

## GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE ORTODONTİDE KRANİYOFASİYAL GÖRÜNTÜLEME

Elif İdil KESER\*

İlken KOCADERELİ\*\*

**ÖZET:** Kraniyofasiyal görüntüleme teknikleri ortodontide teşhis ve tedavi planlamasında büyük öneme sahiptir. Roentgen tarafından x-ışınının keşfi pek çok alanda olduğu gibi dişhekimliğinde de çığır açmıştır. Teknolojideki ilerlemelere bağlı olarak ortodonti alanında da teşhis yöntemleri ve tedavi planlaması gelişim göstermiştir. Basit radyograflarla başlayan kraniyofasiyal görüntüleme teknikleri günümüzde en küçük yapıların üç boyutlu rekonstrüksiyonunu sağlayacak düzeye gelmiştir. Bu derlemede ortodonti pratiğinde kraniyofasiyal görüntüleme yöntemlerinin gelişimi, günümüzde kullanılmakta olan görüntüleme yöntemlerinin kısıtlamaları ve teknolojideki ilerlemeye bağlı oluşan yenilikler tartışılmıştır. Görüntüleme yöntemlerinde meydana gelen gelişmeler ortodonti pratiğinde tanı ve tedavinin doğruluğunu arttıracaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kraniyofasiyal görüntüleme, sefalometri, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme

**ABSTRACT: HISTORICAL PERSPECTIVE AND CURRENT STATUS OF CRANIOFACIAL IMAGING IN ORTHODONTICS.**

Craniofacial imaging techniques is a very important aspect of orthodontic diagnosis and treatment planning. The discovery of x-rays by Roentgen revolutionized medicine and dentistry. Diagnostic methods and treatment planning has evolved due to the development in imaging techniques since then. In this review the evolution of craniofacial imaging in orthodontics, limitations of current methods and future developments are discussed. The advances in imaging are likely to enhance the accuracy and reliability of orthodontic diagnosis and treatment planning.

**Key Words:** Craniofacial imaging, cephalometrics, computerized tomography, magnetic resonance imaging

\* Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi.

\*\* Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

### GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE ORTODONTİDE KRANİYOFASİYAL GÖRÜNTÜLEME

Yıllar boyunca ortodontik teşhis ve tedavi planlaması, teknik ve mekanik desteklere dayanmıştır. Teknik destekler; görüntüleme, artikülatörler, ve fonksiyonel analizleri içermektedir. Tüm bu tekniklerin kullanımındaki amaç statik ve fonksiyon açısından anatomik doğruları tespit etmek, üç boyutlu anatomiyi göstermektir.

Görüntüleme yöntemleri kraniyofasiyal yapıların boyut ve formunun ölçülmesi ve kaydedilmesinde en sık kullanılan araçlardan birisidir. Görüntüleme geleneksel olarak, sınırlı ya da gruplanmış anatomik yapıların durumunu kaydetmek için kullanılmaktadır.

#### **Ortodontide görüntülemeye tarihsel bakış**

1895'te Wilhelm Konrad Roentgen x-ışını olarak adlandırdığı enerjiyi keşfetmiştir. Tarihte elde edilen ilk radyograf Roentgen'in eşi Bertha Roentgen'in el radyografıdır. Roentgen'e 1901'de fizik alanındaki ilk Nobel ödülünü kazandıran bu buluşu pekçok alanda olduğu gibi diş hekimliğinde de çığır açmıştır (1).

İlk dental radyograf X-ışınının bulunmasından yaklaşık bir yıl sonra, Temmuz 1896'da Dr. C. Edmund Kells tarafından alınmıştır. Ancak o yıllarda radyasyonun zararları bilinmediğinden Dr.Kells filmleri kendisi tutmuş ve bir süre sonra sağ elinde kanser başlamıştır. Yıllar içerisinde sağ omuzuna kadar tüm kolunu kaybetmiştir (2).

#### **X-ışını**

Hızlı hareket eden elektronlar metal bir objeye çarptıklarında x-ışını oluşmaktadır. Elektronun kinetik enerjisi elektromanyetik enerjiye dönüşmektedir. X-ışını cihazının fonksiyonu istenen kantite ve kalitede x-ışını demeti oluşturmak için yeterli yoğunlukta elektron akışını sağlamaktır. Diagnostik x-ışını cihazları pekçok farklı boyut ve tiptedir. Genellikle 25-150 kVp voltaj, ve 25-1200mA

akım ile çalışmaktadırlar. Terapötik amaçlı kullanılan x-ışını cihazlarında ise kullanılan akım 20mA'ı geçmemektedir (3).

Diş hekimliğinde kullanılan x-ışını cihazları X-ışını tüpü, transformer, soğutucu sistem ve filtrelerden oluşmaktadır. X-ışını oluşturulan 3 ana eleman mevcuttur: katod, anod ve elektrik kaynağı. Katod molibden odaklama aygıtı ile çevrelenmiş tungsten filamentten oluşmaktadır. Tungsten filament elektron kaynağıdır. Anod ise bakır bir yuva içerisine yerleştirilmiş tungsten bloktan oluşmaktadır. Tungsten blok hareket halindeki elektronları durdurarak kinetik enerjinin fotonları oluşturmasını sağlamaktadır. Elektronların kinetik enerjisinin %1'inden azı x-ışını fotonlarına dönüşmekte, kalan % 99'u ise ısıya dönüşmektedir. Tungsten bloğu çevreleyen bakır parça ısıyı x-ışını tüpünü çevreleyen yağ haznesine iletmektedir. Enerjinin %1'iyle oluşan x-ışınları radyografik görüntüyü oluşturmaktadır (4).

X-ışınının farklı açılardan, farklı yöntemler kullanılarak uygulanmasıyla değişik özelliklerde radyograflar elde edilmektedir.

