

# Ortodontide 3 Boyutlu Stereofotogrametri

## Dimensional Stereophotogrammetry in Orthodontics

\* Mert ÖĞRENİM  
\* Mine GEÇGELEN  
CESUR

\* Adnan Menderes  
Üniversitesi, Diş Hekimliği  
Fakültesi, Ortodonti AD,  
Aydın

### Öz

Günümüzde estetik ve güzel görünmenin önemi göz ardı edilemez. Hastaların ortodontik tedaviden beklentileri gibi hekimlerin de tedavi planlamaları öncelikle ideal yüz estetiğini sağlamak üzerinedir. İdeal yüz estetiğinin ne olduğu objektif kurallarla tam olarak açıklanamamıştır. Ancak kuralları kesin olmasa da kompleks bir yapı olduğunu ve yumuşak dokunun fasyal estetiğin en önemli parçalarından biri olduğu bilinmektedir.

Teknolojik gelişmeler sayesinde yumuşak dokuların 3 boyutlu görüntülerinin elde edilmesi mümkün hale gelmiştir. Stereofotogrametrik sistemler, fasyal yumuşak dokudan 3 boyutlu görüntü alabilen ve en avantajlı özellikler sunan yumuşak doku tarama sistemleridir. Bu sistemler sayesinde yumuşak dokunun ayrıntılı kayıtları hastaya hiçbir zarar vermeden tekrar alınabilmektedir. Ortodontistler, bu kayıtların karşılaştırılması ve üzerinde yapılan ölçümlerle, ortodontik tedavinin hastada nasıl bir değişim gerçekleştirdiğini objektif olarak değerlendirebilmektedir. Özellikle tek başına ortodontik tedavinin yetmediği, ortognatik cerrahi gereksinimi duyulan hastalarda tedavi başlangıcında yumuşak doku hedeflerinin belirlenebilmesi için 3 boyutlu stereofotogrametrik görüntüleme, hekimlere büyük avantaj sağlamaktadır.

3 boyutlu stereofotogrametrik sistemler ile yalnızca yumuşak dokuların taranabilmesi mümkündür. Sert dokuların ve dental kayıtların 3 boyutlu ortama aktarılabilmesi için başka sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Fasyal dokuların gerçek bir modellemesi ancak tüm kayıtların senkronizasyonu ile mümkündür. Gelecekte tek bir sistem ile tüm dokuların kayıtlarının alınabilmesi teknolojik gelişmeler sayesinde beklenen bir durumdur.

**Anahtar Kelimeler:** Stereofotogrametri, 3D Görüntüleme, Yumuşak Doku, Fasyal Estetik

### Abstract

Today, the importance of the beautiful appearance and aesthetic can not be ignored. Patients' expectations of orthodontic treatment and treatment planning of orthodontist primarily on providing the ideal facial aesthetics. It is not completely explained by objective rules as to what the ideal facial

Yazışma Adresi:  
Arş. Gör. Dt. Mert Öğrenim Adnan  
Menderes Üniversitesi Diş  
Hekimliği Fakültesi Ortodonti  
Anabilim Dalı Eski Tıp Yerleşkesi  
No:1 09100 Aydın  
Tel No: 0 533 557 47 76  
e-mail: mogrenim@hotmail.com

aesthetics. Although there is no definite rules about this topic, it is known that the facial aesthetics is complex composition and soft tissue is one of the most important parts of the facial aesthetics. For this reason, soft tissue should be monitored and recorded at every stage of orthodontic treatment.

With technological developments, it has become possible to obtain three-dimensional images of soft tissues. Stereophotogrammetry systems are most advantageous soft tissue scanning system that can take 3D images of the facial soft tissue. Through this system, detailed records of the soft tissue can be taken repeatedly without any harm to the patient. Orthodontists making measurements on 3-dimensional images obtained from the patient can be evaluated objectively how to performed change on the patients of orthodontic treatment. Especially for orthognathic surgery patients, stereophotogrammetric 3-D imaging is a great advantage to the physician for determine the requested changes to be obtained in soft tissue at the treatment planning.

3D stereophotogrammetric systems can scan only soft tissue. 3D scanning of hard tissue and dental records are needed to other systems. For a real modeling of facial tissue only possible with synchronization of all records. With the development of technology at the future, it will be able to records of all facial tissue with a single system.

**Keywords:** Stereophotogrammetry, 3D Imaging, Soft Tissue, Facial Aesthetic

## Giriş

Günümüzde dış görünüşün hayatın her alanında büyük bir etkiye sahip olduğu herkesin bildiği bir gerçektir. Dış görünümün de en önemli parçası yüz estetiğidir. Geçmiş dönemlere baktığımızda ortodontik tedavinin asıl amacının dişlerin biyolojik ve fonksiyonel olarak uygun konumda olmasını sağlamak olduğu görüşü hakimdi. Tedaviyi bu hedeflere göre yaptığımızda estetiğin de sağlanacağı düşünülmekteydi. Ancak son yıllarda ortodontik tedavi açısından da estetiğin önemi anlaşılmış ve tedavi planlamasında fonksiyon ve biyolojiden önce,

estetiğin öncelikli hedef olduğu belirtilmiştir (1, 2). Hastada malokluzyon görülmesinin bir anomaliye işaret ettiğini ancak tedavi planlamasının yumuşak dokuya göre şekillenmesi gerektiği belirtilmiştir (3).

Başlangıç tedavi planlamasının, ara safha ve tedavi sonucu değerlendirmelerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için, yumuşak doku kayıt ve analizlerinin objektif, güvenilir ve tekrarlanabilir olmasına ihtiyaç vardır (4). Bu nedenler sonucunda 3 boyutlu yumuşak doku tarama sistemleri ortaya çıkmıştır.

