

ORTODONTİDE KAYIT: RADYOGRAFİ VE MODEL REGISTRATION IN ORTHODONTICS : RADIOGRAPHY AND MODEL

Dt. Hakkı YILMAZ*

Yrd. Doç. Dr. Fundagül BİLGİÇ*

Yrd. Doç. Dr. Özlem AKINCI SÖZER*

Yrd. Doç. Dr. Eyüp Burak KÜÇÜK*

Makale Kodu/Article code: 2381

Makale Gönderilme tarihi: 19.08.2015

Kabul Tarihi: 07.01.2016

ÖZ

Ortodontide hastaların tedavisine başlanmadan önce mevcut maloklüzyonun tanımlanması, doğru teşhisin konulması, uygun tedavi protokolünün belirlenmesi ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde, tam ve doğru bir kayıt alınması önemli yer tutar. Radyografik görüntüleme teknikleri ve hastalardan elde edilen modeller, kayıt protokolünde önemli yer tutmaktadır. Bu çalışmanın amacı güncel radyografi ve modelleme teknikleri hakkında bilgi vermektir.

Anahtar Kelimeler: Ortodonti; Radyografi; Model

ABSTRACT

It is important to obtain accurate and correct record for identification of the existing malocclusion before starting the treatment of patients in orthodontics, to set the correct diagnosis, to determine the appropriate treatment protocol and in the evaluation of treatment outcomes. Radiographic imaging techniques and models derived from the patient have an important place in the recording protocol. Purpose of this study is to provide information on current radiography and modeling techniques.

Key Words: Orthodontics; Radiography; Model

RADYOGRAFİ

Kranio-fasial bölgenin görüntüleri ortodontik tedavi gören hastaların kaydının çok önemli bir bölümünü oluşturur. Anatomik yapının doğru olarak tekrarlanabilmesi ya da tanımlanabilmesi, ortodontik kayıtlarda ulaşılmaya çalışılan altın standarttır. Anatomik olarak doğruluk ise 3 boyutlu anatominin canlıda statik ve fonksiyon halinde bulunduğu gibi aktarılabilmesidir.

Görüntüleme aygıtları, artikülatörler, çenelerin incelenmesi ve fonksiyonel analizler gibi birçok yöntem anatomik olarak doğruyu gösterebilmek için ortodontik kayıt amaçlı kullanılırlar. Görüntüleme yöntemi, kranio-fasial bölgenin yapısının ölçümü ve kaydı için ortodontistler tarafından en çok kullanılan araçlardan biridir. Geleneksel olarak, ortodontistler arasında, anatomik yapının o anki durumunun kayıt altına alınmasında tercih edilirler. Teknolojik olarak birçok görüntüleme tekniği olmasına rağmen şu an pratikte kullanılan görüntüleme tipi ve standartları, hastaların yararına, ekonomik duruma ve mevcut risklere göre

belirlenmektedir. Bu değerlendirmelerden dolayı ortodontistler kranio-fasial bölgenin 3 boyutlu anatomisinin kaydı için rutin olarak bir dizi 2 boyutlu statik görüntüleme teknikleri kullanırlar. Belirli bölgelerin anatomisinin görüntülenebilmesi için; diş ve çene bölgesinde periapikal ve panoramik röntgenler ve fotoğraflar, temporomandibuler eklem bölgesinde tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme, fasial iskelet için sefalometrik radyografiler örnek gösterilebilir.¹

GÖRÜNTÜLEME AMAÇLARI VE STRATEJİLERİ

Genel Görüntüleme Amaçları

Anatomik özelliklerin belirlenmesi ve morfolojik ölçümler genel olarak ortodontik görüntülemenin amaçları arasındadır. Anatomik özellikler ise normal veya anormal anatomiyi belirleyen ortodontik noktaları ve anatomik tanımlayıcıları içerir. İdeal görüntüleme aracında bilgi kalitesi, riskler, maliyet ve kullanma kolaylığı dengelenmiştir. Bir görüntüleme protokolü değerlendirilirken aşağıdaki görüntüleme hedefleri dikkate alınmalıdır:

*Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD



- 1) İlgilenilen bölgenin bütünü görüntülenmelidir.
- 2) Bölge en az iki düzlemde ve doğru açılarla görüntülenmelidir.
- 3) İmaj maksimum detay, minimum bozulma ve süperpozisyonla elde edilmelidir.
- 4) Görüntünün diagnostik değeri, maliyeti ve elde edilme sırasındaki riskleriyle dengeli olmalıdır.²

Klinik Olarak Belirlenen Görüntüleme Amaçları

Genel olarak kraniyo-fasiyal görüntülemenin amacı spesifik klinik problemlerin çözülmesine yardımcı olmaktır. Kraniyo-fasiyal görüntüleme aşağıdaki maddeleri birbirinden bağımsız olarak yorumlamak veya bu maddelerden elde edilen bilgilerle kraniyo-fasiyal diyagnoz, büyüme ve tedavi arasındaki kompleks ilişkiyi açıklamak için kullanılır.