Radyografik görüntü iki boyutlu olarak ölçülebilmekte, dolayısıyla kraniyofasiyal büyüme ve gelişimi detaylı olarak inceleme imkanı vermektedir. Radyografteki sert ve yumuşak dokuların görüntüsünden kafa yapılarıyla ilgili ölçümlerin yapılması işlemine "roentgenographic cephalometry" denilmiştir. Lateral kafa filmi elde etmek için oluşturulan "teleroentgenographic" teknik ilk olarak 1922'de Pacini tarafından uygulanmıştır (5). Bu yöntemle fokus-film mesafesi 2 m.ye çıkartılarak görüntü boyutu azaltılmış ancak uzun ekspoz süresine bağlı olarak kafanın hareket etmesiyle oluşan distorsiyonlar engellenememiştir. X-ışınının bulunmasından 36 yıl sonra, 1931'de Broadbent sefalostatın kullanıldığı standardize sefalometrik tekniği tanıtmıştır (5). Bu sistemde fokus-film mesafesi 152.4 cm.dir ve görüntü magnifikasyonunu hesaplayabilmek için obje-film mesafesi ölçülebilmektedir. Aynı horizontal düzlem üzerinde ve birbirine dik açıda yerleştirilen iki x-ışını tüpüyle aynı anda lateral ve posteroanterior görüntüler oluşturulabilmektedir. 1968'de Björk hastanın baş pozisyonunun TV ekranında izlenmesine olanak veren bir sefalostat ünitesi geliştirmiştir (5). Bu ünite stomatognatik sistemin fonksiyonlarının x-ışınıyla yapılan incelemesinin ekranda izlenmesini ve aynı zamanda video kasete kaydedilebilmesine imkan vermek-

tedir. 1988'de Solow ve Kreiborg tarafından geliştirilen multiprojektasyon aygıtı monitörde hastanın anterior ve lateral görüntüsüyle birlikte radyografik görüntüsünü aynı anda oluşturarak baş pozisyonunun daha iyi ayarlanabilmesini sağlamıştır. Özellikle infantlarda kullanılmak üzere röntgenosefalometrik cihazların geliştirilmesiyle kraniyofasiyal anomaliye sahip bebeklerin büyüme ve gelişimiyle ilgili yapılan çalışmalar açıklık kazanmıştır. 1977'de Kreiborg ve arkadaşlarının geliştirdiği aygıt bu ünitelere bir örnek teşkil etmektedir (5).

Lateral sefalometrik radyograf; dişler, kemikler, yumuşak dokular ve boşluklar arasındaki ilişkiyi hem horizontal hem de vertikal yönde değerlendirmeye olanak vermektedir. Lateral sefalogramın kullanımı ortodontiyi 3 önemli açıdan etkilemiştir (5):

1-Morfolojik analiz: Dentisyon, yüz iskeleti ve yumuşak doku profiline sagittal ve vertikal ilişkisinin değerlendirilmesi

2-Büyüme analizi: Farklı zaman aralıklarında alınan iki veya daha fazla sefalogramın karşılaştırılması

3-Tedavi analizi: Tedavi sırasında ve sonunda oluşan değişikliklerin değerlendirilmesi sağlanmıştır.(5)

Lateral sefalometri yumuşak dokular ve dento-osseo yapının ilişkisini değerlendirmede ve vertikal ve antero-posterior uyumsuzlukların derecesini ölçmede yardımcıdır.

Sefalogramların gerek klinik bir araç gerekse araştırma tekniği olarak büyüme ve tedavi değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmasına karşın bu uygulamanın geçerliliği sınırlı bulunmaktadır. Bunun nedenlerinden birincisi ve belki de en belirgin olanı konvansiyonel kafa filminin üç boyutlu objeyi iki boyutlu olarak sunmasıdır. Üç boyutlu bir obje iki boyutlu olarak sunulduğunda, yapılar film ya da kayıt düzlemine uzaklığı ile orantılı olarak vertikal ve horizontal olarak yer değiştirmektedir. İkincisi, sefalogramlar midsagittal düzlem civarında sağ ve sol tarafın mükemmel süperpozisyonuna dayanmakta, ancak fasiyal simetrisinin nadir olması ve sağ ve sol görüntülerin hareket etmesi nedeniyle bu duruma az rastlanmaktadır. Sağ ve sol taraftaki uyumsuzluklar, karniofasiyal anomalilerin ve fasiyal asimetrisinin net olarak değerlendirilmesi için uygun değildir. Üçüncüsü, görüntü elde edilmesi ile ilgili radyolojik projektasyon hatasıdır. Bu hatalar boyut magnifikasyonu ve distorsiyonu, hasta pozisyonundaki

hatalar, ve film-hasta-odak gibi projeksiyon distorsiyonudur. Dördüncüsü, manuel veri toplanmasının ve sefalometrik analizlerin güvenilirliğinin düşük olduğunun gösterilmesidir. Sonuç olarak, yapıların sınırlarının tam olarak belirlenememesi, keskin köşeler, gölgeler ve hasta pozisyonundaki varyasyonlar nedeniyle anatomik landmarkların lokasyonunda hatalar oluşmaktadır.

Bu kısıtlamalara karşın, iskeletsel varyasyonların ve dentofasiyal deformitelerin diağnozunda kullanılan pekçok sefalometrik analiz geliştirilmiştir. Bununla birlikte hala pekçok araştırmacı bu tip analizlerin bilimsel değerini sorgulamaktadır (6).

Vig, sefalometrik analizlerin diağnostik bir araç olarak güvenilirliğinin az olduğunu ve kullanılan analizlere bağımlı olarak aynı sefalogram üzerinde farklı sonuçların olabileceğini rapor etmiştir (7).

Hatcher, geleneksel sefalometride, eksternal ve internal oryantasyonu içeren ve geometri ile ilişkili olan hata kaynaklarını incelemiş ve kategorize etmiştir (6):

#### 1-İnternal oryantasyon hatası

Santral x-ışını ya da görüntüleme cihazı ile hasta arasındaki üç boyutlu ilişkidir. Baş pozisyonu spesifik ve birbirine uyduğu durumda oluşan hata minimumdur, bu her zaman mümkün olmadığından internal oryantasyon hatası oluşmaktadır.

#### 2-Eksternal oryantasyon hatası

Bu durum üç boyutlu uzaysal ilişki ya da görüntüleme cihazının yerleşimine, hasta stabilizasyon cihazına ve görüntü kayıt cihazına bağlıdır. X-ışını kaynağının sefalotattan 60 inch uzaklıkta, santral x-ışınının kulak çubukları (ear rod)'lardan geçtiği ve film yüzeyine dik olarak ulaştığı durumlarda minimum hata oluşmaktadır.

#### 3-Geometrik hata

Genellikle görüntüleme cihazı, kayıt cihazı ve obje arasındaki projeksiyon mesafesinin oluşturduğu farklı magnifikasyona bağlıdır. X-ışınının kaynağından diverjan bir şekilde çıkması anatomik yapıların daha büyük görünmesine neden olmaktadır.