## Ortodontik Açından Yumuşak Doku ve Yüz Estetiği

Fasiyal estetik, tüm kültürlerde yüzyıllar boyunca insanları yakından ilgilendiren bir konu olmuştur. Yapılan araştırmalarda, ideal yüz estetiğine sahip ya da toplum tarafından "güzel" veya "yakışıklı" kabul edilen kişilerin sosyal yaşam ve hayatın birçok alanında daha avantajlı oldukları, bu kişilerin daha mutlu ve başarılı bir hayata sahip oldukları, toplum tarafından daha pozitif yaklaşıldığı bulunmuştur. Fasiyal estetiğin iş hayatında kolaylık sağladığı, insanların ilgisini çekmeyi kolaylaştırdığı da yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (5-8).

Bu değerlendirmeler, çalışmalar sonucunda elde edilmiş olsa da çağımızda tüm insanlar güzel olmanın hayatı kolaylaştıran bir özellik olduğunu bilmektedirler. Bu sebeple hem hastaların hem de hekimlerin fasiyal estetiğe olan ilgisi artmış ve ortodontik veya ortognatik tedavi sonucunda ideal yüz estetiğine ulaşmak herkesin amacı olmuştur (9). Ortodontik tedavinin de temel hedefleri fasiyal estetik ve fonksiyonel okluzyon olarak tanımlanmıştır (10).

## Ortodontide Yumuşak Doku Değerlendirmesi

Ortodontistler uzun yıllardır yumuşak doku ve fasiyal estetiğin önemini bilmekte ve bu konuda ölçümler, analizler, normlar geliştirerek tedavi planlamalarıyla ilgili bilgiler edinmekte ve tedavi sonucu öngörülerini belirlemektedirler. Direkt antropometri, 2 boyutlu fotogrametri, lateral sefalometrik radyografiler ve anteroposterior radyografilerle yapılan yumuşak doku analizleri günümüzde halen kullanılan yöntemlerdir (11-17). Bu konudaki en eski yöntem kumpasla yapılan

antropolojik direkt ölçümlerdir ve genellikle diğer yöntemlerin güvenilirliğinin araştırıldığı çalışmalarda direkt ölçümler altın standart kabul edilir (18).

2 boyutlu görüntüler (sefalometrik radyografiler, antero-posterior radyografiler, fotoğraflar vs.) ise çok fazla hasta kooperasyonu gerektirmez ve arşivlenmesi kolaydır. Ayrıca dönem dönem tekrarlanabilirliği, kolay uygulanması ve ucuz olması da bu yöntemlerin avantajlarından. Günümüz teknolojiyle sefalometrik ve antero-posterior radyografi çekimleri için düşük doz radyasyon uygulanıyor olsa da, bu yöntemler de invaziv olarak kabul edilir. Yüzey morfolojisi ile ilgili detaylı bilgilerin de bu yöntemlerle alınması mümkün değildir. Anatomik noktalar belirlenememektedir ve dokuların derinlik ölçümleri yapılamamaktadır (19).

Bu durum 3 boyutlu görüntüleme ihtiyacının ortaya çıkış noktasıdır. İlerleyen dönemlerde teknolojinin tıp alanında da kendini göstermesiyle 3 boyutlu görüntüleme sistemleri ortaya çıkmış, bilgisayarlı tomografi (BT), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi sistemler yumuşak dokuların 3 boyutlu görüntülenmesine olanak sağlamışlardır (20, 21).

BT ve KIBT yumuşak dokuların 3 boyutlu görüntülenebilmesini sağlar ancak bu cihazların pahalı olması, hastaya iyonize radyasyon uygulanması, tüm kliniklerde bulunamaması, hastanın tarama sırasında hareket etmesi, metal dolgu veya braketler sebebiyle artefaktlar oluşması, radyasyon sebebiyle sık aralıklarla tekrarlanamaması ve 3 boyutlu yüzey tarama cihazları kadar iyi morfolojik bilgiler vermemesi (cilt rengi ve yüzey morfolojisi) gibi dezavantajları bulunmaktadır (22, 23).

MRG sistemlerinin en büyük avantajı radyasyon kullanmadan yumuşak doku görüntülemeye ayrıntılı bilgiler vermesidir. Ancak pahalı ve gelişmiş ekipmanlar olması, dental kliniklerde rutin kullanılan cihazlardan olmaması, cilt ile ilgili renk ve morfolojik bilgiler vermemesi, klostrifobisi olan hastalar için sorun teşkil etmesi, görüntü elde edilmesinin uzun sürmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (24, 25).

3 boyutlu ultrasonografi sistemlerinin KIBT sistemlerine göre düşük maliyete sahip olması ve radyasyon kullanmaması gibi avantajları vardır. Tarama süresinin uzun olması, dental klinikler için rutin kullanılan bir sistem olmaması, cilt yüzeyiyle ilgili bilgi verememesi, yumuşak doku kontakt noktalarında görüntüde bozulmalar ortaya çıkması bu sistemlerin dezavantajlarıdır (26, 27).

Yumuşak doku yüzey taraması için 3 boyutlu stereofotogrametri, likit kristal uzaklık ölçüm, 3 boyutlu lazerli yüzey tarama, yapısal ışıklandırma tekniği, moire topografi gibi sistemler çeşitli dönemlerde kullanılarak yumuşak dokunun 3 boyutlu görüntüleri elde edilmiştir. Bu sistemlerden günümüzde kullanılanlar lazer tabanlı 3 boyutlu tarama sistemleri ve optik tabanlı tarama sistemlerinden olan yapısal ışıklandırma ve 3 boyutlu stereofotogrametridir. Dünya çapında son dönemde en yaygın kullanılan sistem ise 3 boyutlu stereofotogrametri sistemleridir (28).

