniyle görüntü bozuklukları oluşabilmektedir. Bu amaçla başın sabitlenmesi için parçalar geliştirilmiştir.

Fiyatları konvansiyonel röntgen cihazlarına göre daha pahalı olup, bu cihazlar için daha fazla yer gerekmektedir (5).

Radyasyon saçılımına bağlı olarak noise (görüntünün izlenmesine engel olan, radyografik yoğunluktaki istenmeyen değişiklikler) meydana gelebilmektedir.

Ayrıca görüntüleri yorumlanabilmesi için eğitime ihtiyaç vardır.

CBCT'ye büyük ölçüde ilgi olmasına rağmen, konik ışın geometrisi, algılayıcı hassasiyeti ve kontrast çözünürlüğüne bağlı bazı kısıtlılıklar tekniğin dezavantajlarının oluşmasına yol açmaktadır. CBCT'nin görüntü kalitesini zayıflatan temel faktör görüntü artefaktlarıdır. 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 gelmektedir (22).

Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRI)

Yumuşak dokuların ve MRI kullanılarak TME çevresinin görüntülenmesi, doku kontrast çözünürlüğü en yüksek olan tıbbi görüntüleme tekniğidir (Şekil 6) (38). Bu inceleme tekniğinde manyetik bir alan içerisinde incelenmek istenilen bölgeye

parts that help immobilizing patients head are developed.

Their prices are higher than conventional x-ray devices. They also require more space (5).

Due to radiation emission noise can occur.

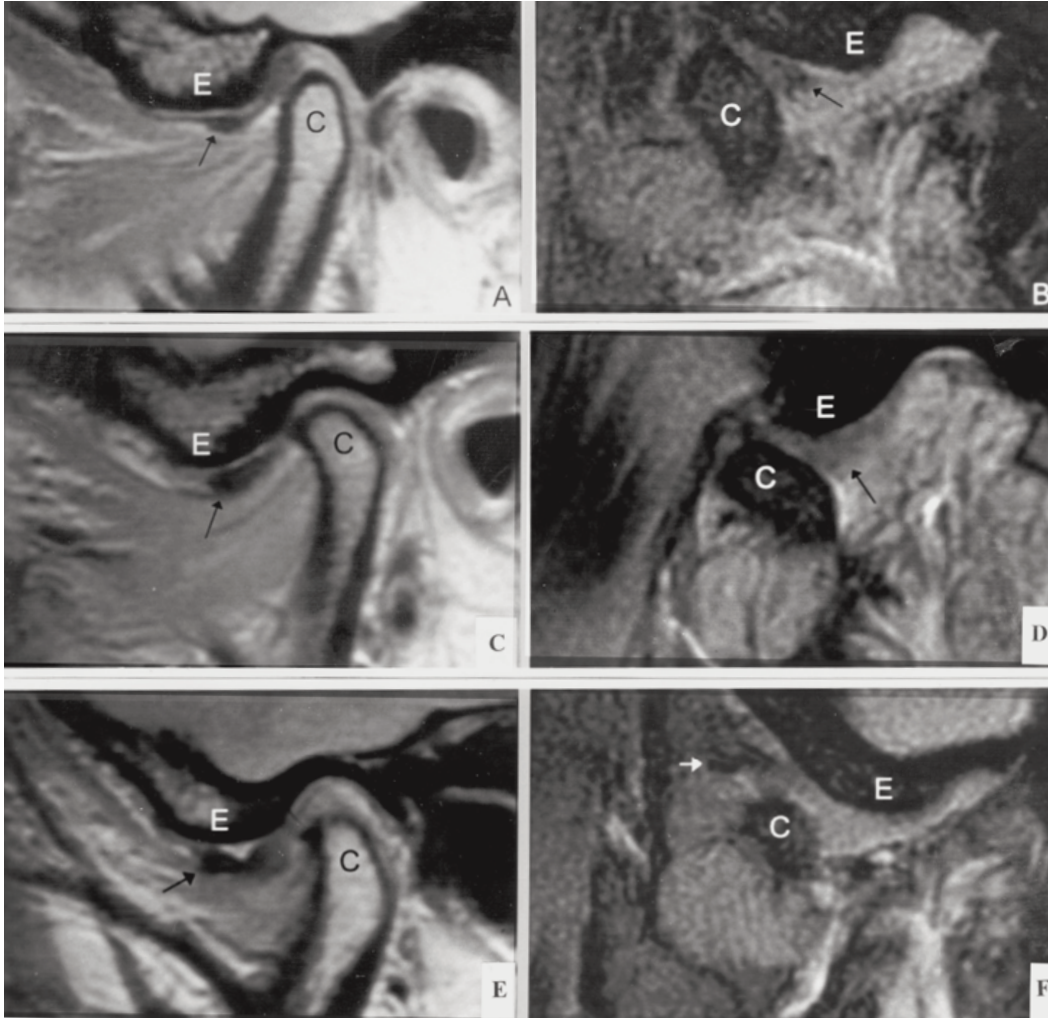
Also education is needed to read the images.