#### 4-İlişki hatası

Farklı açılardan elde edilmiş iki ya da daha fazla projeksiyonun tanımlanmasındaki güçlüğü anlatmaktadır. Bu güçlük, projeksiyonlar arasındaki diverjan açılarının büyüklüğü ile orantılıdır (6).

Sefalometrinin limitlerine karşın, bu görüntüleme metoduna dayalı geniş sayıda ortodontik veri elde edilmiştir. Kraniofasiyal görüntüleme ya birbirinden bağımsız bilgilerin deşifresi için ya da aşağıda sunulmuş olan iki ya da daha fazla kategoride bilgi sentezini sağlamak için kullanılmaktadır.

- 1-Patoloji ve normalden sapmaların değerlendirilmesi
- 2-Farklı fasiyal tiplerin farklı olgunlaşma döneminde, değişik tedavi yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması
- 3-Büyüme yönü ve büyüklüğünün değerlendirilmesi
- 4-Büyümenin beklenen etkilerinden tedavi etkilerini ayırmak

İdeal görüntülemede amaç, arzu edilen bilgiyi maksimum, hastaya olan fizyolojik riski minimumda tutmaktır. İdeal görüntülemenin temeli, oryantasyon, boyut, form ve arzu edilen yapılar arasındaki ilişkilerin anatomik doğrularla tanımlanmasıdır. Bu, anatominin üç boyutlu düzlemde değerlendirilmesini gerektirir, üç boyutlu yapılar iki boyutlu koordinatlara dönüştürüldüğünde gerekli ve önemli bilgiler kaydedilmektedir.

Sefalometrik görüntüler önemli klinik bilgilerin elde edilmesinde kullanılmasına karşın ortodontik teşhis ve tedavi planlamasında diğer görüntüleme sistemleri de eşit derecede önemlidir. Bunlar; panoramik radyograflar, full ya da limitli periapikal radyograf serileri, el bilek radyografları, anteroposterior radyograflar, submental-vertex radyograflar ve çeşitli tipte TME görüntüleridir.

#### **Panoramik Radyograflar**

Panoramik filmler mandibuler asimetri, mevcut ve eksik dişler, supernumere dişler, genel kök paralelliği, dental yaş ve erüpsüyon sırası hakkında yararlı bilgiler sunduğu kadar periodontal sağlık, sinüsler ve TME hakkında da sınırlı bilgiler sağlamaktadır. Panoramik radyograflarda boyut, lokasyon ve oluşan görüntü formunun netliği ve güvenilirliği ile ilgili bazı problemler mevcuttur. Bu uyumsuzluklar panoramik filmin 'focal trough' ya da odak bölgesi oluşturması ile elde edilmesinden dolayıdır. Bunlara ek olarak panoramik filmler üzerinde yüzün gelişim yönüyle ilgili analizler geliştirilmiştir (6).

#### **Limitli ya da Full-Mouth Radyograflar**

Limitli ya da full-mouth seriler, bitewing ve periapikal radyografları içermektedir. Radyasyona maruz kalma,

diagnostik değer ve tıbbi dokümantasyonun ele alındığı zarar/yarar oranına dikkat edilmelidir. Özellikle periodontal durumun, kök morfolojisinin ve uzunluğunun erişkin hastalarda değerlendirilmesi gibi pek çok endikasyon mevcuttur.

### **El Bilek Radyografları**

Adölesan dönemdeki büyüme ortodontik tedavi şeklini ve sonuçlarını etkileyebilmektedir (8). Büyüme miktarını ve zamanını öngörebilme, tedavi için optimal zamanın planlanmasına ve ortopedik apareyler kullanarak büyümenin yönlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. El bilek radyograflarından elde edilen bilgiler ortognatik cerrahi öncesinde büyümenin tamamlanmış olmasını değerlendirmede de kullanılmaktadır. Ayrıca el bileğin iskeletsel büyümesinin boy artış hızının öngörülmesinde kullanılabilirdiği gösterilmiştir (8).

### **Anteroposterior Radyograflar**

İskeletsel ve dental ilişkilerin vertikal ve transvers boyutlarının frontal yönden değerlendirilmesini sağlamaktadır. İskeletsel ve dental asimetrisini ve anterior dişlerin, maksillanın, ve mandibulanın ve çene ucunun anatomik orta hatta göre incelenmesini sağlamaktadır. Ancak anteroposterior filmlerin sefalometri ile ilişkili diğer hatalara ek olarak üç boyutlu baş pozisyonunun varyasyonlarının internal oriyantasyonundan kaynaklanan önemli kısıtlamalar mevcuttur.

### **Submental-Vertex (Basiller) Radyograflar**

Transvers ve anteroposterior düzlemde mandibuler asimetrinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Simfizis, ramus ve kondilin asimetrisini belirlemede yardımcıdır. Asimetri vakalarının çoğunda bu görüntüleme yöntemi mandibuler displasman veya tüm mandibulanın rotasyonunu değerlendirmede önemlidir.

### **TME Görüntüleme Yöntemleri**

#### **TME Transkraniyal Projeksiyon**

TME transkraniyal radyograflar 1900'lerin başında kullanılmaya başlanmıştır, günümüzde de bu teknik yaygın olarak kullanılmaktadır. Pekçok diş hekimi tarafından kullanılmakta olan teknik Updegrave (9) tarafından geliştirilmiştir. Eklem lateral olarak değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır, bu durum her zaman ciddi kısıtlamalara neden olmamaktadır; çünkü osseoz dejeneratif değişikliklerin %50'si eklem lateralinde oluşmaktadır. Ayrıca

kondilin translasyon derecesi ve eklem boşlukları hakkında bilgi vermektedir. Bu projeksiyonun geometrisi superpozisyonlar dolayısıyla medial kondiler alanın izlenmesine imkan vermemektedir (9).

Transkraniyal filmlerin diagnostik yeterliliği klinik gözlemlere ve planlanmakta olan tedavi şekline göre değişiklik göstermektedir. Dejeneratif eklem rahatsızlıklarının tesbitinde bu yöntemin yeterli olacağı belirtilmiştir. Ancak geniş kapsamlı diağnoz ve tedavinin gerekli olduğu durumlarda diğer görüntüleme yöntemlerine de başvurulmalıdır.

#### **Transfaringeal Projeksiyon**

Bu yöntem transkraniyal tekniğe benzerdir. Esas kullanım alanı lateral açıdan kondilin kortikal sınırının değerlendirilmesidir (10).

#### **Transmaksiller Projeksiyon**

Kondilin koronal görüntüsü izlenmektedir.