### **Stereofotogrametri Nedir**

Stereofotogrametri, 3 boyutlu bir cismin aynı düzlem üzerinde farklı açılardan elde edilen görüntülerini kullanarak 3 boyutlu görüntü elde etme yöntemidir. Bu tekniğin temeli tüm canlılarda var olan stereoskopik görüş prensibine dayanmaktadır. Görüntüde derinlik algısını oluşturabilmek için beyin, farklı açılardan görüntü alan 2 gözden gelen görüntüleri kullanır. Gözlerin aynı düzlemde bulunması ve farklı açılardan görüntü alması, 3 boyutlu algıyı oluşturur. Nesneden eşit uzaklıkta, aynı düzlem üzerinde ve kalibre edilmiş en az 2 kamera ile elde edilen görüntülerin rekonstrükte edilmesiyle nesnenin 3 boyutlu görüntüsü elde edilmektedir (28-30).

Klinik açıdan değerlendirildiğinde özellikle yumuşak doku morfolojisinin incelenebilmesi için stereofotogrametri, günümüz teknolojisi çerçevesinde en ideal yöntem olarak gösterilmiştir. Geliştirilen sistemler sayesinde vücudun tamamı veya spesifik bir bölgesinin 3 boyutlu görüntüsünü çok kısa bir sürede elde etmek mümkündür (30-32).

### Stereofotogrametrinin Tarihsel Gelişimi

Stereofotogrametri, stereos (katı), photos (ışık), grama (çizim), metron (ölçme) kelimelerinin birleştirilmesiyle türetilmiştir. Medikal alanda bilenen ilk kullanımı Dr. Holmes tarafından Amerikan iç savaşı sebebiyle bacaklarını kaybeden askerlere protez bacak tasarımı için kullanılmıştır. Fotogrametri üzerinde analizle ilgili ilk yayın ise 1899 yılında Finsterawlder tarafından yapılmıştır (30). Thalmaan tarafından stereofotogrametrinin kliniklerde ilk kullanım denemesi yapılmıştır (33). Burke ve Beard, Thalmaan'ın yöntemini geliştirerek daha basit ve ucuz kameralar kullanmışlardır. Çok katlı grafik sistemi kullanarak daha kısa sürede daha gelişmiş görüntüler elde etmeye çalışmışlardır. Geliştirdikleri sistemi fasiyal deformiteleri olan çocukları (dudak damak yarıklı hastalar vs.) değerlendirmek ve büyüme çağındaki çocuklardaki tedavi öncesi ve sonrasındaki yumuşak doku değişimlerini ölçebilmek için kullanmışlardır (34).

Ras ve arkadaşları yaptıkları çalışma sonucunda fasiyal morfolojideki gelişim ve değişimleri belirlemek için stereofotogrametrinin güvenilir bir 3 boyutlu kayıt yöntemi olduğunu söylemişlerdir (29). Deacon ve arkadaşları bu tekniği büyük oranda geliştirmişlerdir. Kayıt alımı için önceden kalibre edilmiş kameralar ve CCD sensörleri kullanmışlardır. Bu şekilde dijital ortama aktarılan fotoğraflar üzerinde yazılımlar sayesinde otomatik 3 boyutlu analiz yapılabilmeye ve manuel yöntemlere göre analizin çok daha kısa sürelerde yapılabilmesi sağlanmıştır (35).

### Stereofotogrametrinin Klinik Kullanım Alanları

3 boyutlu stereofotogrametri sistemlerinin çok geniş bir kullanım alanı vardır. Medikal kullanım alanlarına baktığımızda en çok plastik cerrahlar, maksillofasiyal cerrahlar, ortodontistler ve psikiyatristler tarafından tercih edilmektedirler (36-38). Ortodonti özelinde değerlendirdiğimizde ise kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Ortodontik problem listesi ve tedavi planlaması hazırlığında (39),
- Yaş, cinsiyet ve ırk özelliklerine göre yumuşak

doku farklılıklarının karşılaştırılması (40, 41),

- Büyüme ve gelişimin incelenmesi, dönemsel takibin yapılması (18, 42),
- Fasiyel estetiğin değerlendirilmesi (43),
- Yüz tipi ve fasiyal oranların değerlendirilmesi (43, 44),
- Gülümseme estetiği ve gülümseme tiplerinin değerlendirilmesi (43),
- Ortodontik tedavi öncesi ve sonrası alınan görüntülerin karşılaştırılarak değerlendirilmesi (45, 46),
- Hastanın 3 boyutlu görüntülerinin dijital olarak arşivlenmesi (45, 46),
- Kraniofasiyal sendromların incelenmesi (47),
- Asimetriklerin değerlendirilmesi (19, 29),
- DDY hastalarında dudaktaki deformitenin 3 boyutlu olarak değerlendirilmesi, yumuşak doku değişikliklerinin incelenmesi, operasyon öncesi ve sonrasının karşılaştırılması, ilerleyen yaşlarda gelişimin takip edilmesi (30, 37),
- Ortognatik cerrahi öncesi ve sonrasında yumuşak doku değişimlerinin karşılaştırılması ve ödem tespitinin yapılması için kullanılabilir (21, 30, 32, 36, 42, 48).

### Stereofotogrametrinin Avantajları

Stereofotogrametri sistemlerinde kullanılan yüksek teknoloji dijital kameralar sayesinde 1,5 milisaniyede görüntü almak mümkündür. Bu sayede hastanın hareket etmesi sonucu ortaya çıkabilecek olan bozulmalar engellenmekte ve hasta kooperasyonuna olan ihtiyaç azalmaktadır. Özel bakıma ihtiyacı olan çocuklar ve DDY'li bebekler gibi kooperasyonun zor olduğu hastalardan doğru ve güvenilir görüntüler alınabilmesi için sistemlerin hızlı çalışması büyük avantaj sağlamaktadır (30).

Stereofotogrametri sistemlerinin radyasyon kullanmayan non-invaziv sistemler olması etik ve hasta açısından avantajlı olduğu gibi sık aralıklarla görüntü alınarak yumuşak dokudaki değişimlerin daha detaylı incelenmesi ve gözlenebilmesi mümkündür (28).

Hastanın stereofotogrametri kayıtları alındığında, materyal randevularında rutin olarak çekilen ekstraoral fotoğrafları da alınmış olur. Fotoğraf çekim süresinin sadece 1,5 milisaniye olduğu düşünüldüğünde daha

kısa sürede, daha detaylı ve tüm açılardan ekstraoral kayıtları tamamlanmış olur (46).