Despite the high interest in CBCT, cone beam scatternesses originating from beam geometry, receiver sensitiveness and contrast resolution constitutes disadvantages of the technique. The primary factor making the CBCT image less qualified is image artifacts. Artifacts become from limitations during physical procedures of image acquisition. When x-ray is passed through an object, low energy photons are more absorbed than high energy photons. This physical phenomenon is called "beam hardening". Out of beam hardening, form changes and distortion in metal objects, lines between two dense objects and dark bands take place (22).

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Imaging of the soft tissues in and around the TMJs using MRI has coincided with and created interest in the function and biology of the TMJ. It is the highest tissue contrast resolution medical imaging technique (Figure 6) (38). In this imaging technique desired location to be imaged radio waves are sent in a magnetic field. The energy of the hydrogen atoms in the cells stimulated by the radio waves are converted in to numbers and processed with a computer then converted to image.

Because x-ray-based imaging, including CT scans and tomograms, is unable to show intra articular soft tissues adequately (18), MRI is the preferred imaging technique when information regarding the articular disk, presence of adhesions, perforations, or joint effusion is desired. Magnetic resonance imaging has the advantage of creating an image without using ionizing radiation, without pain, without distorting tissues, but its use is not widespread in orthodontics because of its expense.



Şekil VI. MR görüntüsünde temporomandibular eklemin (TME) disk pozisyonu (C = kondil, E = artiküler tüberkül) (A) Ağız kapanmasında disk normal gözükmemektedir. (B) Şekil A' nın TME görüntüsü (A), maksimum ağız açıklığında disk (ok) redüksiyonu görülmektedir. (C) Ağız kapandığında görülen anterior disk deplasmanı (ok). (D) Şekil C' de maksimum ağız açıklığı disk (ok) redüksiyonu görülmektedir. (E) Ağız kapalı, deformite ile birlikte anterior disk deplasmanı görülmektedir. (F) Şekil E' deki hastada ağız kapalı ve disk kondil önünde bloke olduğundan redüksiyonsuz disk deplasmanı olduğu düşünülür.

Figure VI. Disc position of temporomandibular joint (TMJ) is demonstrated by MRI (C = condyle, E = articular eminence) (A) Disc appears in normal on mouth closed. (B) In the same TMJ of (A), reduction of the disc (arrow) is seen in maximal mouth open. (C) Anterior disc displacement (arrow) is seen in the mouth closed. (D) Maximal mouth open in Fig. C shows reduction of the disc (arrow). (E) Disc anterior displacement (arrow) with deformity is found in mouth-closed. (F) In the same TMJ of Fig. E, maximal mouth open shows that the disc is still blocked in front of the condyle (arrow) and anterior disc displacement with non-reduction is considered.

radyo dalgaları gönderilir. Radyo dalgalarının uyardığı hücrelerdeki hidrojen atomlarının ürettiği enerji sayılara dönüştürüldükten ve bir bilgisayarca işlendikten sonra bir görüntü oluşur.