#### **Transorbital Projeksiyon**

Ağız açıkken alınan transorbital projeksiyon lateral ve medial açıdan eminens ve kondilin artikülasyon yüzeylerini görüntülemektedir. Ayrıca kondil boynu da izlenmektedir (11).

Teknolojideki gelişmelere paralel olarak görüntüleme yöntemlerinde de ilerlemeler kaydedilmiş, daha net görüntülerin oluşturulabilmesi için yeni teknikler geliştirilmiştir.

#### **Xeroradyografi Tekniği**

Son yıllarda diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmış; ve faydaları pekçok otor tarafından tartışılmış olan bu yöntem 1939'da Chester Carlson (12) tarafından icad edilmiştir. Xeroradyografi ismi Yunanca "xeros: kuru" ve "graphin: yazmak" ve Latince "radius: ışın" kelimelerinden oluşmaktadır.

Xeroradyografi radyolojik görüntünün fotoelektrik işlemlerle oluşturulması işlemidir, konvansiyonel radyografide ise görüntü fotokimyasal olarak oluşturulmaktadır. Özellikle yumuşak doku ve ince yapıdaki kemiklerin net olarak görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Malignant hastalıkların diağnozunda, yumuşak dokudaki metal olmayan yabancı cisimlerin tesbitinde, ve özellikle mamografide kullanılmıştır. Bu yöntemin diş hekimliğinde uygulanması ve faydaları pekçok otor tarafından tartışılmıştır.

Xeroradyografik işlemin temel elemanı görüntü reseptörüdür. 150mm. partikül büyüklüğünde Selenyum kaplı, 2 mm. kalınlığındaki metal plaka üzerinde objenin elektrostatik görüntüsü oluşmaktadır.

Xeroradyografi elde edilmesinde kullanılan iki temel cihaz vardır; konditioner ve işlemci.

Konditioner görüntü reseptörünü hazırlamaktadır, işlemci ise elektrostatik latent görüntüyü kuru işleme görülebilir şekle getirmektedir.

Konditioner: Xerox plakalar depolama kutusunda muhafaza edilmektedir. İşlem başlatıldığında plakalardan biri relaksasyon fırınına gönderilmekte, burada ısıtılmakta ve residuel elektrostatik yük ortadan kaldırılmaktadır. Daha sonra depolama asansöründe oda sıcaklığına getirilmektedir.

Plaka soğutulduktan sonra yüzeyi uniform pozitif yüklerle kaplanmaktadır. Şarj işleminden sonra görüntü reseptörü kasetlenerek ışık alması önlenmektedir.

Görüntü reseptörü hazırlandıktan sonra 30 dakika içerisinde kullanılmalıdır. Eğer daha fazla bekletilirse yüzeyindeki pozitif yükler dağılmaya başlamakta ve netlik azalmaktadır. X-ışınının uygulanmasından sonra oluşan elektrostatik görüntünün izlenebilir hale getirilmesi işlemci ile sağlanmaktadır. İşlemci içerisinde ilk aşamada mavi partiküller plaka üzerine dağıtılmaktadır. Bu mavi partiküller yüklü olduklarından plakanın elektrostatik yük paternine göre dağılmaktadırlar. Transfer alanında ise plaka üzerindeki partiküller özel bir kağıdın üzerine aktarılmaktadır. Bu şekilde görüntü kağıda aktarılmış olur. Bu aşamadan sonra xerox plakası kullanılmayacağı için daha sonra kullanılmak üzere depolanmaktadır. Kağıt üzerindeki görüntü karıştırıcıda ısıtılarak toner partiküllerinin kağıdın termoplastik tabakasına geçmesi sağlanmaktadır. Bu işlemin sonucunda kağıt üzerinde kalıcı görüntü elde edilmiş olmaktadır.

Xeroradyografinin en önemli avantajlarından biri edge enhancement yapabilme özelliğidir. Edge enhancement iki yapının arasındaki minimum kontrastı dahi yükseltme özelliğidir, bu özellik sayesinde elde edilen görüntü kalitesi çok yüksek olmaktadır. Sert dokular ve yumuşak doku radyografda çok net izlenebilmektedir. Xeroradyografinin konvansiyonel radyografiye göre diğer bir avantajı ise görüntünün negatoskopa ihtiyaç duyulmadan, oda ışığında incelenebilmesi ve direkt üzerine çizim yapılabil-

mesidir. En büyük dezavantajı ise radyasyon dozunun yüksek olması ve gerekli cihazların pahalı olmasıdır (13). Xeroradyografi esas olarak malign hastalıkların teşhisinde, yumuşak dokuya gömülmüş metal olmayan yapıların tespit edilmesinde, ince kemik yapıların incelenmesinde kullanılmıştır. Mikrokalsifikasyonları çok net saptadığı için en çok kullanıldığı alan mamografidir.

Nakasima ve arkadaşlarının 1980 yılında yaptıkları çalışmada xeroradyografinin ortodontik diagnozda kullanımı ve radyolojik ekspoz şartları ile radyasyon dozu tartışılmıştır (14). Lateral, posteroanterior, el bilek ve TME filmleri konvansiyonel yöntemle ve xeroradyografi ile elde edilmiş ve uygulanan radyasyon dozları karşılaştırılmıştır. Xeroradyografinin konvansiyonel radyografiye göre daha net görüntüler oluşturduğu ancak uygulanan radyasyon dozunun daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (14).

Chate'in xeroradyografinin sefalometride kullanımı konulu çalışmasında sefalometrik landmarkların tesbitinde konvansiyonel ve xeroradyografik tekniklerin her ikisinde de araştırmacılar arası hatanın fazla olduğu saptanmıştır. Ancak konvansiyonel radyografideki iki değişkene karşın (basion'un Y-ekseni, gonion'un Y-ekseni) xeroradyografide 8 değişkende (nasion'un Y-ekseni, porion'un X ve Y-ekseni, basion'un X-ekseni, Bolton noktasının X-ekseni, ANS'nin X-ekseni, menton'un Y-ekseni, ve burun ucunun X-ekseni) araştırmacı içi hatada azalma görülmüştür (15).

Hurst ve arkadaşlarının kurukafa kullanarak yaptıkları çalışmada 14 landmarktan dördü (A noktası, üst keser ucu, infradentale, menton) xeroradyografda net olarak izlenirken konvansiyonel radyografda iki landmark (B noktası, kondilion) daha net olarak saptanmıştır. Landmark saptanması açısından konvansiyonel sefalogramın xeroradyografi kadar güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır. Sıklıkla kullanılmakta olan landmarkların konvansiyonel sefalogramda kolaylıkla izlenebilen noktalar olmasından dolayı bu sonucun şaşırtıcı olmadığını düşünmüşlerdir (16, 17).