3 boyutlu stereofotogrametrik görüntülerde anatomik noktaları belirlemek daha kolay ve güvenilirdir. Tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılarak, uygulanan tedavinin yumuşak dokuda meydana getirdiği değişim net bir şekilde değerlendirilebilir (44).

DDY ve travma hastaları gibi yumuşak dokuda deformiteye sahip hastalarda, anomalinin morfolojisini tam olarak yansıtılabilmek, hastaların yüzlerindeki asimetrik oluşumların derecelerinin tam olarak belirlenmesi stereofotogrametri sayesinde mümkündür. Operasyon geçiren hastalardan alınan pre-operatif ve post-operatif kayıtların çakıştırılmasıyla da operasyonun planlanan tedaviye ne kadar uygun sonuçlandığı ve yüz morfolojisinde oluşan değişiklikler, stereofotogrametri ile belirlenebilmektedir (39).

Stereofotogrametri ile elde edilen görüntüler STL vb. dosya formatlarında dışa aktarılarak, dijital dental modellerde olduğu gibi başka yerlere gönderilebilir, farklı bilgisayarlarda farklı yazılımlar kullanılarak farklı ölçüm ve analizler uygulanabilir (49).

Çağımızın en hızlı gelişen teknolojileri olan görüntüleme ve bilgisayar sistemleri sayesinde, 3 boyutlu stereofotogrametri sistemlerinin avantajları her geçen gün artmaktadır. Dijital kameralardaki gelişmeler elde edilen görüntülerin çözünürlüklerinin daha yüksek olmasını ve böylece daha detaylı inceleme yapılabilmesini sağlamaktadır. Bilgisayar sistemleri ve yazılım teknolojilerindeki gelişmeler 3 boyutlu görüntü oluşturmayı daha kolaylaştırmakta ve hızlandırmakta, analiz ve ölçümlerden daha kesin sonuçlar alabilmeyi sağlamaktadır. Veri depolama sistemlerinin de gelişimi ve ucuzlaması da daha sık kayıt alınıp, hastada oluşan değişiklikleri daha detaylı inceleme fırsatı sunmaktadır (43, 49-52).

### **Stereofotogrametrinin Dezavantajları**

Stereofotogrametri sistemleriyle ilgili olarak ilk aklı gelen dezavantaj standart antropolojik ölçümlere göre bu sistemlerin maliyetinin yüksek olmasıdır. Bu

sistemlerin rutin olarak tüm ortodonti kliniklerinde kullanılmamasının en büyük sebebi maliyet-fayda oranının yüksek olmasıdır (32).

Görüntülenmek istenen alana bağlı olarak farklı donanım özelliklerine ve markalara göre değişmekle birlikte genel olarak bu sistemler için büyük bir alana ihtiyaç vardır. Bu yüzden standart muayenehane ve kliniklerde kurulum alanı bulmak neredeyse imkansızdır, fakülte ve araştırma merkezi gibi yerlerde kurulumu mümkün olmaktadır (53).

Çoklu kamera sistemi ile çalışan bu cihazlarda kameraların hassas kalibrasyonu da alınan görüntülerin güvenilirliği için çok önemlidir. Her çekimden sonra üretici firmanın talimatları doğrultusunda kameraların kalibre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca sık çekim yapılması gereken yerlerde kalibrasyonun daha hızlı yapılmasına izin veren sistemlerin kurulması gereklidir (53).

Stereofotogrametri sistemlerinde dudaklar arası bölge gibi karanlık; gözler ve kirpik bölgesi gibi gölgeli ve parlak; kulak içi gibi anatomik yapıların fazla girinti çıkıntı gösterdiği bölgelerde görüntü alımında bozulmalar görülebilmektedir. Bu duruma bağlı olarak bu bölgelerden yapılan ölçümlerin güvenilirliği de azalmaktadır (30).

3 boyutlu stereofotogrametri sistemleri sadece yumuşak doku kayıtları için kullanılabilir. Baş ve boyun bölgesinin bütün olarak 3 boyutlu modelini elde edebilmek için sert dokuların, dişlerin ve okluzyonun görüntülenebildiği sistemlerle kombinasyona ihtiyaç vardır (54).

### **Stereofotogrametri Sistemlerinin Özellikleri**

Stereofotogrametri sistemleri, genel olarak aktif ve pasif sistemler olarak ikiye ayrılırlar.

Aktif sistemler yapısal ışıklandırma yöntemine benzerlik gösterir şekilde nesne üzerinde taranan alana projeksiyon yardımıyla ışık demeti dağıtılır. Rastgele gönderilen ışınların cisim üzerinde oluşturduğu görüntülerden, sistemin kameralarının mümkün olduğunca çok algoritma yakalaması ve bu algoritmaların birleştirilmesiyle de yüksek



çözünürlüklü 3 boyutlu geometri elde edilir. Bu sistemlerde dışarıdan ekstra bir ışık kaynağına ihtiyaç yoktur ve dışarıdan gelen başka ışıkların da sistem üzerine herhangi bir etkisi bulunmamaktadır (28, 31). Pasif sistemlerde ise, herhangi bir ışık kaynağına ihtiyaç yoktur. Cisimlerin doğal ortam ışığıyla aydınlık ve görülebilir durumda olması bu sistemlerde algılama için yeterlidir ve farklı açılardan elde edilen görüntülerle 3 boyutlu görüntü oluşturulur. Pasif sistemlerde genel olarak hatasız ve güvenilir görüntü elde etmek için yüksek çözünürlüklü dijital kameralara ihtiyaç vardır. Görüntülerde bozulmayı engellemek için ortam ışığının normal seviyelerde olması, taranan cisim yüzeyinde parlamaya oluşmaması için ışık seviyesinin yüksek olmaması avantaj sağlayacaktır (28).