- 1) Normal anatomi ve anormal anatomi tanımlamak.
- 2) Kök uzunluğu ve hizalanmasını belirlemek.
- 3) Dişleri içinde bulunduran alveolar ve kortikal kemik sınırlarını ve dişlerin kemiğe göre angulasyonlarını belirlemek.
- 4) Gerekli diş boşluğu ve çene boyutları arasındaki ilişkiyi belirlemek.
- 5) Maksillo-mandibular ilişkiyi belirlemek.
- 6) Temporo-mandibular eklem durumunu belirlemek.
- 7) Geçmişteki, şu andaki ve beklenen kraniyo-fasiyal büyüme miktarı ve yönünü belirlemek.
- 8) Tedavinin kraniyo-fasiyal anatomiye etkisini belirlemek.
- 9) Süpernumere dişleri ve etkilenmiş dişleri belirleyip lokalize etmek.²

Geleneksel Kranio-Fasiyal Görüntüleme

Yöntemleri

Sert Doku Görüntüleme

1. Sefalometrik radyografi: Sefalometri ya da başın ölçümü, kafatasının şekli ve boyutlarının ölçülmesi için geliştirilmiş antropolojik bir tekniktir (Şekil 1). Sefalometrik radyografi büyüme ve morfolojinin tanımlanması, anomalilerin tespiti, gelecekte hastanın durumu ile ilgili tahminler, tedavi planı ve tedavi sonuçlarının değerlendirildiği çok önemli bir klinik araçtır.³ Kranial ve dental yapılar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesine izin veren en pratik metod olması sefalometrinin dayanak noktasını oluşturur. Sefalometrik filmin 3 boyutlu olarak detay gösterme becerisi eleştirilse de, bilgisayarlı tomografi de dahil olmak üzere diğer görüntüleme yöntemleriyle

karşılaştırıldığında nispeten daha yüksek çözünürlük sunmaktadır. Kemik anatomisindeki detaylar açık bir şekilde görülürken, 0.1 mm'den daha küçük yapılar ayırt edilebilirler.⁴ Lateral sefalogramlar iskeletsel yapı, dental yapı, yumuşak doku morfolojisi ve bunlar arasındaki ilişkiler ile ilgili bilgiler sunarken dental ve iskeletsel anomalilerin değerlendirilmesi için öncelikli olarak posteroanterior sefalogramlar kullanılır. Posteroanterior filmler, sefalometrik filmler ile aynı eksiklikleri içermekte olup, alet kullanımına bağlı olarak başın 3 boyutlu pozisyonlandırılmasıyla ilgili önemli kısıtlamaları da vardır.⁵



Şekil 1. Sefalometrik radyografi

Sefalometrik filmlerde internal ve external yönlendirmeye ve buna bağlı olarak meydana gelen diğer hatalar aşağıdaki gibidir:

- a) İnternal yönlendirme hataları: Bu tür hatalar hastanın merkez x-ray ışınıyla veya görüntüleme cihazıyla 3 boyutlu ilişkisine bağlıdır. Başın spesifik ve uygun pozisyonlarında da bu tip hataların meydana gelebileceğini kabul etmek gerekir. Çünkü başın pozisyonu her zaman doğru değildir.
- b) External yönlendirme hataları: Bu tür hatalar görüntüleme cihazının konumlandırılması ve hizalanmasıyla, hasta stabilizasyon aletiyle ve görüntü kayıt cihazıyla ilgilidir. Işın kaynağı sefalostatın ortasına 60 inç uzaklıkta, merkezi ışın kulak çubuklarından geçecek şekilde, ışın yer düzlemine paralel ve film düzlemine dik olduğunda sefalometrik filmde minimum hata beklenir.
- c) Geometrik hatalar: Kayıt cihazı, görüntüleme cihazı ve 3 boyutlu obje arasındaki mesafelerden kaynaklanan, görüntüde oluşan farklı magnifikasyon değerleri ile ilgilidir.
- d) Noktaların belirlenmesi: Bir noktanın, iki veya daha fazla görüntüde, görüntülerden elde edilen diğer

noktalardan ayırt edilip tespit edilmesi zordur. İki veya daha fazla görüntüde belirli bir noktanın tespit edilmesi, görüntüler arasındaki sapmanın miktarına bağlı olarak zorlaşmaktadır.⁵

Bir araştırma aracı olarak sefalometrik filmler ortodonti çalışmalarında geniş çaplı kullanım alanına sahiptir. Sefalometri, bireysel veya örnek popülasyondaki; normal ve anormal anatomiye ayırt etmek, tedavi görmüş ve görmemiş popülasyonu karşılaştırmak, homojen ile karma popülasyonu ayırtmak ve zamanla meydana gelen paternsel değişikliklerinin incelenmesi gibi kraniyo-fasiyal parametrelerin ölçülmesinde kullanılır.⁶

1) Panoramik radyografi: Panoramik radyografi, diagnostik amaçla da kullanılan değerli bir görüntüleme aracıdır. Panoramik radyografiler, mandibular simetri, sürmüş, kaybedilmiş ve süpernumere dişler, dental yaş, erupsiyon durumu, kısıtlı da olsa periodontal hastalıklar, sinüsler, kök paralelliği ve temporomandibular eklem ile ilgili bilgiler sunar (Şekil 2). Panoramik radyografiler ayrıca patolojik durumları veya normalden farklı durumları da ortaya çıkarabilir.