Benzer şekilde, Erskine (18) 40 konvansiyonel lateral sefalogramla 40 xeroradyografi karşılaştırmış ve pterygomaxillare, prosthion, incision superius, üst kesici apeksi, incision inferius, infradentale, pogonion, alt birinci molarların mesial kuspları, alt kesici apeksi, ve artikülare nok-

taralarının xeroradyografda daha net olarak saptandığını bulmuştur. Buna karşın sella, nasion, A noktası ve basion konvansiyonel radyografda daha kesin olarak belirlenmiştir (18).

Xeroradyografi tekniğinin ortodonti alanında kullanılmasına dair çalışmalar yapılmış olsa da bu tekniğin ortodontide kullanımı yaygınlaşmamıştır.

İlerleyen yıllarda bilgisayarların her alanda kullanılmaya başlanmasıyla imkanlar artmış ve daha ileri düzeylerde görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir.

### **Computerize Tomografi (CT)**

Computed tomografi, Hounsfield ve arkadaşları tarafından 1967-1972 yılları arasında geliştirilen ve 1972'de tıp alanında kullanılmaya başlanılan diagnostik tomografik görüntüleme yöntemidir. Bu buluş Sir Godfrey Newbold Hounsfield'e 1979'da tıp alanında Nobel ödülünü kazandırmıştır (19).

CT için literatürde kullanılmış diğer terimler şunlardır:

Computerized Axial Tomography (CAT): İlk scan işlemleri axial düzlemde yapıldığı için bu isim verilmiştir.

Computerized Transaxial Tomography (CTAT)

Computerized Reconstruction Tomography (CRT)

Digital Axial Tomography (DAT)

CT scannerlar konvansiyonel görüntüleme sistemlerinden çok farklı bir şekilde görüntü oluşturmaktadırlar. CT scannerda film veya görüntü intensifiye edici tüp gibi bir görüntü reseptörü bulunmamaktadır.

Kollime edilmiş x-ışını hastaya gönderilmekte ve radyasyon bir dedektör tarafından ölçülerek sonucu bilgisayara iletilmektedir. Bilgisayar, dedektörden gelen sinyali analiz etmekte, görüntü oluşturulmakta ve oluşan görüntü monitörde gösterilmektedir. Algoritmalar kullanılarak elde edilen görüntülerin rekonstrüksiyonu yapılmaktadır (20).

Üç boyutlu rekonstrüksiyonda kullanılan algoritmalar

-MIP (Maximum intensity projection ve Minimum intensity projection): Bu iki yöntemden maximum intensity projection daha sıklıkla kullanılmaktadır. Maximum I.P.da en fazla yoğunluğa sahip görüntü alanları birleştirilirken minimum I.P.da en düşük yoğunluktaki alanlar biraraya getirilmektedir. Min.I.P'nin sıklıkla kullanıldığı alanlardan biri safra yollarının değerlendirilmesidir.

-Surface Rendering (Surface Shading) (SSD-shaded surface display): Bu algoritma ile sadece görüntülenen alanın yüzeyinden gelen bilgi rekonstrükte edilmektedir.

-Volume Rendering: Bu metod diğerlerinden daha kapsamlı bilgi oluşturmaktadır. Görüntülenen alanın tüm hacmi olduğu gibi değerlendirilmektedir.

-Endoskopik Görüntü Oluşturulması: Bu yöntemin kullanılabilmesi için görüntülenen alanda yüksek kontrastta yapıların olması gerekmektedir.

CT'nin 1972'de kullanılan tipi 1.jenerasyon olarak adlandırılmıştır. Zaman içerisinde 2., 3. ve 4. jenerasyon CT cihazları tanıtılmıştır. Ancak bu cihazlarla üç boyutlu rekonstrüksiyon yapmak mümkün olmamaktadır. Spiral CT üç boyutlu rekonstrüksiyona imkan vermiştir. Spiral CT ilk olarak tek dedektörlü olarak piyasaya çıkartılmıştır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak dedektör sayısı günümüzde 16'ya kadar çıkmıştır. Dedektör sayısındaki artış işlemin hızını arttırmakta, dolayısıyla zamanı kısaltmakta ve görüntüleme işlemi sırasında hastanın hareket etmesi nedeniyle oluşabilecek hataları azaltmaktadır.

Bu işlemler pahalı olmasına ve yüksek dozda radyasyon uygulamasına rağmen bazı durumlarda kazancı riskinden fazla olmaktadır. CT yumuşak doku ve kemikle ilgili diagnostik amaçlara yönelik geniş kapsamlı veri seti oluşturmaktadır. Anatomi, üç boyutlu formatlanıp görüntülenebilmekte ya da istenen dokuların en uygun şekilde görüntülenip seviyelenmesi sağlanabilmektedir. Kraniofasial deformitelerin tedavi planlamasında, cerrahi planının ve sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılması büyük faydalar sağlamaktadır. Kraniofasial cerrahi simülasyonunda üç boyutlu CT'nin faydalarını rapor eden çalışmalar mevcuttur.

Ono ve arkadaşlarının 1992'de yaptıkları çalışmada dudak damak yarığı, hemifasial microsomia gibi konjenital fasial anomalilere sahip hastaların üç boyutlu CT değerlendirmesi yapılmıştır. Yazarlar bu hastaların değerlendirilmesinde ayrıca hazırladıkları skeletogramları kullanmışlardır. Skeletogramlar kraniofasial kemiklerdeki deformiteyi üç boyutlu geometrik model olarak göstermektedir. Kullandıkları bu yöntemin özellikle hemifasial microsomialı hastalarda baş pozisyonlandırılmasında fayda sağlayacağını ve elde edilecek sonuçların güvenilir olduğunu göstermişlerdir. Hemifasial microsomia'da meatus acusticus externus etkilenmiş olduğundan kon-

vansiyonel yöntemlerle doğru analiz yapmak imkansızdır. Bilateral hemifasial microsomia durumunda ise auditory meatus olmadığından baş pozisyonlandırılması ve analiz yapılması mümkün değildir. Geliştirilen sistem bu sorunu çözmekte, dijital verilerden hazırlanan üç boyutlu görüntüdeki herhangi bir noktayı temel alan koordinat sistemini kullanarak analiz yapma imkanı tanımaktadır (21).