Her iki sistemde de taranan yüzey bölgesi ve özelliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte genel olarak kullanılan donanım bileşenleri şunlardır:

- Kameraları ve flaş ünitelerini taşıyan çerçeve sistemi
- Harici flaş üniteleri
- Modüler kamera üniteleri
- Kalibrasyon kiti
- Güç kaynakları ve bağlantı üniteleri
- Bilgisayar ve donanımlar
- Ayarlanabilir hasta koltuğu.

Modüler kameralar ve bilgisayar, stereofotogrametri sistemlerin temel bileşeni olup kameralar görüntülerin algılanmasını, bilgisayar da yüklenen yazılım sayesinde görüntülerden 3 boyutlu görüntünün oluşturulmasını sağlar. Görüntüleme amacı, alanı ve açısına göre modüler kamera ihtiyacı da farklılıklar göstermektedir. Stereofotogrametri sistemlerinin en az 2 kameraya ihtiyacı vardır. 160° ile 360° arasında değişen görüntüleme açılarına göre kamera sayısı da değişmektedir. 160°'lik tarama yapılabilmesi için 2 modül ve 6 kamera kullanırken, 360°'lik taramalarda 5 modül ve 15 kamera ile görüntü sistemleri oluşturulmaktadır (53).

### **Stereofotogrametride Görüntünün Elde Edilmesi**

3 boyutlu stereofotogrametrik görüntünün elde edilmesi, genel olarak 2 aşama şeklinde değerlendirilebilir.

Hastanın cihaza göre pozisyonlandırılıp görüntülerin alınması 1. aşaması iken, alınan görüntülerin bilgisayarda kombinasyonu ile 3 boyutlu hale getirilmesi bu işlemin 2. aşamasıdır (30).

İşlemin 2. aşaması uygun donanım, yazılım, sistem ve teknik kullanıldığında büyük oranda herhangi bir sorunla karşılaşmadan tamamlanabilir. Görüntünün elde edilmesiyle ilgili önemli detaylar ve dikkat edilmesi hastadan görüntülerin alındığı 1. aşama için geçerlidir (53).

İlk olarak hastanın pozisyonlandırılması cihazın kamera açılarına göre ayarlanmalıdır. Cihazın yönlendirmeleri ve merkez kameradan gelen görüntüye göre hastanın pozisyonlandırılması en doğru seçenektir. Konumlandırma sırasında yardımcı personelle çalışılması, bir kişinin ekrandan görüntüyü takip ederken diğer kişinin hastayı pozisyonlandırmasını sağlar. Bu şekilde hem hasta hem de hekim için işlemin kolaylaşması sağlanmış olur. Her ne kadar çekim süresi kısa da olsa hastanın hareketsiz olması net görüntü elde edebilmek için önemlidir. Özellikle 360°'lik kraniyal taramalarda sırt desteğinin görüntüye girmemesi de önemlidir. Baş boyun bölgesinden görüntü alınmasına engel olan giysiler çıkarılmalıdır (46, 53).

3 boyutlu stereofotogrametri sistemlerinde doğru görüntü elde edilebilmesi için kameraların kalibrasyonu çok önemlidir. Sistemin yönlendirmelerine uygun şekilde sık sık kalibrasyon yapılması görüntü kalitesini arttırmaktadır. Hasta yoğunluğuna bağlı olarak mümkünse her çekimden sonra, mümkün değilse de en azından günde 1 kez sistemin kalibrasyonu yapılmalıdır. Sistemin kullanıldığı bilimsel araştırma durumlarında ise çalışmanın güvenilirliğini arttırmak için her çekimden sonra kalibrasyon yapılması gerekmektedir (39, 53).

Yansıma ve distorsiyon sebepleriyle görüntünün yanlış alınmasına sebep olabilecek takı ve aksesuarlar çıkarılmalıdır. 3 boyutlu stereofotogrametri sistemlerinde saçlar net olarak görün-tülenememektedir. Bu sebeple hastaya bone taktirmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Kulak bölgesi,

göz bölgesi, çene altı bölge, istirahat durumunda dudakların iç bölgeleri, gülümsemede dudak kenarları gibi ışığın daha az ulaştığı bölgelerde görüntüde bozulma olabilmektedir. Bunları engellemek için çekim esnasında hasta başını biraz geriye yatırmalı, gözlerden de en iyi görüntüyü alabilmek için hastadan gözlerini mümkün olduğunca açık tutması istenmelidir. Fakat stereofotogrametri sistemlerinde göz yapısının görüntüsünü elde etmek oldukça zordur çünkü gözlerden yansıyan ışık görüntüde bozulmalara sebep olur (30, 36).

1. aşama tamamlandıktan sonra görüntüler kontrol edilir ve bilgisayara yüklü yazılımda 3 boyutlu görüntü üretme süreci başlar. Görüntülerin dijital ortamda dış sınırları belirlenerek noktalar kümesine dönüştürülür. Her bir noktanın 3 boyutta da koordinatı belirlenir ve farklı görüntülerden elde edilen noktalar kümeleri birleştirilerek noktalar bulutu (point cloud) olarak adlandırılan yapı elde edilir. Bu noktalar doğru parçalarıyla birleştirilerek üçgenler oluşur ve üçgenlerden de düzlemler elde edilir. Bu şekilde ağ (mesh) denen yapı oluşur ve ne kadar çok nokta olursa o kadar çok üçgen ve buna bağlı olarak o kadar çok düzlem oluşur. Böylece görüntü çözünürlüğü artırılarak daha net görüntü elde edilmiş olur. Sistemlerin 2 boyutlu görüntü elde etme tekniği farklı olsa da 3 boyutlu görüntü üreten yazılımların büyük çoğunluğu stereofotogrametride olduğu gibi point cloud, mesh ve 3 boyutlu görüntü aşamalarıyla sonuca ulaşır. Stereofotogrametride, renk ve yüzeyin morfolojik bilgileri de görüntüye eklenir. Elde edilen 3 boyutlu geometrik şekil üzerine bu veriler eklenir ve 3 boyutlu görüntü elde edilmiş olur. 3 boyutlu görüntü genel olarak STL formatında olur ve bu dosya formatı birçok yazılım tarafından açılabilen, yaygın kullanılan bir dosya formatıdır (28, 30, 31, 36).