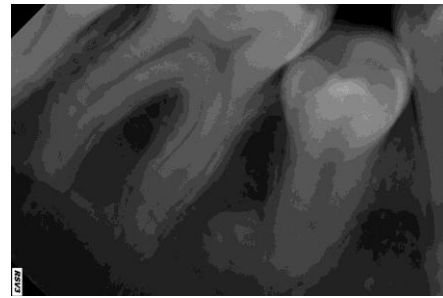


Şekil 2. Panoramik radyografi

Fakat panoramik radyografi ile elde edilen görüntünün boyutu, lokasyonu ve formunun doğruluğu ve güvenilirliğine bağlı birçok kusura da sahip olduğu belirtilmelidir. Bu tür tutarsızlıklar panoramik radyografinin jenerik çene formuna ve boyutuna uygun bir fokal spot veya odaklanma bölgesi oluşturularak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Panoramik radyografi ile en iyi görüntü, görüntülenmek istenen anatomik bölge bu jenerik çene bölgesine geldiği zaman elde edilmektedir. Bu fokal bölgeden herhangi bir sapma sonucunda imaj boyut, lokasyon ve şekil olarak esas objeyle farklılıklar göstermektedir.⁵ Ek olarak anatomik yapı ile fokal boşluk arasında çakışma olduğunda, horizontal ve vertikal ışınlardaki varyasyonlara göre anatomik yapının yanlış anlaşılmasına yol açabilir. Bu duruma örnek olarak panoramik röntgende dişlerin mesio-distal angulasyonlarının ölçülmesi veya bitişik

köklerin hizalanmasının değerlendirilmesi verilebilir. Kök hizalanmasında yanlış değerlendirilme ihtimali bulunan bölgeler ise her iki arka da kanin ve 1. premolar bölgesi ile mandibular kanin ve komşu lateral keserler bölgesidir.⁷

2) Periapikal radyografi: Periapikal radyografi serisi bitewing ve periapikal projeksiyonlardan oluşmaktadır. Bu seri radyografilerin ortodontide kullanılan diğer radyografi teknikleriyle karşılaştırıldığında rutin kullanımı tartışmalıdır. Fiyat-yarar ilişkisi, alınacak radyasyon miktarı, diyagnostik değeri ve dökümantasyon için gereksinimi, değerlendirilmesi gereken konulardır. İyonize radyasyonun potansiyel riskleri nedeniyle bu yöntemin vakaya göre kullanımı önerilmektedir.⁶ Bu radyografilerin birçok endikasyonu vardır, özellikle yetişkin hastalarda periodontal durumu, kök morfolojisini ve uzunluğunu değerlendirmek için kullanılır. Fakat birçok vakada sınırlandırılmış seri radyografi akıllıca bir seçim olmaktadır. En uygun zamanın, serinin seçilmesi ve periapikal ve bite-wing radyografilerin paylaşılması için genel diş hekimleriyle iletişim önerilebilir. Ortodontik açıdan bakıldığında bu radyografi tekniği birçok fayda sağlamaktadır. Bütün dental ve periodontal sağlığın değerlendirilmesi, kök uzunluğu, şekli ve formu, ankiloz ihtimaline karşı periodontal ligament boşluğunun değerlendirilmesi, sürmekte olan dişlerin durumunun değerlendirilmesi ve kök paralelliklerinin incelenmesi sağlanan faydalara örnek olarak verilebilir (Şekil 3).



Şekil 3. Periapikal radyografi

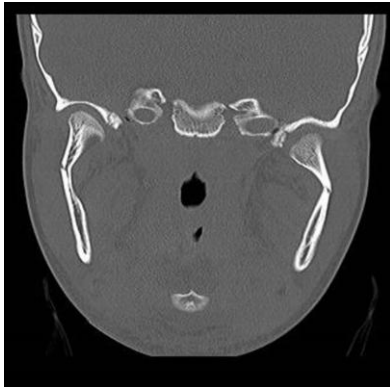
3) Tomografi / bilgisayarlı tomografi taramaları: Tomografi bir dokunun bir tabakasının görüntüsünü sunan görüntüleme tekniği için kullanılan genel bir ifadedir. Bu tabakalar veya düzlemler görüntülenmek istenen anatomik bölgeye göre ayarlanabilir. Temporomandibular eklem, maksilla ve mandibulanın çapraz kesitlerini kapsayan geniş maksillofasiyal

yapıların başarılı bir şekilde görüntülenmesi bu yöntemi arzu edilen bir teknik haline getirmiştir.⁸

4) Temporomandibular eklem düzeltilmiş tomografisi: Aksiyel olarak düzeltilmiş bilgisayarlı tomografi, çene eklemine sert dokusunun değerlendirilmesi ve ağız açık ve kapalı iken kondil-fossa ilişkisinin değerlendirilmesi için kullanılır. Aksiyel olarak düzeltilmiş temporomandibular eklem tomografisi kondilin medio-lateral uzun aksına paralel veya dik imaj tabakaları elde edebilmek için tomografik ışının kondilin medio-lateral aksıyla hizalanması ile ilgilidir. Sagittal tomografi ile kondilin latero-superiorunu ve medio-superiorunu görüntülemek, merkezin üçte ikisini görüntülemekten daha zordur, dolayısıyla bu yüzlerinin görüntülenmesi tavsiye edilir.⁵ Bu tekniğin kullanımı, 2 boyutlu görüntü vermesi ve diski görüntüleyememesi nedeniyle kısıtlıdır.