McCance ve arkadaşlarının 1992 yılında yaptıkları çalışmada çift çene cerrahisi uygulanan hastaların cerrahi öncesi ve sonrası CT scanleri karşılaştırılmış, CT'lerin karşılaştırılması için ise renk kodlu skala kullanılmıştır (22).

Benson ve arkadaşlarının 1995 yılında yaptıkları çalışmada özellikle bebeklerde anormal kalvarial konfigürasyon saptanması durumunda deformitenin tanımlanması ve cerrahi işlemin planlanması için radyolojik değerlendirmenin önemi vurgulanmıştır. Kraniosynostozlu bireylerde üç boyutlu CT; suturların etkilenme miktarını ve şeklini incelemeye ve ilişkili fasiyal ve intrakraniyal anomalileri saptamada, cerrahi işlem tipini belirlemede hayati önem taşımaktadır (23).

Binaghi ve arkadaşlarının 2000'de yaptıkları çalışmada Goldenhar-Gorlin, Crouzon ve Treacher Collins sendromlu ve diğer synostoz tipleri olan 28 çocuk shaded surface display (SSD) tekniği kullanılan üç boyutlu CT ile değerlendirilmiş ve sinostozların teşhisinde 3D Volumetrik görüntülerin axial CT görüntülerden daha faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Bu görüntüleme şeklinde uygulanan radyasyon dozunun özellikle lense zarar vermediğini ve güvenilir olduğunu rapor etmişlerdir (24).

CT, TME görüntülenmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kondil başı, artiküler eminens ve mandibuler fossa bu teknikte çok iyi izlenebilmektedir. CT verilerinin üç boyutlu rekonstrüksiyonunun yapılabilmesi kondil başı ve boynu kırıklarının değerlendirilebilmesini sağlamaktadır.

Cohen ve arkadaşlarının 1985'de yaptıkları çalışmada TME tanısında CT'nin kullanımı anlatılmış, bu görüntüleme tekniğiyle osseos yapıların erozyon, perforasyon, kist, neoplasm ve gelişimsel anomaliler açısından değerlendirilebileceği ve internal dearranjmanların saptanabileceği gösterilmiştir (25).

Ancak son yıllarda CT yerine eklemdeki yumuşak dokuların da izlenebilmesine olanak tanıyan MRI, TME incelemesinde tercih edilmektedir.

### **Magnetik Rezonans (MRI)**

Nükleer Magnetik Rezonans (NMR) 1980'lerin başında tanıtılmıştır. Uygulanan işlem sırasında nükleer radyasyon kullanılmadığı için bu terim Magnetik Rezonans olarak değiştirilmiş ve bu şekilde literatürde kullanılmıştır.

Magnetik rezonans görüntüleme iyonize edici radyasyon yani x-ışınları kullanılmamaktadır, onun yerine vücutta bulunan hidrojen atomları kullanılmaktadır. Çalışma prensibi hidrojen atomunun çekirdeğinden yansıyan rezonans sinyallerinin elde edilmesine, dolayısıyla su oranı yüksek olan dokuların görüntülenmesine dayanmaktadır. MRI için hasta silindirik bir cihaz olan MR Scanner'a yerleştirilmektedir. Scanner çok güçlü elektromagnetleri içermektedir. Bu mıknatıslar çok güçlü bir eksternal magnetik alan oluşturarak dokulardaki hidrojen atomlarını harekete geçirmektedir. Magnetik alanın gücü arttıkça hidrojen çekirdeklerinin dizilimi hızlanmaktadır. Gönderilen rezonans sinyali bu dizilimi bozmakta ve çekirdekler milisaniyeler içinde tekrar seviyelenmeye başlamaktadır. Yeniden dizilim işleminde ayırıcı rezonans sinyalleri oluşmakta ve bu bilgiler bilgisayarda saklanmaktadır. Farklı dokular hidrojen çekirdeklerinin yeniden seviyelenme hızı ve yoğunluğuna göre ayırd edilmektedirler (26).

MRI'nın diğer görüntüleme tekniklerinde üstün olduğu özellikleri; düşük kontrast rezolüsyona sahip olması ve bu nedenle normal şartlarda kontrast yaratmak için madde enjeksiyonu gerektirmemesi, iyonize edici radyasyon kullanılmaması, tamamen noninvaziv oluşudur (27).

MR özellikle yumuşak dokuların görüntülenmesinde diğer tekniklerden üstündür. CT ile karşılaştırıldığında çok daha iyi yumuşak doku kontrastı sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı baş boyun bölgesindeki yumuşak doku lezyonları, gelişimsel anomaliler, ve inflamatuvar durumlarda MR tercih edilirken kemik yapıların değerlendirilmesinde CT en iyi bilgiyi sağlamaktadır. MRI aynı zamanda eklem anatomisi ve özellikle artiküler disk yapısını, kasları net olarak izleme imkanı sağlamaktadır (26). Son yıllarda klostrofobik ve obes hastalar için açık MR cihazları geliştirilmiştir.

Çağdaş ve Gelişmekte Olan Görüntüleme Teknikleri:

### **Dijital Görüntüleme**

#### **Stereofotogrametri**

Stereofotogrametri, üç boyutlu bir cismin iki yönden koplanar olarak çekilmiş fotoğraflarının süperpoze edilip bir-

leştirilmesiyle üç boyutlu görüntü elde edilmesi prensibi- ne dayanmaktadır.

Modern stereofotogrametri kraniyumun yapısal haritalan- ması için kullanılabilecek yöntemlerin arasında bulun- maktadır. Bu amaçla pekçok firma değişik sistemler piya- saya sunmuşlardır. Sistemin temelini farklı açılarda yer- leştirilmiş kameralar ve elde edilen verileri birleştirecek algoritmalar oluşturmaktadır.

Bu yöntem kullanılarak yapılmış olan çalışmalardan biri Ferrario ve arkadaşlarına aittir. 1994'te yapılmış olan bu çalışmada fasiyal asimetrisinin üç boyutlu değerlendirilme- si yapılmış ve elde edilen sonuçların daha önce 2 boyut- lu fotoğraflar kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçların- dan farklı olduğu görülmüştür. Fotogrametrisinin üç boyut- lu görüntü sağlaması nedeniyle elde edilen sonuçların daha üstün olduğu düşünülmüştür (28).