### **Üç Boyutlu Stereofotogrametrik Görüntülerde Ölçüm ve Analizler**

Stereofotogrametrik görüntülerde ölçüm ve analizleri 2 gruba ayırabiliriz. Bunlar tek görüntü üzerinde direkt yapılan ölçümler ve iki veya daha fazla görüntünün çakıştırılmasıyla yapılan karşılaştırmalardır.

Tek görüntü üzerinde standart olarak uzunluk ve

açısal ölçümler yapmak mümkündür. Bu tip ölçümler genel olarak STL dosyalarını açabilen tüm yazılımlar kullanılarak yapılabilmektedir. Kullanılan sistemin üretici firmasının gönderdiği yazılımlarda da bu tip ölçümler bulunmaktadır. Eğim, kalınlık, deviasyon, hacim gibi ölçümler ise genellikle yazılımlara spesifik ölçümlerdir (49, 52).

Diğer analiz ve ölçümler ise farklı görüntülerin çakıştırılması tekniğidir. Ortodontistler tarafından tedavi öncesi, ara safhası ve tedavi bitiminde alınan 2 boyutlu sefalometrik radyografların çakıştırılması rutin yapılan bir işlemdir. Bu işlemde genellikle belli bir düzlem referans alınarak bu düzlem üzerinde radyograflar çakıştırılır ve oluşan değişimlerin ölçüm ve analizleri yapılır. Aynı mantık 3 boyutlu görüntüler için de geçerliliğini korumuştur. Belirlenen düzlem üzerinde görüntüler çakıştırılır ve 2 görüntü arasındaki değişiklikler gözlemlenebilir. Stereofotogrametri yazılımlarında genellikle görüntü üzerinde otomatik düzlem belirleme ve otomatik çakıştırma özellikleri bulunmaktadır. Çakıştırılan görüntüler arasındaki farkların gösterilmesi amacıyla da cilt rengi ve morfolojik yüzey özellikleri olmadan görüntünün 3 boyutlu geometrik hali kullanılır ve değişimler miktarlarına göre farklı renklerle gösterilerek görsel analiz elde edilmiş olur (30, 49, 52, 56).

### **Stereofotogrametri Yönteminin Geçerliliği ve Güvenirliliği**

Stereofotogrametri sistemlerinin diğer teknikleri kullanan sistemlere göre büyük avantajlarının bulunması sonucunda bu sisteme olan ilgi artmış ve kullanım alanları genişlemiştir. Ancak bu sistemlerde en önemli kriterlerden biri yapılan ölçüm ve analizlerin doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir olmasıdır. Ölçüm ve analizlerin doğruluğu, bu alanda altın standart olarak kabul edilen ölçüm sistemleriyle karşılaştırılması sonucu elde edilen bulgularla uyum ve benzerliğine göre değerlendirilir. Güvenirlilik ise görüntüler üzerinde yapılan ölçüm setleri arasındaki uyum ve tutarlılık olarak değerlendirilebilir. Tekrarlanabilirlik ise aynı model üzerinde aynı yazılım kullanılarak aynı ölçümler yapıldığında sadece kullanıcı hatası veya farklılığı sebebiyle farklı değerler çıkması, onun dışındaki durumlarda aynı sonuçların elde edilmesi

olarak değerdendirilir (42, 57).

3 boyutlu stereofotogrametrik sistemlerinin doğruluk ve güvenilirliği, birçok çalışmada farklı marka ve tipte cihazlar kullanılarak değerdendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda 3 boyutlu görüntü elde etme teknikleri ve yöntemler arasındaki farklılıklar, aynı cihazda ölçüm yapan kişiler arasında ve kendi içinde tekrarlanan ölçümlerdeki farklılıklar olarak değerdendirilmiş ve genel olarak 2 mm'den daha düşük olarak bulunmuştur ve bu da klinik olarak anlamlı kabul edilmemiştir (49, 52, 58, 59).

### **Stereofotogrametrinin Diğer 3 Boyutlu Görüntüleme Teknikleriyle Birlikte Kullanımı**

Stereofotogrametri, yumuşak doku görüntülemeye günümüz teknolojisinde en avantajlı yöntem olsa da tek başına tüm verileri sunması mümkün değildir. Stereofotogrametrinin sert dokuları gösterebilme özelliği yoktur ve bu eksikliği ortadan kaldırmak için diş hekimliğinde sert dokuların ayrıntılı şekilde incelenebilmesi amacıyla kullanılan BT ve KIBT'dan elde edilen görüntüler kullanılabilir (23, 60).

Stereofotogrametri ve KIBT, yumuşak ve sert doku verilerinin birlikte değerdendirilmesi düşünöldüğünde, birbirlerinin eksikliğini kapatan uyumlu ikili gibi görünmektedir. Dişler ve okluzyonun görüntülenmesinde ise iki tekniğinde yetersizlikleri mevcuttur. Tüm maksillofasiyal dokuların doğru görüntülendiği 3 boyutlu modelleme elde edebilmek için KIBT, stereofotogrametri ve dijital dental modellerin kombinasyonunun kullanılması en akılcı yöntem olacaktır. Özellikle ortognatik cerrahi vakalarında olduğu gibi hastanın dış görünüşünde değışiklik yapılacak tedavilerde, bu tekniğin tercih edilmesi doğru teşhis ve tedavi planlaması için gerekli bilgilerin edinilmesini sağlayacaktır (30, 52, 60).