BT taramalarını içeren x-ray görüntülemeleri, eklemler arası yumuşak dokuların eşit şekilde görünmesi konusunda yetersizdir (18). Artiküler disk, adezyon, perforasyon durumu veya eklem efüzyonuyla ilgili bilgi istendiğinde tercih edilen görüntüleme tekniği MRI'dır. MRI, iyonize radyasyon, ağrı ve doku distorsiyonu olmadan görüntü elde edilmesi açısından avantajlıdır, ama maliyetinin fazla olmasından dolayı ortodontide kullanımı yaygınlaşmamıştır.

Görüntü boşluk içinde herhangi bir düzlemde elde edilebilir, bu yüzden bu teknikler anatomik bölgeye göre en uygun şekilde kullanılabilir. MRI protokolündeki

Imaging can be performed in any plane of space, and therefore the acquisition techniques can be optimized to the anatomy. Variations in MRI protocols and the use of paramagnetic contrast enhance the signal contrast between adjacent tissues. T2-weighted protocols (long echo time and long repetition time) are used routinely to determine joint effusion and inflammation, changes in bone marrow caused by sclerosis, inflammation, and other tissue replacement processes. T1-weighted protocols (short echo time and short repetition time) are used to determine disk-condyle-fossa position, morphology, internal composition, and mobility. Recently, MRI spectrometry and functional and dynamic MRI have been used to supply clinical information about jaw function. (39).



varyasyonlar, paramagnetik kontrastın kullanımı, komşu dokular arasındaki kontrast miktarını arttırabilir. T2-ağırlıklı protokol (uzun eko zamanı ve uzun tekrar zamanı), eklem efüzyon ve enflamasyonu, sklerozisin sebep olduğu kemik iliği değişimi, enflamasyon ve diğer doku replasman yöntemlerini değerlendirmek için kullanılır. T1-ağırlıklı protokoller (kısa eko zamanı ve kısa tekrar zamanı) disk-kondil-fossa pozisyonu, morfoloji, internal kompozisyon ve mobilitayı değerlendirmek için kullanılır. Son zamanlarda, MRI, spektromi ve fonksiyonu ile dinamik MRI, çene fonksiyonları hakkında klinik bilgi elde etmek için kullanılır (39).

MRI'nın açıklaması, kondil erezyonu, osteopites ve disk pozisyonunun tespitinde %90 veya daha büyük başarı sağlamaktadır (40). Doku kontrastı, T1' den T2' ye uzayan ağırlaşma; protokol oranı (nabız düzlemi) kullanımıyla oluşturulur. Gri skala görüntüleme sonucu, ortadaki gri görünüm, siyah görünümlü veya düşük sinyal ve beyaz görünümlü yüksek sinyallerle nabzın alındığı dokuların kaydını gösterir.

MRI'nın avantajları:

Hastayı radyasyona maruz bırakmadan, mükemmel yumuşak doku çözünürlüğü ile disk pozisyonu ve morfolojisi hakkında bilgi verir.

Sinyal yoğunluklarındaki farklılıkları temel alarak osseöz dokuları da ayrıntılı olarak görüntüleyebilmektedir.

Kontrast madde enjeksiyonu gerektirmeden ve hasta repoze edilmeden görüntülerin elde edilebilmesini sağlar.

TME'deki enflamasyon ve skar dokularını da inceleme imkânı sağlar.

Ancak tüm bu avantajlarına rağmen,

Pahalı ve ileri ekipman gerektirmesi,

Klostrafobi varlığında kontraendike olması da dezavantajlarıdır (40,41,42,43).

Ortodontik braketlerde kullanılan paslanmaz çeliğin ve diğer metallerin MRI görüntülerinde artefakt oluşturduğu bildirilmiştir (44). Bu yüzden ortodontik tedavi gören hastaların MRI ihtiyaçları çok iyi değerlendirilmelidir.