Yumuşak Doku Görüntüleme

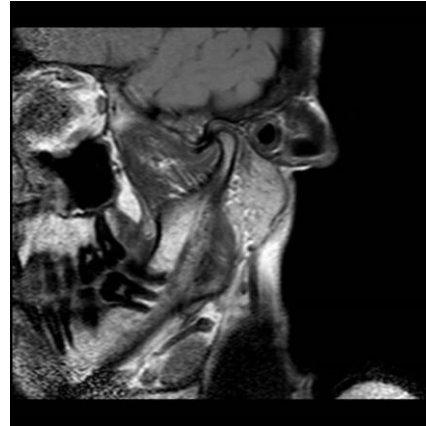
1) Temporomandibular eklem düzeltilmiş tomografisi: Bilgisayarlı tomografi (BT) geleneksel tomografiden, görüntü üretimi için bilgisayar yardımı alınmasıyla ve depolanmış bilgisayarlı tomografi dilimlerinin 3 boyutlu görüntü sunumuna izin vermesiyle ayrılır. BT, geleneksel tomografiden daha iyi olsa da, elverişli yumuşak doku kontrastı elde edilmesinde aynı derecede başarılı değildir. Çünkü BT sert dokuların görüntülenmesi için dizayn edilip ayarlanmıştır (Şekil 4). BT'nin ayarlarına ve görüntüleme yazılımına bağlı olarak cilt yüzeyi gibi bazı yumuşak dokular görüntülenebilir. Eğer birincil amacımız yumuşak doku görüntülenmesi ise diğer görüntüleme tekniklerinin kullanılması daha uygun olacaktır.⁷



Şekil 4. Temporomandibular eklem bilgisayarlı tomografisi

2) Manyetik rezonans görüntüleme (MRG):

Temporomandibular eklem (TME) içindeki ve çevresindeki yumuşak dokuların görüntülenmesinde, TME'nin fonksiyonunun ve biyolojisinin incelenmesinde manyetik rezonans görüntüleme karşımıza çıkmaktadır (Şekil 5). BT taramaları ve tomogramlar gibi x-ray tabanlı görüntüleme tekniklerinin intraartiküler yumuşak dokuları uygun bir şekilde gösterememesi, bu alanda MRG tekniğini ön plana çıkarmaktadır. MRG, artiküler disk ile ilgili görüntü elde edilmesinde, adezyon varlığında, perforasyonlarda veya eklem içi yıkamada tercih edilmektedir. MRG'nın, görüntüyü iyonize radyasyon kullanmadan oluşturması, ağrı olmaması ve doku distorsiyonlarının olmaması gibi avantajları vardır. Fakat sınırlı erişim ve maliyet gibi problemler nedeniyle ortodontik tedavilerde kullanımı yaygın değildir.⁹



Şekil 5. Temporomandibular eklem MR ile görüntülenmesi

3) Artrografi: Artrografi, iyonize kontrast ajanın eklem içine uygulanması esasına dayanan bir görüntüleme yöntemidir. Kontrast madde floroskopik rehberlikle transkutanöz yerleştirilir. Artrografi disk pozisyonunun anlaşılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Fakat son yıllarda MRG, TME'den alınan artrogramların sayısını azaltmıştır. Artrografi dinamik görüntülemede, süperior ve inferior eklem bölümleri arasındaki perforasyon ve adezyonların tespitinde MRG'dan üstündür, fakat radyasyon dozajı, TME'ye perkutanöz enjeksiyon ve alerjik reaksiyon gibi hasta ile ilgili riskleri vardır. Birçok hastada artrogram ile artrosentez denen serum fizyolojik ve kortizon enjeksiyonu ile lubrikasyon yapılarak terapötik etki elde edilmektedir.¹⁰

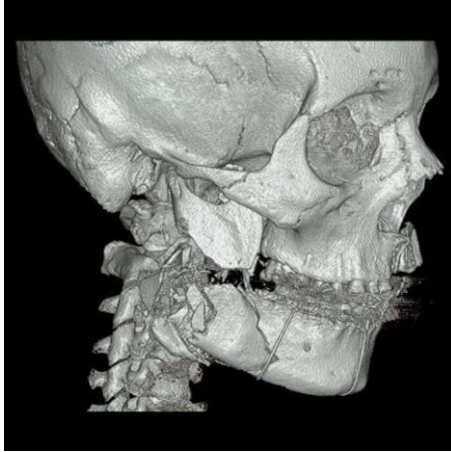
GÜNCEL VE GELİŞTİRİLMİŞ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ

Dijital Görüntüleme

Farklı birçok görüntüleme tekniği kraniyofasiyal görüntüleme ile varlığını sürdürmektedir. Yüz, iskelet ve kaslar gibi özel dokuları görüntülemek için farklı teknolojiler dizayn edilmektedir. Bu teknikler; manyetik rezonans, ultrason, görünür ışık ve lazer'in kullanımı ile non-invaziv veya radyasyonun kullanımı ile invaziv olabilir. Ortodonti uzmanları tarafından önceden beri kullanılan dijital görüntüleme teknikleri; fotoğraflar, panoramik, sefalometrik ve periapikal filmlerdir. Film tabanlı görüntülemenin dijital görüntüleme ile yer değiştirmesiyle üretkenliği arttırma, kaliteyi geliştirme, x-ray dozunu azaltma ve düzenleme yükünü azaltma potansiyeli oluşmuştur.¹¹

Volümetrik görüntüleme

Volümetrik görüntüleme, bilgi derinliği, uzunluğu ve genişliği içerdiği için 3 boyutlu görüntüleme ile aynı anlama gelmektedir. Bu alanda BT ve cone beam computed tomography (CBCT) ve MRG teknolojileri bulunmaktadır (Şekil 6).^{7,9}



Şekil 6. Bilgisayarlı tomografi ile 3 boyutlu görüntüleme

Bilgisayarlı tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi incelemeleri, kullanılır durumdaki en değerli medikal görüntüleme tekniklerinden birisidir. Bilgisayarlı tomografi kullanımı, 1983 ile 1995 arasında, 5.5 milyon kişiden, 20 milyon kişiye yükselmiştir. BT incelemeleri 1991'de bütün radyografik incelemelerin % 2'sini oluştururken, 2001'de tamamının % 10-15'ini oluşturuyordu. BT teknolojisindeki bütün gelişmelere rağmen radyasyon dozu miktarı esasen değişmedi.¹¹ Bu nedenden ve

buna bağlı maliyetinden dolayı geleneksel BT'ye erişim ve BT inceleme çalışmaları düşük seviyede kalmış, BT kullanımı primer kraniyofasiyal anomaliler ve kapsamlı tedavilerle sınırlı kalmıştır. Fakat bu durum diş hekimliği için cone beam CT'lerin gelişmesine yol açmıştır.⁷

CBCT

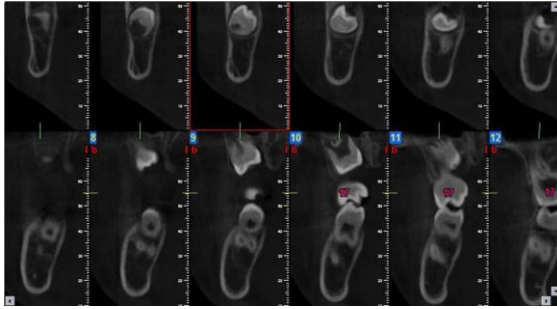
CBCT'leri klasik bilgisayarlı tomograflardan ayıran 2 temel özellik vardır. Bunlar; görüntü kaynağı ve dedektör kompleksi ile datanın elde edilme yöntemidir. X-ray kaynağı CT için yüksek çıkışlı dönen anod jeneratör iken CBCT'lerde ise dental panoramik makinalarda kullanılan düşük enerjili sabit anot tüp kullanılmaktadır. BT'lerde hastanın etrafında 360 derece dönen 3 boyutlu imaj dedektöründe imajı kaydedebilmek için fan tipi x-ray ışını kullanılır. CBCT'lerde ise özel kuvvetlendiricili ve 3 boyutlu sensör veya şekilsiz silikon tabakada görüntü elde etmek için konik biçimli x-ray ışını kullanılır (Şekil 7).¹²⁻¹⁴



Şekil 7. Cone beam bilgisayarlı tomografi ile 3 boyutlu görüntüleme

Geleneksel bilgisayarlı tomografi cihazlarının görüntüleri, hastaları aksiyal düzlem dilimleri serisi şeklinde gösterir. Buna karşın CBCT panoramik radyografi ile benzer şekilde 1 veya 2 rotasyon taraması kullanır. Görüntü bilgisi bütün dental/maksillofasiyal bölgeden elde edilebileceği gibi ilgilenilen kısıtlı bir bölgeden de elde edilebilir (şekil 7). Bunlar için tarama zamanı 5 dakika ile 90 dakika arasında değişmektedir. Dozlar geleneksel dental radyografi incelemelerine benzer şekilde, 40-50 mSv değerlerine kadar düşebilmektedir.^{11,15,16} Karşılaştırmak istenirse panoramik incelemeler için efektif radyasyon dozu 2.9-9.6 mSv arasında değişmektedir.¹⁷ Tam ağız seri radyografilerde ise radyasyon dozu 33-84 mSv ve 14-100 mSv

arasında değişmektedir. İmplant yerleştirme amacıyla diş hekimliğinde kullanılan BT incelemelerinde incelenecek alana, dilim kalınlığına ve diğer değişkenlere bağlı olarak efektif doz 30-650 mSv arasında değişmektedir (Şekil 8).¹⁸ Dental görüntüleme için diğer gelişmeler ise çoklu imaj görüntülenebilmesi, çeşitli ölçüm analizleri ve bilgisayar programlarıyla oluşturulan hasta modelleri olmuştur. Bu gelişmeler hekime tedavi prosedürünü uygulamaya başlamadan önce, uzaysal düzlemde görüntüyü hekimin gözünde daha iyi canlandırma imkanı sağlamıştır.