Cerrahi operasyon ve sert dokularda büyük değışimler planlanmayan ortodonti hastaları için de özellikle istirahat ve gülümseme pozisyonundaki 3 boyutlu görüntülerde diş görünümünün doğru ve güvenilir olabilmesi için yine dijital dental modellerle kombinasyonu gerekmektedir. Yüz estetiğinin belirlenmesinde önemli kriterlerden olan istirahat

pozisyonundaki keser görünümü ve doğal gülüş pozisyonundaki gülme hattının doğru belirlenebilmesi için, 3 boyutlu stereofotogrametrik tarama ile 3 boyutlu dijital dental modellerin kombinasyonunun kullanımı en doğru yöntemdir (28, 46, 60).

### **Sonuç**

İdeal yüz estetiğinin, sosyal ilişkiler ve hayat kalitesi üzerinde ne kadar etkili olduğu bilimsel araştırmalarla kanıtlanmış bir gerçektir (5, 8). İdeal yüz estetiğinin sağlanmasında ortodontistler tek başlarına rol almazlar, ancak multidisipliner yaklaşım içinde önemli bir role sahiptirler. Bu sebeple ortodontistlerin teşhis ve tedavi planlamasında, yumuşak dokular üzerinde dikkatle durmaları gerekmektedir.

Hastaları her an klinikte görmek mümkün olmadığı için, yumuşak doku incelemelerinde 3 boyutlu görüntüler çok büyük önem arz etmektedir. Bu ihtiyaca da en iyi cevap verebilen sistem 3 boyutlu stereofotogrametridir (30, 32).

Stereofotogrametri, iyonize radyasyon kullanmaması ve ortalama 2,5 milisaniyede görüntü alabilmesi nedeniyle hasta-dostu bir sistem olarak değerdendirilebilir. Hastaya hiçbir zarar vermeden, hastayı uzun süren işlemlerden kurtararak yumuşak dokunun tam olarak doğru ve güvenilir bir şekilde incelenebilmesi, hem hasta hem de hekim açısından oldukça memnuniyet vericidir (28).

3 boyutlu stereofotogrametri sistemlerinin gelişimi ve ucuzlamasıyla birlikte kliniklerde kullanımı da artacaktır. Bu da ortodonti alanında estetik üzerine yapılan çalışmaların ve estetiğin öneminin artmasını sağlayacaktır.

3 boyutlu stereofotogrametrinin sonraki aşaması ise günümüzde henüz yaygınlaşmayan ancak geliştirilmekte olan 4 boyutlu yani statik görüntülerin yanında dinamik (hareketli) 3 boyutlu görüntü alınabilmesini sağlayacak sistemlerdir. Hastanın dinamik kayıtlarının da 3 boyutlu ortama aktarılabilmesi, ortodontik tedavi planlama ve yöntemlerinin gelişimine büyük katkılar sunacaktır.



**Kaynaklar**

1. Ackerman JL, Proffit WR, Sarver DM. The emerging soft tissue paradigm in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Clin Orthod Res* 1999;2:49–52.
2. Spear FM, Kokich VG, Mathews DP. Interdisciplinary management of anterior dental esthetics. *JADA* 2006;137:160–169.
3. Arnett GW, Gunson MJ. Facial planning for orthodontics and oral surgeons. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:290-5.
4. Primožic J, Perinetti G, Richmond S, Ovsenik M. Threedimensional evaluation of facial asymmetry in association with unilateral functional crossbite in the primary, early, and late mixed dentition phases. *Angle Orthod* 2013;83:253–258.
5. Shaw WC. The influence of children's dentofacial appearance on their social attractiveness as judged by peers and lay adults. *Am J Orthod* 1981;79:399-415.
6. Peck S, Peck L. Facial realities and oral esthetics. In: McNamara JA Jr, editor. *Esthetics and the treatment of facial form. Craniofacial Growth Series, Volume 28.* Ann Arbor: Center for Human Growth and Development; University of Michigan, 1993;77-113.
7. Kerosuo H, Hausen H, Laine T, Shaw WC. The influence of incisal malocclusion on the social attractiveness of young adults in Finland. *Eur J Orthod* 1995;17(6):505-512.
8. Rhodes G. The evolutionary psychology of facial beauty. *Annu Rev Psychol* 2006;57:199-226.
9. Kiyak HA. Cultural and psychologic influences on treatment demand. *Semin in Orthod* 2000;6:242-248.
10. Elif F. Erbay, DDS, MS, PhD, and Cem M. Canikliođlu, DDS, PhD. Soft tissue profile in Anatolian Turkish adults: Part II. Comparison of different soft tissue analyses in the evaluation of beauty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:65-72.
11. Ricketts RM. Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth. *Angle Orthod* 1957;27:14-37.
12. Steiner CC. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1960;46:721-35.
13. Merrifield LL. The profile line as an aid in critically evaluating facial esthetics. *Am J Orthod* 1966;52:804-22.
14. Burstone CJ. Lip posture and its significance in treatment planning. *Am J Orthod* 1967;53:262-84.
15. Sushner NI. A photographic study of the soft-tissue profile of the Negro population. *Am J Orthod* 1977;72:373-85.
16. Holdaway RA. A soft tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part I. *Am J Orthod* 1983;84:1-28.
17. Farkas LG, Posnick JC, Hreczko TM. Anthropometric growth study of the head. *Cleft Palate Craniofac J* 1992;29:303-308.
18. Wong JY, Oh AK, Ohta E, et al. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J* 2008;45:232-239.
19. Edler R, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of radiographic and photographic measurement of mandibular asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:167–174.
20. Khambaya B, Nairn N, Bell A, Miller J, Bowman A, Ayoub AF. Validation and reproducibility of a high-resolution three-dimensional facial imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46:27-32.
21. Plooi J, Maal TJJ, Haers P, Borstlap WA, Kuijpers-Jagtman AM, Berge SJ. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. *Int Oral Maxillofac Surg* 2011;40:341-352.
22. Littlefield TR, Kelly KM, Cherney JC, Beals SP, Pomatto JK. Development of a new three-dimensional cranial imaging system. *J Craniofac Surg* 2004;15:175-181.
23. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75 80.
24. Vig PS. Orthodontic controversies: Their origins, consequences and resolution. In: *Current Controversies in Orthodontics.* Chicago, Quintessence Publishing 1991; 269 310.
25. 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.
26. Hell B. 3D sonography. *Int Oral Maxillofac Surg* 1995;24:84-9.
27. Sadar R, Zeilhofer HF, Horch HH. Diagnostic