Interpretation of MRI has been able to achieve 90% or greater accuracy in the identification of condylar erosions, osteophytes, and flattening and disk position (40). Tissue contrast is created using a range of protocols (pulse sequence) extending from T1 to T2 weighting. The resultant grayscale images represent the recorded signals from the pulsed tissues with the high signal appearing white, intermediate signals appearing gray and low signals or signal voids appearing black.

Advantages of MRI:

Without radiation exposure, it is informed about excellent soft tissue resolution with disc position and morphology.

Osseous tissues are detailed imagined based on signal density difference.

Without contrast matter injection and patient reposition, imagines are obtained.

It is also provide to observe inflammation and scar tissues in TMJ.

Although all these advantages,

It is demanded to expensive and advanced equipment

It is contraindicated in patient with claustrophobia (40-43).

It is notified to stainless steel and others metals used in orthodontic braces causes artifacts on MRI images (44). Therefore, it should be well evaluated to MRI requirements in orthodontic patient (Table 1).

Structured Light

The structured light system principle is the projection of distorted surface that is used to get three-dimensional information. Models are varied from stripes, lines, grids and circles. An example of this system, eyetronics, that is used a 35-mm slide projector to get grid pattern and record images from a digital camera. Because this system capture images from only one perspective, several images are taken to obtain left, right and frontal views of a face. For production of a full-face model (from ear to ear) with this system, imagines are taken different perspectives are combined and this process called stitching. Stitching



Yapısal Işık

Yapısal ışık sisteminin prensibi, bozulmuş yüzeyin izdüşümü ile üç boyutlu veri sağlamaktır. Modeller, şeritler, çizgiler, kılavuz ve daire gibi tasarımlarda farklılık gösterir. Bu sisteme örnek olarak, eyetronics, kayıt görüntüleri için yaygın bir dijital kamera ve kılavuz paternin tasarlanması için 3,5 mm.lik bir slayt projektör kullanan bir sistemdir. Bu sistemlerde sadece bir açıdan görüntü alındığı için, yüzün sol, sağ ve frontal yönden de birkaç görüntü alınır. Bu sistemde tüm yüzün (kulaktan kulağa) modelini elde etmek için farklı açılardan alınan görüntüler kombine edilir ve bu işleme dikme (stitching) denir. Dikme manuel ya da yarı otomatik olarak kullanılabilir (45).

Model yüz üzerine yansıtılırsa, yüz alanı (renk bilgisi), bu paternin bilgilerini içerir ve bu rahatsız edici olabilir. Bu nedenle ikinci görüntü çoğunlukla, planlanan model olmadan aynı pozisyonda alınır. Bu yolda, planlanan modelde sağlanan yüzey planı daha gerçek üç boyutlu görüntü elde etmek için temiz bir yüz alanı kullanılır. Ayrıca, bu esnada, yapısal ışık görüntüleme sistemlerinin sadece biri, klinik kullanım için geçerli olabilir (45).

Lazer Taraması

Üç boyutlu yüz görüntülemesinde kabul edilen diğer bir yöntemde lazerdir. Lazer tarayıcıları, detaylı model üretebilseler de, tarama işleminde hastanın kafası etrafında dönerken, kişinin sabit pozisyonda durması gerekir. Lazer, sadece yüzey kaydı sağlar fakat renk bilgisi sağlamadığından, renk verisi bu bilgiyi sağlayan lazer tarayıcısıyla kaydedilir. Plastik ve alçı modellerin lazer taraması çalışmalarında, antropometrik noktalar kullanıldığında, araştırmacılar üç eksen (x, y ve z) 0,6 mm veya 0,5 mm.lik varyasyon bildirmişlerdir (4,46,47). Ayrıca antropometrik ölçümler için lazer sistemlerinin kullanıldığı daha kapsamlı çalışmaların yarısında da güvenilir olmadığı bulunmuştur (1,5 mm.den fazla hata) (48).