Şekil 8. Cone beam bilgisayarlı tomografide kesitler

Biçimlendirilmiş ışık

Biçimlendirilmiş ışık sisteminin prensibi, bir modelin iz düşümünü, bir yüzey haritası elde etmek için değiştirilmiş ve 3 boyutlu bilgi olarak tanımlanan yüzey üzerinde oluşturmaktır. Çizgilerden, gridlerden (ızgaralardan), dairelerden, şeritlerden ve diğer şekillerden sekener, kullanılan şablondur. Bu basit sistem için Eyetric'ten bir örnek verecek olursak, bu sistem bir grid (ızgara) şablonu oluşturmak için 35 mm slayt projektörü ve imajların kaydı için sıradan bir kamera kullanmaktadır. Bu sistem imajı tek perspektiften veya kameranın bakış açısından taradığı için yüzün sağ ve sol görüntüleri ve frontal görünüşünü elde etmek için birkaç farklı görüntü alınmalıdır. Bu yöntemle kulaktan kulağa tam bir yüz modeli elde edilmek isteniyorsa değişik görünüşler 'stitching' denen işlemle birleştirilir ve model elde edilir.¹⁹

Lazer taramaları

3 boyutlu fasiyal görüntüleme için bir diğer popüler teknoloji ise lazerdir. Lazer tarayıcılarla detaylı modeller elde edilebilir fakat bu işlem sırasında (tarayıcı hastanın başının etrafında dönerken) hastanın durumunu koruması gerekmektedir. Bunun nedeni lazer sadece yüzey planı ile ilgili bilgi verip renk hakkında

bilgi vermemektedir. Bunun için lazer tarayıcı ile birlikte kayıt yapan bir renkli kamera kullanılmaktadır.²⁰

Stereofotogrametri

İnsanların görme süreciyle benzer şekilde stereofotogrametri görüş açısında 2 tane ayrılmış görüntü kullanılmaktadır. İnsan gözünden elde edilen görüntüler, derinliğiyle birlikte elde edilebilmesi için beyinde yorumlanır. Bu süreç, nokta stereogramlar kullanılarak yaklaşık 45 yıl önce tanımlanmıştır.²¹ Bu alandaki diğer gelişmeler stereo rekonstrüksiyon için algoritmayı içermektedir.²² Stereofotogrametrinin; kuru kafatası, yanık dudak-damak ve çizgisel/açısız yüz ölçümleri için kullanımı bildirilmiştir.²³⁻²⁶

MODEL

Ortodonti kliniklerinde genellikle aljnat ölçülerden elde edilen alçı modeller kullanılmaktadır. Dental modeller, ortodontistlerin teşhis ve tedavi planlamasında kullandığı vazgeçilmez araçlardan biridir. Ortodontist maloklüzyon sınıflamasını, anomali tespitini, tedavi hedef ve planlamasını dental modellerden faydalanarak elde eder. Modellerle; dişlerin morfolojisi, dişlerin arka göre pozisyonu ve malpozisyonun derecesi görülebilir, dental sınıflama belirlenebilir.²⁷ Ortodontik model ağız içi muayenede oklüzyon durumundaki alt ve üst dişler arasındaki tüberkül fissür ilişkisini, yanaklar nedeniyle görülemeyen 2. ve 3. molarların pozisyonunu ve ayrıca oklüzyonun iç taraftan da görülmesini de sağlar.²⁸ Ayrıca elde edilen kapanış kaydı ile arklar arası ilişki, overbite, overjet ve okluzal kontakların da değerlendirmesi yapılır.²⁷ Çalışma modelleri tedavi planlamasında kullanılan en önemli kayıt aracı olarak kabul edilebilir.

ORTODONTİK MODEL YAPIMI

Ortodontik model, teşhis ve tedavi planlamasında, meslektaşlar arası bilgi alışverişinde çok kullanılan bir araç olduğundan ve de birçok bilimsel yayında model fotoğrafları da kullanıldığı için önem kazanmaktadır.

Ortodontik model için ölçü alırken, vestibül derinlik modelde görülecek şekilde ölçü alınmalıdır. Bu nedenle ölçü kaşığının kısa kenarları yumuşak mum ile uzatılabilir. Ölçü alındıktan sonra beyaz sert alçı dökülür ve model trimmer denilen alçı kesme makinesiyle kenarları düzeltilir. Alçı kesme makinesinin kaba ve ince grenli cilalama diski olmalıdır. Ayrıca alçı kesiminin açısını, uzunluğunu, genişliğini ve yüksekliğini gösteren