- possibilities of three-dimensional imaging of ultrasound image data in mouth, jaws and facial surgery. *Biomed Technol* 1997;42:211-212.
28. Tzou CHJ, Frey M. Evolution of 3D Surface Imaging Systems in Facial Plastic Surgery. *Facial Plast Surg Clin N Am* 2011;19:591-602.
29. Ras F, Habets L, van Ginkel FC, Prah-Andersen B. Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. *Angle Orthod* 1995;65(3):233-239.
30. Görgülü S, Duran GS, Dindarođlu F. Güncel Bilgiler Işığında Ortodonti (1. Baskı), Erhan Özdiler, Gümüş Kitabevi, Ankara, 2015:367-381.
31. Kau CH, Richmond S, Zhurov A, Ovsenik M, Tawfik W, Borbely P, English JD. Use of 3-dimensional surface acquisition to study facial morphology in 5 populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:S56.e1-S56.e9.
32. Karataş OH, Toy E. Three dimensional imaging techniques: A literature review. *Eur J Dent* 2014;8(1):1-9.
33. Thalmaan D. Die Stereogrammetrie: ein diagnostisches Hilfsmittel der Kieferorthopaedie [Stereophotogrammetry: a diagnostic device in orthodontology]. Zurich (Switzerland): University Zurich, Switzerland; 1944 [German].
34. Burke PH, Beard FH. Stereophotogrammetry of the face. A preliminary investigation into the accuracy of a simplified system evolved for contour mapping by photography. *Am J Orthod* 1967;53(10):769-82.
35. Deacon AT, Anthony AG, Bhatia SN, Muller JP. Evaluation of a CCD-based facial measurement system. *Int J Med Inform* 1991;16(2):213-28.
36. Ayoub AF, Siebert P, Moos KF, Wray D, Urquhart C, Niblett TB. A vision-based three-dimensional capture system for maxillofacial assessment and surgical planning. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1998;36:353-7.
37. Hajeer MY, Mao Z, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. A new three-dimensional method of assessing facial volumetric changes after orthognathic treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 2005;42:113-20.
38. Buckley PF, Dean D, Bookstein FL, et al. A three dimensional morphometric study of craniofacial shape in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 2005;162:606-8.
39. Winder RJ, Darvann TA, McKnight W, Mageed JDM, Ramsay-Baggs P. Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46:33-37.
40. Gor T, Kau CH, English JD, Lee RP, Borbely P. Three-dimensional comparison of facial morphology in white populations in Budapest, Hungary, and Houston, Texas. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:424-32.
41. Tanikawa C, Zere E, Takada K. Sexual dimorphism in the facial morphology of adult humans: A three-dimensional analysis. *J Comp Hum Biol* 2015;1:94-3.
42. Kau CH, Kamel SG, Wilson J, Wong ME. New method for analysis of facial growth in a pediatric reconstructed mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(4): e285-290.
43. vander Meera WJ, Dijkstra PU, Visser A, Vissink A, Rene Y. Reliability and validity of measurements of facial swelling with astereo photogrammetry optical three-dimensional scanner. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2014;52:922-927.
44. Weinberg SM, Kolar JC. Three-dimensional surface imaging: limitations and considerations from the anthropometric perspective. *J Craniofac Surg* 2005;16:847-851.
45. Rosati R, De Menezes M, Rossetti A, et al. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138(1):84-8.
46. Maal TJ, van Loon B, Plooi JM, et al. Registration of 3-dimensional facial photographs for clinical use. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68(10):2391-401.
47. Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, et al. Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. *Forensic Sci Int* 2011;207(1-3):127-34.
48. Chung How Kau, Stephen Richmond, Angela Incrapera, Jeryl English, James Jiong Xia. Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg* 2007;3:97-110.
49. de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, et al. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68(9):2129-35.
50. 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.
51. Brons S, van Beusichem ME, Bronkhorst EM. Methods to quantify soft-tissue based facial growth

and treatment outcomes in children: a systematic review. *PLoS One*. 2012;7:e41898.

52. Plooij 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 Oral Maxillofac Surg* 2009;38:267-273.

53. Heike CL, Upson K, Stuhaug E, Weinberg SM. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med* 2010;28:6-18.

54. Rangel FA, Maal TJJ, Berge SJ, et al. Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:820-826.

55. Chung How Kau, Stephen Richmond, Angela Incrapera, Jeryl English, James Jiong Xia. Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg* 2007;3(2):97-110.

56. Khambaya B, Ullah R. Current methods of assessing the accuracy of threedimensional soft tissue facial predictions: technical and clinical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2015; 44: 132-138.

57. Metzger MC, Hohlweg-Majert B, Schön R, Teschner M, Gellrich NC, Schmelzeisen R. Verification of clinical precision after computer-aided reconstruction in craniomaxillofacial surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104: 1-10.

58. Catherwood T, McCaughan E, Greer E, Spence RAJ, McIntosh SA, Windera RJ. Validation of a passive stereophotogrammetry system for imaging of the breast: A geometric analysis. *Med Eng Phys* 2011;33:900-905.

59. van Loon B, van Heerbeek N, Maal TJ, Borstlap WA, Ingels KJ, et al. Postoperative volume increase of facial soft tissue after percutaneous versus endonasal osteotomy technique in rhinoplasty using 3D stereophotogrammetry. *Rhinology* 2011;49(1):121-126.

60. Naudi KB, Benramadan R, Brocklebank L, Ju X, Khambay B, Ayoub A. The virtual human face: superimposing the simultaneously captured 3D photorealistic skin surface of the face on the

untextured skin image of the CBCT scan. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013;42:393-400.