Ortodontide kullanılan görüntüleme teknikleri ve amaçlarının listesi Tablo 2'de sunulmuştur. Bu tabloda ayrıca her bir görüntüleme tekniğinin kullanıldığı yere göre değeri de ayrıca belirtilmiştir.

can be performed manually or semi automatically (45).

Because a model is projected onto the face, the surface map (color information) contains this pattern information and can be disturbing. For this reason, a second image frequently is taken with the subject in the same position without the projected model. In this way the surface map, derived from the projected pattern, is used with a clean texture map to produce more realistic three-dimensional images. However, at this time only one of these structured light imaging systems has been validated for clinical use (45).

Lazer Scanning

Another accepted method used for three-dimensional facial imaging is lasers. Laser scanners are talented for producing detailed models; however, the scanning process requires the subject to remain stable position while the scanner revolves around the subject's head. Because the laser provides only the surface record and cannot provide color information, a color camera that is recorded with the laser scanner provides information. In studies about laser scanning of plastic and plaster models, researchers reported 0,6- mm or 0.5 mm discrepancy of localization in the three axis (x, y and z) when using anthropometric landmarks (4,46,47). However, more comprehensive studies using laser systems for anthropometric measurements reported that more than half of these were unreliable (errors higher than 1.5 mm) (48).

A list of commonly used imaging techniques and associated imaging goals were shown in Table 2. Additionally, related application values for each imaging technique were also presented.

Stereophotogrammetry

Two dimensional (2D) cephalometry focused on hard tissue, because their reproducibility is better than soft tissue, which defines the facial outline (10). By using of reconstructions of CT and CBCT imaging (23), facial laser scanning (47) and 3D stereophotogrammetry (49) this limitation





Sterofotogrametri

İki boyutlu (2D) sefalometri sert doku üzerine odaklanmıştır; çünkü tekrarlanabilirliği yüz hatlarını belirleyen yumuşak dokudan daha iyidir (10). CT ve CBCT görüntüleri (23) yüzün lazer taraması (47) ve 3D sterofotogrametri (49) kullanılarak bu sınırlamanın üstesinden gelinmiştir. 3D görüntü verilerinin birleştirilmesi ile oluşturulan görüntüler hastanın gerçek baş modelini doğru ve gerçekçi olarak sağlayabilme potansiyeline sahiptir (49). 3D sert ve yumuşak doku analizleri CT tabanlı referans düzlemine dayanır (49). Bu analizler 3D fotoğraflar ile CT taramalarının birleştirilmesinden sonra uygulanabilir (Şekil 7).

Baş ve yüz görüntülemeleri için sterofotogrametrinin kullanımıyla, kuru kafatası kullanımı (50), yarık dudak ve damak (51), yüz ölçüm açıları ve doğrusal ölçümlerin geçerliliği ile niteliği rapor edilir (1). Lokalize işaret noktaları için üretilebilen hataların sonraki mutlak değerlerinde, açıları için 11,1°'lik ve 1 mm.lik mesafe rapor edilir (1). Daha sonraki zamanlarda, iki enfrarujlu şarj çiftinin birleştirildiği aygıtlı sterofotogrametri, yüz noktalarının otomatik olarak lokalize edilmesini ve antropometrik noktaları sağlamak için kullanılırlar (29,32,52). Nokta lokalizasyonu ve işaretlerin üretilebilirliğindeki hata 2 mm.den azdır.

Ağız İçi Tarayıcılar

Ağız içi tarayıcılar son teknoloji ürünleridir, Cad-Cam sistemleri ile dentisyonun üç boyutlu görüntüsünü elde ederek bilgisayar ortamına aktarabilmektedirler (1). Ağız içi tarayıcı dişler üzerinde yavaşça gezdirilirken oluşan resimler video kamera ile kaydedilir. Tarayıcı diş morfolojisi ve andıkat bölgeleri bilgisayar ortamına aktarır ve veriler kaydedilir. Bu esnada bilgisayar ortamında modeller oluşturulur. Hekim hastanın diş morfolojisini belirler ve kayıtlı olan diğer diş morfolojileri ile karşılaştırarak hasta için en uygun braket sistemini seçer (53).