düzenekler de bulunmalıdır.²⁸

Ortodontik Model Kesimi

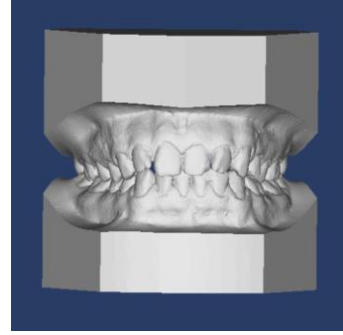
- 1) İlk olarak alt çene modelinin alt yüzeyi, oklüzal düzleme paralel olarak kesilir. Bu kesimle alt model yüksekliği 35 mm olacak şekilde ayarlanır.
- 2) Alt ve üst modeller arasına mum yerleştirilip hastanın kapanışı elde edildikten sonra oklüzyon halindeki alt ve üst modelin arka yüzeyi, oklüzyon düzlemine ve raphe palatina mediana'ya dik olacak şekilde kesilir.
- 3) İkinci kesimde oklüzyon durumunda kesilmiş olan alt ve üst modelin arka yüzeyi kesme makinasının yatay düzlemine konur ve üst modelin üst kısmı alt modelin alt tarafına paralel olacak şekilde kesilir. Kesim sonunda alt ve üst modellerin toplam yüksekliği 70 mm olmalıdır.
- 4) Oklüzyon halindeki alt ve üst modelin alt veya üst kısmı makinanın yatay düzlemine konularak alt ve üst modellerin arka sağ ve sol köşeleri kesilir. Kesim modelin arka yüzeyi ile 115 derecelik açı oluşturacak biçimde yapılmalıdır.
- 5) Oklüzyon halindeki alt ve üst modelin yan yüzeyleri kesilir. Alt veya üst modelin, alt veya üst kısmı makinanın yatay düzlemine konularak modelin arka yüzeyi ile 70 derece açı oluşturacak şekilde kesilir. Bu kesimde tedavi öncesi ve tedavi sonrası elde edilen modellerin aynı genişlikte olmasına dikkat edilmelidir.
- 6) Üst model kadesi alt modelden ayrı olarak makinanın yatay düzlemine konularak üst modelin ön sağ ve sol kenarları kesilir. Kesim, modelin arka yüzeyi ile 30 derece açı yapacak şekilde yapılır.
- 7) Alt model kavsi üst modelden ayrı iken makinanın yatay düzlemine konularak ön tarafı bir kavis oluşturacak şekilde kesilir.²⁸

ORTODONTİDE DİJİTAL MODELLER

Dental modellerin dijitalizasyonu ortodonti pratiğine çok önemli katkılar sağlamıştır. Bu modeller ağız içinin direkt ya da alınan ölçünün taranması ile indirekt olarak elde edilebilir. Elde edilen dijital bilgi, 2 boyutlu bilgisayar ekranında görüntülenebilen 3 boyutlu modele dönüştürülür (şekil 9). Bu metodu alçı modellerle kıyasladığımızda verim açısından daha faydalı olduğu görülür. Alçı modele göre kullanımının daha kolay olması, fiziksel hasar riski olmadığı için daha uzun ömürlü olması, saklama açısından fiziksel olarak yer ihtiyacını azaltması, bu yöntemi klasik yöntemle

göre daha avantajlı kılmaktadır.²⁹

Dijital modeller ortodontistler tarafından genelde diagnostik amaçla kullanılmaktadır. Fakat genel eğilim, özellikle daha kompleks problemlerle karşılaşıldığında dijital modellerin alçı modellerle desteklenmesi yönündedir. Alçı modellerin formlarının daha anlaşılır olması ve bu yüzden meslektaşlarla direkt iletişimde daha pratik olması dijital modellere göre daha fazla tercih edilmesine neden olmaktadır. Bunun yanında aparey yapımı için de hala alçı modellere ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 9. Dijital modeller

Dijital modeller geleneksel olarak aljinat ölçüden elde edilen modellerdir. Rapid prototyping (hızlı model üretimi) diye adlandırılan üretim süreci ile dijital modellerin 3 boyutlu bilgilerinden de elde edilebilirler. Materyal tabakasının eklenerek model üretim sürecinin gerçekleştirildiği bu teknikte bilgisayara dayalı çeşitli programların vasıtasıyla 3 boyutlu dijital bilgilerden fiziki modeller elde edilir.^{30,31} Bu teknikte yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu yüzey modelleri ilk önce ".stl" dosyasına dönüştürülür ve daha sonra hızlı model üretimi teknikleriyle fiziki modeller elde edilir. Bu tekniklere örnek olarak digital light processing, jetted photopolymer ve 3D printing verilebilir.³² Alçı modellerin çift sensörlü laser tarayıcı ile taranıp bu tekniklerle modellerin elde edildiği, dişlerin kron boyu yükseklikleri ve mesio-distal çaplarının alçı model ile karşılaştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Bu tekniklerden jetted photopolymer ile yapılan çalışmada klinik kron boyu ölçümü ve dişlerin mesio-distal boylarının ölçümü, alçı modelleriyle karşılaştırıldığında uyumlu bulunmuştur. Digital light processing ile alçı model karşılaştırıldığında yine klinik kron boyu ve dişlerin mesio-distal çapları arasında yüksek oranda uyum görülmüştür. Fakat 3D printing yöntemiyle elde edilen modellerde, sadece dişlerin

mesio-distal ölçümlerinde klasik alçı model ile uyum görülmüştür.³³ Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi bu tekniklerle elde edilen dijital modeller alçı modellerle karşılaştırıldığında, çizgisel ölçümlerde yüksek derecede uyum elde edilmiştir. Bu nedenle dijital modeller klasik alçı modellere alternatif olarak tavsiye edilebilir.³²