#### **Laser Scanning (Lasergraph, Optical Surface Scan)**

1990'ların başında uygulanmaya başlanmış olan bu tek- nik fasiyal yapıları üç boyutlu olarak değerlendirmede kullanılan noninvaziv ve uygulanması kolay bir yöntem- dir.

Hasta dönen bir sandalyede otururken silindirik bir lens kullanılarak hastanın yüzüne laser demeti gönderilmekte ve oblik olarak bir video kamera tarafından izlenmektedir. Bu uygulama sırasında hasta bilgisayar kontrolünde dön- dürülmektedir. Her 2.8 derecelik rotasyonda laser çizgi- sindeki distorsiyonun görüntüsü kaydedilmekte, yüzün santral bölgesinde ise görüntü her 1.4 derecelik rotas- yonda kaydedilmektedir. Veriler bilgisayarda toplanmak- ta, fasiyal yüzeyden yaklaşık 20,000 koordinat elde edil- mektedir. Bu koordinatlardan fasiyal yüzeyi tanımlayacak üçgenler oluşturulmaktadır. Bu işlemin amacı ölçüm yap- mak veya 2 ayrı zamandaki durumu karşılaştırmak ise oluşan görüntü üzerinde landmarklar işaretlenmektedir.

Bu yöntemin avantajları noninvaziv olması, 1mm. ye kadar çok kesin sonuçlar vermesi, 15sn. gibi kısa bir süre içerisinde görüntü oluşturması, dijital ortamda saklanabil- mesi, çakıştırılabilmesi, CT veya MRI gibi diğer teknikler- le birleştirilebilmesi, kullanımının kolay olması, hastanın başını pozisyonlandırırken sorun yaşanmamasıdır. En önemli dezavantajı ise özel cihazlara gereksinim duyul- ması ve çok pahalı olmasıdır. Ayrıca bazı cilt tipleri laser ışığını iyi yansıtmadığından tatminkar sonuçların elde edilmesine olanak vermemektedir (29).

Buna ek olarak yüzde mevcut kıllar laser çizgisini kırarak veri toplanmasını olanaksız hale getirmektedir. İşlem sı- rasında hastanın hareketsiz kalması gerekmektedir.

Laser scannerların kullanıldığı çalışmaların pekçoğunda bu görüntüleme yöntemi milimetrik renk skalası ile birlik- te kullanılmıştır.

McCance ve arkadaşları, 1992'de yaptıkları çalışmada dudak damak yarıklı (DDY) hastalarında Le Fort 1 maxil- ler advancementı takiben oluşan yumuşak doku değişik- liklerini değerlendirmek amacıyla laser scanner ve mili- metrik renk skalası kullanmışlardır. DDY hastalarında du- daklar ve burunda deformiteler çok yaygın olduğu için laser scanner ve milimetrik renk skalasının kombine kul- lanımı yapılan cerrahi işlemin bu iki bölgedeki etkilerini kantitatif olarak değerlendirme imkanı sağlamakta ve kontrol grubuyla karşılaştırma imkanı vermektedir (30).

McCance ve arkadaşlarının yine aynı sene yaptıkları di- ğer bir çalışmada aynı yöntemler kullanılarak bu kez sınıf 1 bireylerden oluşan kontrol grubuyla sınıf 2 bir bireyin cerrahi öncesi ve sonrası durumu karşılaştırılmıştır (29).

Soncul ve arkadaşlarının 1999 yılında yaptıkları çalışma- da ortognatik cerrahi hastalarında yumuşak doku anali- zinde laser scannerların sefalograma alternatif olup ola- mayacağı tartışılmıştır. Hastaların cerrahi öncesi ve son- rası (1) üst dudak-keser görünürlüğü, (2) nasolabial açı- sı, (3) burun ucu projeksiyonu, (4) nasofasiyal açı, (5) na- somental açı, (6) labiomenta açıları ölçülmüştür. Bu ça- lışmada lasergraph işleminin üç boyutlu bilgi vermesi, noninvaziv olması, dijital ortamda saklanabilmesi özellik- lerinden dolayı sefalogramdan üstün olduğu sonucuna varılmıştır (31).

Xia ve arkadaşları 2000 yılında ortognatik cerrahi simü- lasyonundan sonra üç boyutlu yumuşak doku değişiklik- lerini öngörmek için kullandıkları yeni bir tekniği tanı- tmışlardır. "CASP" (computer assisted three dimensional virtual reality soft tissue planning and prediction for orthognatic surgery) cerrahi simülasyonu üç boyutlu CT üzerinde yapılmıştır. Yumuşak doku değişikliklerini ön- görmek için ise yeni geliştirilen iki algoritmayı kullanmış-lardır. Bu algoritmalar:

- 1-Surface normal based model deformation algorithm
- 2-Ray projection based model deformation algorithm



Modelleme amacıyla ayrıca renkli yüz haritalaması tekniği kullanılmıştır (32).

Mauil ve Grayson ve arkadaşları 1999'da unilateral damak dudak yarıklı hastalarda nasoalveoler şekillendirme için üç boyutlu nasal yapıya uzun dönem etkilerini araştırdıkları çalışmada nazal bölgeyi tarayıp model oluşturmuşlar ve nasal stent uygulanan ve uygulanmayan grupların modellerini incelemiştir (33).

### **İntraoral Görüntüleme**

Teknolojinin ilerlemesiyle beraber dental arkların ufak ve basit aygıtlarla üç boyutlu görüntülenebilmesi mümkün olmuştur. Pekçok firma bu amaca yönelik sistemler geliştirip piyasaya sunmuşlardır. Bu sistemlerde bir intraoral scanner ve verinin aktarılıp üç boyutlu modelin oluşturulacağı bilgisayar sistemi yer almaktadır.

Orametrix firmasının 2000 yılında tanıttığı Suresmile bu sistemlere bir örnek teşkil etmektedir. Bu cihazla arkların üç boyutlu taranması yapılmakta, diagnostik model bilgisayarda hazırlanmakta ve tedavi ilerleyişi aşama aşama gösterilmektedir. Bilgisayar ortamında çeşitli tedavi seçeneklerini değerlendirmeyi ve en uygun olanını seçmeyi sağlamaktadır. Sanal tedavi sonuçları izlenebilmektedir. Hastadan ölçü alıp alçı model hazırlama işlemini elimine ederek hem doktora hem hastaya kolaylık sağlamakta, hasta başında geçirilecek tedavi süresini kısaltmaktadır.