Hasta modelleri bilgisayarda oluşturulduktan sonra hekim model analizlerini yazılım programı kullanarak yapabilir. Simetrik veya asimetric ark formları oluşturabilir bununla birlikte üç boyutta da her türlü diş hareketinin simülasyonunu

can be ceased. Image fusions from 3D imaging datasets have the potential to provide a realistic and accurate virtual model of a patient's head (49). 3D imaging hard tissue and soft tissue analyses, based on a CT-based reference frame (49). These analyses are applicable after superimposition of a 3D photograph on the reconstructed CT scan (Figure 7).

The use of stereophotogrammetry for craniofacial imaging has been reported using dry skulls, (50) cleft lip and palate, (51) and for quantification and validation of the linear and angular facial measurements (1). In the latter the absolute value of the reproducibility error for localizing the landmarks reported is 1 mm for distance and 1.1 degrees for the angles (1). More recently, stereophotogrammetry with two infrared charge-coupled device cameras was used to locate facial landmarks automatically (labeled with retro reflective markers) and provide anthropometric information (linear distances and angles) (29,32,52). The error in reproducibility of a landmark and marker location was less than 2 mm.

Intraoral Scanners

Intraoral scanners are products of new technology, with the cad cam systems 3 dimensional imaging of dentition can be transferred to the computer (1). While the hand held scanner is passed over the dentition and reflected images are recorded with a video camera. The scanner transfers the visualization of all tooth surfaces, including undercut areas. During this time, computer model of the dentition is produced. The operator determines the teeth morphology and then patient teeth is compared with teeth in a library of dental morphology and the operator chooses the best bracket design for individual teeth (53). After the 3-dimensional model of the dentition is completed, clinician can make model analyses. Clinician also creates symmetric and asymmetric arch forms; as well the teeth can be moved like independent objects in 3 dimensions with the software control and can be compared different



yapabilir ve farklı tedavi planlamalarının karşılaştırmasını yapabilir (53). Oluşturulan üç boyutlu modellerde braketler diş üzerine yerleştirilir ve indirekt bonding modelleri oluşturulabilir. Bununla birlikte bu sistem içerisinde bulunan tel büküm robotları ile hastanın seçilen ark formu ile uyumlu ve üç düzlemde büküm yapılabilir (53). Gelişen teknoloji ile birlikte baş ve yüz görüntüleme teknikleri de gelişmektedir. Bu sebeple baş ve yüz görüntülemesi ile ilgili ortodontik kayıtların güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği de gelişecektir.

SONUÇLAR

Konvansiyonel veya ileri görüntüleme teknikleri ile alınan görüntülerin aynı seviyede olması ve özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için teknik donanım ve yazılım özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu sayede:

Farklı ortamlarda standart olarak alınan baş ve boyun görüntüleme kayıtları vakaların sunumunda ve karşılaştırılmasında kullanılabilir.

Bu görüntülerin standart hale getirilmesi ile tedavi sırasında oluşan değişiklikler sayısal verilere dönüştürülebilir.

Ayrıca bu kayıtlar hastanın uzun dönem takibinde, verilerin karşılaştırılması açısından da önemlidir.

Randomize çok merkezli klinik çalışmaların popüler olduğu günümüzde kayıtların standart hale getirilmesi verilerin toplanması ve güvenilir sonuçların elde edilmesi açısından önemlidir.

treatment plans (53). Brackets are placed on each tooth on the 3 dimensional models and create the indirect bonding models. In this system wire bending robots can a bend 3 order bending which is appropriate to patient arch forms (53).By developing technology, craniofacial imaging techniques will be advanced. Therefore, reliability and repetition of orthodontic records with craniofacial imaging will be improved.



Şekil VII. 3D yüzey görüntüsünün elde edilmesi.