SONUÇ

Günümüzde ortodontik tedavi planlamalarında ve arşivlemede rutin olarak kullanılmaya devam eden geleneksel radyografi yöntemleri ile alçı model tekniklerinin yanısıra dijital tekniklerde ortaya çıkan yenilikler, tanı ve tedavi planlamasında daha doğru ve güvenilir veriler elde etmemize olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- 1.Keser Eİ, Kocadereli İ. Geçmişten Günümüze Ortodonti. Türk Ort Derg 2004;17:116-25.
2. Graber TM, Vanarsdall RL. Diagnosis and Treatment Planning in Orthodontics. Orthodontics-Current Principles and Techniques. 3. Edisiton. St Louis; Mosby: 2000. p.3-8.
3. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. Effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. Angle Orthod 2004;74,155-61.
4. McKee IW, Williamson PC, Lam EW, et al. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002; 121: 166-75.
5. Hatcher DC. NewTom 9000. AADMRT Newsletter. Summer 2002;2:16-7.
6. Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: Historical perspective, current status, and future developments. Angle Orthod 1999;69:491-506.
7. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol 1998; 8: 1558-64.
8. Carlsson GE. Error x-ray cephalometry. Odontol Tidskr 1967; 75: 99-123.
9. Conway W, Curtis WH, Campbell RL. Dynamic Magnetic Resonance Imaging of the Temporomandibular Joint Using Flash Sequences. J Oral Maxillofac Surg 1988;46:930-7.
10. Katzberg RW, Dolwick MF, Helms CA, Hopens T, Bales DJ, Coggs GC. Arthrotomography of the temporomandibular joint. AJR Am J Roentgenol 1980;134:995-1003.
11. Jackson PH, Dickson GC, Birnie DJ. Digital imaging processing of cephalometric radiographs: a preliminary report. Br J Orthod 1985;12:122-32.
12. Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:640.e1-5.
13. Pazera P, Bornstein MM, Pazera A, Sendi P, Katsaros C. Incidental maxillary sinus findings in orthodontic patients: a radiographic analysis using cone-beam computed tomography (CBCT). Orthod Craniofac Res 2011;14:17-24.
14. Armstrong C, Johnston C, Burden D, et al. Localizing ectopic maxillary canines: horizontal or vertical parallax? Eur J Orthod 2003; 25: 585-9.
15. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, et al. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96: 508-13.
16. Mankovich N, Samson D, Pratt W, et al. Surgical planning using three dimensional imaging and computer modeling. Otolaryngol Clin North Am 1994; 27: 875-89.
17. Dus I. Why the NewTom is not a CT scanner. Document report, Aperio, Inc, Vista, CA, Oct 2002.
18. Marcel T, Chew W, McNeill C, et al. Magnetic resonance spectroscopy of the human masseter muscle in nonbruxing and bruxing subjects. J Orofac Pain 1995; 2: 116-30.
19. Carlson CA. Imaging modalities in x-ray computerized tomography and in selected volume tomography. Phys Med Biol 1999;44:23-55.
20. Ciocca L, Scotti R. CAD-CAM Generated Ear Cast By Means of a Laser Scanner and Rp Machine. J Prosthet Dent 2004;92:591-5.
21. Adams GA. Comparison between traditional two-



- dimensional cephalometry and a three-dimensional approach. Master's thesis, University of California, San Francisco, June 2000.
22. Levy-Mendel AD, Venetsanopoulos AN, Tsotsos JK. Knowledge-based landmarking of cephalograms. *Comput Biomed Res* 1986;19:282-309.
 23. Arnot RN, Willetts RJ, Batten JR, et al. Investigation using an x-ray image intensifier and a TV camera for imaging transvers sections in humans. *Br J Radiol* 1984;57:47-55.
 24. Kärrholm J. Roentgen stereophotogrammetry. Review of orthopedic applications. *Acta Orthop Scand* 1989;60:491-503.
 25. Madanat R, Moritz N, Larsson S, Aro HT. RSA applications in monitoring of fracture healing in clinical trials. *Scand J Surg* 2006;95:119-27.
 26. Cardillo J, Sid-Ahmed MA. An imaging processing system for locating craniofacial landmarks. *IEEE Trans Med Imaging* 1994;12:275-89.
 27. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: an introduction. *Semin Orthod* 2004;10:226-38.
 28. Ülgen M. Ortodonti: Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı. 2. Baskı, Ankara; Ankara Üniversitesi Basımevi:2001. p.374-7.
 29. McGuinness NJ, Stephens CD. Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *Br J Orthod* 1992;19:227-32.
 30. Azari A, Nikzad S. The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review. *Rapid Prototyping J* 2009;15:216-25.
 31. Liu Q, Leu CL, Schmitt SM. Rapid prototyping in dentistry: technology and application. *Int J Adv Manuf Technol* 2006;29:317-35.
 32. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurementson digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2011;14:1-16.
 33. Hazeveld A, Slater JH, Ren Y. Accuracy and reproducibility of dental replica models reconstructed by different rapid prototyping techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2014;145:108-15.

Yazışma Adresi

Dr. Fundagül BİLGİÇ
Mustafa Kemal Üniversitesi,
Diş hekimliği Fakültesi,
Ortodonti A.B.D, 31100, Hatay, Türkiye.
Tlf. +90 03262291000
e-mail: fundagulbilgic@hotmail.com