Günümüzde ortodontide kullanılan görüntüleme metodları tanı ve tedavi planlaması için yeterli bilgi vermeyi sürdürmesine karşın sefalometri de dahil birkaç yöntemin önemli kısıtlamaları bulunmaktadır. Bu yöntemlerin çoğunun önemli denebilecek bir yetersizliği 3 boyutlu objenin 2 boyutlu görüntüsünü vermesidir. Bununla beraber, dijital görüntüleme ortaya çıkan yenilikler, mevcut görüntüleme yöntemlerinin tanı ve tedavi planlamasında kullanıldığı yolu her geçen gün değiştirmektedir. Teknolojideki ilerlemeler şu anda kullanılan tekniklerle saptanamayan durumları tespit etme yeteneğimizi önemli derecede arttıracak, tanı ve tedavinin doğruluğunu ve güvenilirliğini arttırmaya yardım edecektir.

### **KAYNAKLAR**

1- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 1: Concepts of Radiation. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p. 7-8.

2- Ring ME. Dentistry, An Illustrated History, Part XII; The Late Nineteenth Century In The United States And Europe. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1985; p. 253.

3- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 7; The X-ray machine. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p. 113.

4- Viteporn S. The Technique of Cephalometric Radiography. In: Athanasiou AE (ed). Orthodontic Cephalometry. Mosby-Wolfe, London, 1995; p. 11-12.

5- Viteporn S. The Technique of Cephalometric Radiography. In: Athanasiou AE (ed). Orthodontic Cephalometry. Mosby-Wolfe, London, 1995; p. 9-11.

6- Quintero JC et al. Craniofacial imaging in orthodontics: Historical perspective, current status, and future developments. The Angle Orthodontist 69(6):491-505, 1999.

7- Vig PS. Orthodontic controversies: Their origins, consequences, and resolution. In: Melsen B (ed). Current Controversies in Orthodontics. Quintessence Publishing, Chicago, 1991; 269-310.

8- Björk A. Timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation. Trans Europ Orthod Soc. 48: 61-74, 1972.

9- Christiansen EL, Thompson JR. Radiographic evaluation of the TMJ. In: Pertes RA and Gross SG (eds). Clinical Management of Temporomandibular Disorders and Orofacial Pain. Quintessence Publishing, Chicago, 1995; 163-165.

10- Razmus TF. Panoramic radiography, other extraoral projections, and implant site assesment. In: Razmus TF and Williamson GF (eds). Current Oral and Maxillofacial Imaging. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996; p.247.

11- Razmus TF. Panoramic radiography, other extraoral projections, and implant site assesment. In: Razmus TF and Williamson GF (eds). Current Oral and Maxillofacial Imaging. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996; p.249.

12- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 20; Mammography. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p. 344.

13- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 7; The X-ray machine. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p. 344-349.

14- Nakasima A. Radiologic exposure conditions and resultant skin doses in application of xeroradiography to the orthodontic diagnosis, Am J Orthod Dentofac Orthop 78 (6); 646-656, 1980.

15- Chate R. A cephalometric appraisal of xeroradiography, Am J Orthod Dentofac Orthop 77 (5); 547-567, 1980.

16- Hurst RVV. Xeroradiographic cephalometry: A comparison to conventional radiographic cephalometry. J Dent Res 56 (Special Issue B):218, 1977.

- 17- Hurst RVV. Landmark identification accuracy in xeroradiographic cephalometry. Am J Orthod. 73: 568-574, 1978.
- 18- Erskine RB. A comparison of xeroradiographs with conventional lateral skull radiographs, Br J Orthod. 5: 193-195, 1978.
- 19- Zonneveld FW. Computed Tomography of the Temporal Bone and Orbit: technique of direct multiplanar, high resolution CT, and correlative cryosectional anatomy, Chapter 1; Principles of computed tomography. Urban and Schwarzenberg, Munich, Wien, Baltimore, 1987; p. 1-3.
- 20- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 24; Computed Tomography. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p.407.
- 21- Ono I. 3D Analysis of craniofacial bones using 3D computed tomography, Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 20: 49-60, 1992.
- 22- McCance AM. Three dimensional analysis techniques, Part 3: Color-Coded System for Three-Dimensional Measurement of Bone and Ratio of Soft-Tissue to Bone: The Analysis, Cleft Palate Craniofacial Journal. 34(1): 52-57, 1997.
- 23- Benson M. Primary Craniosynostosis: Imaging Features, AJR 166: 697-703, 1996.
- 24- Binaghi S. 3D Spiral CT of craniofacial malformations in children Pediatr. Radiol. 30: 856-860, 2000.
- 25- Cohen H. Computed Tomography in TMJ Diagnosis JCO 1985 Sep.; 659-662.
- 26- Razmus TF. An overview of oral and maxillofacial imaging In: Razmus TF and Williamson GF (eds), Current Oral and Maxillofacial Imaging, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996; p.17-19.
- 27- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists, Chapter 26; Physical Principles of Magnetic Resonance Imaging. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 1993; p. 450-451.
- 28- Ferrario V. A 3D evaluation of human facial asymmetry, J. Anat. 186: 103-110, 1995.
- 29- McCance AM. Three dimensional analysis techniques Part 2: Laser Scanning: A Quantitative Three-Dimensional Soft-Tissue Analysis Using a Color-Coding System, Cleft Palate Craniofacial Journal. 34(1): 46-51, 1997.
- 30- McCance AM. Three dimensional analysis techniques Part 1: Three-Dimensional Soft-Tissue Analysis of 24 Adult Cleft Palate Patients Following Le Fort 1 Maxillary Advancement: A Preliminary Report, Cleft Palate Craniofacial Journal. 34(1): 36-45, 1997.
- 31- Soncul M. The optical surface scan as an alternative to the cephalograph for soft tissue analysis for orthognathic surgery, Int. J. Adult Orthod Orthognath Surg Vol.14, No.4. 1999.
- 32- Xia J. Computer assisted 3D surgical planning and simulation, Int. J. Oral Maxillofacial Surg. 29: 250-258, 2000.
- 33- Maull DJ. Long term effects of nasoalveolar molding on 3D nasal shape in unilateral clefts, Cleft Plate Craniofacial Journal 36: 391-397, 1999.

**Yazışma Adresi:**

Dt. Elif İdil KESER  
Hacettepe Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Ortodonti Anabilim Dalı  
06100 Sıhıye-ANKARA  
Tel: 0 312 311 64 61  
Faks: 0 312 305 22 90  
E-posta: elifkeser@hotmail.com