Figure VII. Acquiring of 3D surface imaging.

CONCLUSIONS

It should be well known technical properties of equipments and software for obtaining same levels imagines quality delivered from conventional or advanced imaging techniques. In this way:

Standard craniofacial imaging records taken in different places are used for case presentation and comparisons.

With standardization of these records, changes during treatment may turn into quantitative data.

Additionally, obtaining these standard data is important for long term follow up.

A randomized multi-center clinical trials are currently popular; thus, standardization of imaging records is important for the data collection and reliable results



KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Graber T. Orthodontics: Current Principles and Techniques. 4. baskı. Elsevier, Mosby, 2005.
2. Brennan J. An introduction to digital radiography in dentistry. *J Orthod* 2002;29:66-9.
3. Ucar FI, Uysal T, Bengi AO. Ortodontide kullanılan kayıtların standardizasyonu. Bölüm 1: Statik fotoğraflar. *Türk Ortodonti Dergisi* 2010;23:86-105.
4. Hatcher DC. Maxillofacial Imaging. Science and Practice of Occlusion. Chicago, In McNeill C ed. Quintessence, 1997.
5. Van der Stelt P. Principles of digital imaging. *Dent Clin North Am* 2000;44:237-48.
6. Wenzel A, Gotfredsen E. Digital radiography for the orthodontist. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:231-5.
7. Farman TT, Kelly MS, Farman AG. The OP 100 Digipan. Evaluation of the image layer, magnification factors and dosimetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;83:281-7.
8. Jerrold L. Posttreatment records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:124-6.
9. Moyer RE, Bookstein FL. The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod* 1979;75:599-617.
10. Mankovich N, Samson D, Pratt W, Lew D, Beumer J. Surgical planning using three dimensional imaging and computer modeling. *Otolaryngol Clin North Am* 1994;27:875-89.
11. Athanasiou AE. Orthodontic cephalometry. London, Mosby-Wolfe, 1997.
12. Gregston MD, Kula T, Hardman P, Glaros A, Kula K. A comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: I. Hard Tissue. *Semin Orthod* 2004;10:204-11.
13. Hatcher DC, Aboudara CL. Diagnosis goes digital. *Am J Orthod* 2004;125:512-5.
14. McKee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:166-75.
15. Figueroa MAG, Raboud DW, Lam EW, Heo G, Major PW. Effect of buccolingual root angulation on the mesiodistal angulation shown on panoramic radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:93-9.
16. McKee IW, Glover KE, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Major PW. The effect of vertical and horizontal head positioning in panoramic radiography on mesiodistal tooth angulations. *Angle Orthod* 2001;71:442-51.
17. Dykhouse VJ, Moffitt AH, Grubb JE, Greco PM, English JD, Briss BS, Jamieson SA, Kastrop MC, Owens SE. A revision of the adult intraoral radiograph protocol for ABO clinical examinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:303-4.
18. Harorlı E, Yılmaz AB, Akgül HM. *Diş Hekimliği Radyolojisi*. 1. baskı, Erzurum, Atatürk Üniversitesi, 2006.
19. Carlson CA. Imaging modalities in x-ray computerized tomography and in selected volume tomography. *Phys Med Biol* 1999;44:23-55.
20. Grayson B, LaBatto F, McCarthy JG. The basilar multiplane cephalometric analysis. II. Method of analysis and its application to the study of craniofacial anomalies. *Am J Orthod* 1985;88:503-16.
21. International Commission on Radiological Protection: Managing patient dose in computed tomography. *Ann ICRP* 30:4,2001.
22. Scarfe WC, Farman AG, Levin MD, Gane D. Essentials of maxillofacial cone beam computed tomography. *Alpha Omegan* 2010;103:62-7.
23. White SC, Pharoah MJ. The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dent Clin North Am* 2008;52:689-705.
24. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 2008;52:707-30.
25. Farman AG, Scarfe WC. The basics of maxillofacial cone beam computed tomography. *Semin Orthod* 2009;15:2-13.
26. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75-80.
27. Carter L, Farman AG, Geist J, Scarfe WC, Angelopoulos C, Nair MK, Hildebolt CF, 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* 2008;106:561-2.
28. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:229-34.
29. 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 Radial Endod* 2003;96:508-13.
30. Danforth RX, Clark DE. Effective dose from radiation absorbed during a panoramic examination with a new generation machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radial Endod* 2000;89:236-43.
31. Gibbs SJ. Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radial Endod* 2000;90:538-45.
32. Mah J, Hatcher D. Current status and future needs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003;6:10-6.
33. Macleod I, Heath N. Cone-beam computed tomography (CBCT) in dental practice. *Dent Update* 2008;35:590-4.
34. Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, Miller A. A three dimensional evaluation of the upper



- airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res* 2003;1:173-5.
35. Hamada Y, Kondoh T, Noguchi K, Iino M, Isono H, Ishii H, Mishima A, Kobayashi K, Seto K. Application of limited cone beam computed tomography to clinical assessment of alveolar bone grafting: a preliminary report. *Cleft Palate Craniofac J* 2005;42:128-37.
 36. Balto K, Müller R, Carrington DC, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res* 2000;79:35-40.
 37. Heiland M, Pohlenz P, Blessmann M, Habermann CR, Oesterhelweg L, Begemann PC, Schmidgunst C, Blake FA, 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* 2007;104:814-820.
 38. Gökalp H, Türkkahraman H, Bzeizi N. Correlation between eminence steepness and condyle disc movements in temporomandibular joints with internal derangements on magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod* 2001;23:579-84.
 39. Nance R, Tyndall D, Levin LG, Trope M. Identification of root canals in molars by tuned-aperture computed tomography. *Int Endod J* 2000;33:392-96.
 40. Tasaki MM, Westesson PL. Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology* 1993;186:723-9.
 41. Laurel KA, Tootle R, Cunnigham R, Beltran MD, Simon D. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint. Part 1: Literature review. *J Prosthet Dent* 1987;58:83-9.
 42. Pieshlinger E, Schimmer S, Celar A, Crowley C, Imhof H. Comparison of magnetic resonance tomography with axiography in diagnosis of temporomandibular joint disorders. *Int Oral Maxillofac Surg* 1995;24:13-9.
 43. Larheirn TA. Current trends temporomandibular joint imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;80:555-76.
 44. Sadowsky PL, Bernreuter W, Lakshminarayanan AV, Kenney P. Orthodontic appliances and magnetic resonance imaging of the brain and temporomandibular joint. *Angle Orthod* 1988;58:9-20.
 45. Cardillo J, Sid-Ahmed MA. An imaging processing system for locating craniofacial landmarks. *IEEE Trans Med Imaging* 1994;12:275-89.
 46. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971;60:111-27.
 47. Hill A, Taylor CJ, Brett LD. A framework for automatic landmark identification using a new method of nonrigid correspondence. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 2000;22:241-51.
 48. Kochel J, Meyer-Marcotty P, Strnad F, Kochel M, Stellzig-Eisenhauer A. 3D soft tissue analysis. Part 1: sagittal parameters. *J Orofac Orthop* 2010;71:40-52.
 49. Plooiij JM, Swennen GRJ, Rangel FA, Maal TJJ, Schutyser FAC, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM, Berge SJ. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:267-73.
 50. Adams GL, Gansky SA, Miller AJ, Harrell WE Jr, Hatcher DC. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:395-6.
 51. Levy-Mandel AD, Venetsanopoulos AN, Tsotsos JK. Knowledge-based landmarking of cephalograms. *Comput Biomed Res* 1986;19:282-309.
 52. Macri V, Athansious AE. Sources of error in lateral cephalometry. In Athanasious AE, editor: *Orthodontic cephalometry*, London, 1997, Mosby-Wolfe.
 53. James M, Rohit S. Computer-assisted orthodontic treatment: The SureSmile process. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:85-7.