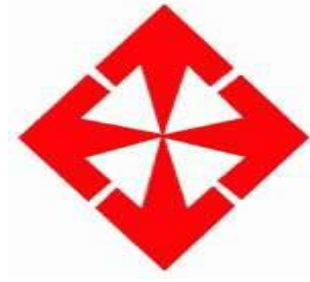


TC

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI



**KONVANSİYONEL VE BİLGİSAYARLI YÖNTEMLER İLE
YAPILAN POSTEROANTERİOR ANALİZLERİN
GÜVENİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Sevim Seda Erken

Ankara/2011

TC
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI



**KONVANSİYONEL VE BİLGİSAYARLI YÖNTEMLER İLE
YAPILAN POSTEROANTERİOR ANALİZLERİN
GÜVENİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Sevim Seda Erken

Ankara/2011

Danışman: Doç. Dr. Ömür Polat Özsoy

Bu tez projesi (Proje No: D-KA 10/02)Başkent Üniversitesi Araştırma
Fonunca desteklenmiştir.

T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ortodonti Anabilim Dalında Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16/08/2011

“Konvansiyonel ve Bilgisayarlı Yöntemler ile Yapılan Posteroanterior Analizlerin Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi”

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Ömür Polat Özsoy

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

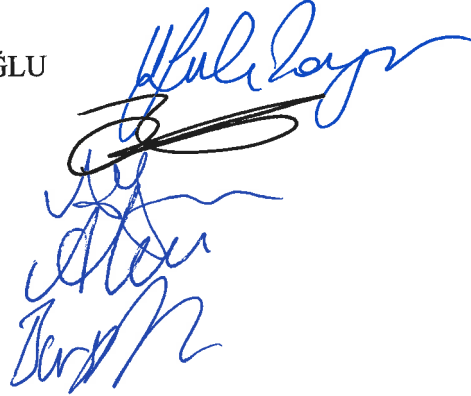
Prof. Dr. Ufuk TOYGAR MEMİKOĞLU

Doç. Dr. Ömür POLAT ÖZSOY

Doç. Dr. Ayşe GÜLŞAHI

Yrd. Doç. Dr. Alev YILMAZ

Yrd. Doç. Dr. Burçak KAYA



ONAY:Bu tez Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun 19/08/2011 tarih ve 107 sayılı kararıyla kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Rengin Erdal
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bana büyük emeği geçen, her konuda yardımcı olan ve tez çalışmamda desteğini esirgemeyen sevgili danışman hocam Doç. Dr. Ömür Polat Özsoy'a,

Doktora öğrenciliğim boyunca değerli bilgilerini benden esirgemeyen ve eğitimime katkıda bulunan Başkent Üniversitesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı sevgili hocam Doç. Dr. Ayça Arman Özçirpici'ya,

Ortodonti eğitimim sırasında bana destek ve yardımcı olan sevgili hocalarım Yrd. Doç. Dr. Alev Yılmaz, Yrd. Doç. Dr. Burçak Kaya ve Yrd. Doç. Dr. Çağla Şar'a,

Her zaman yanımda olan ve desteklerini hissettiğim dönem arkadaşlarım Ruzin Uyar ve Zahire Şahinoğlu başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemi sağlayan ve bana hep destek olan canım Annem, Babam ve Kardeşime,

İlgisi ve desteğiyle varlığını her an yanımda hissettiğim canım eşim Fırat Erken'e,

Doktora eğitimimde bana maddi destek sağlayan TÜBİTAK-Bilim İnsanı Yetiştirme Daire Başkanlığı'na,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

ÖZET

Konvansiyonel ve Bilgisayarlı Yöntemler İle Yapılan Posteroanterior Analizlerin Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi

Sefalometrik radyografiler ortodontide kraniyofasiyal kompleksi değerlendirmede, morfoloji ve büyümeyi belirlemede, anomalilerin teşhisinde, tedavi planlamasında, büyüme sonucunu ve tedavi etkilerini değerlendirmede yaygın şekilde kullanılan teşhis aracıdır. Bunlardan lateral sefalogramlar, ön-arka yönde iskeletsel, dental ve yumuşak doku morfolojisi ve ilişkileriyle ilgili bilgiler sağlarken, posteroanterior sefalogramlar ise transversal yönde iskeletsel ve dentoalveoler ilişkiler ile ilgili bilgiler sağlar ve iskeletsel ve dental asimetrielerin teşhisi için kullanılırlar. Bu çalışmanın amacı, posteroanterior radyografilerin bilgisayar programı ve konvansiyonel teknikle değerlendirilerek elde edilen ölçümlerin karşılaştırılması ve teknikler arasındaki güvenilirliği belirlemektir. Çalışmamızda 150 adet bireyden alınan tedavi başı posteroanterior sefalometrik radyografiler kullanılmıştır. Direkt dijital yöntemle elde edilen radyografiler Pordios for Windows (Institute of Orthodontic Computer Science, Denmark) yazılım programı ile değerlendirilmiştir. Dijital radyografilerden kuru baskı lazer yazıcı cihazı kullanılarak elde edilen konvansiyonel radyografiler de elle çizim yöntemiyle değerlendirilmiştir. İki yöntemin karşılaştırılmasında, 25 parametreden 6'sında sınıfıçı korelasyon katsayısı 0.90'nın altında bulunmuştur. Fakat tüm parametreler için güvenilirlik 0.75'den yüksektir. Ölçümlerin ortalamaları karşılaştırıldığında ise 2 parametre (interkanin genişlik, sağ molar bukkal overjet) dışındaki tüm parametrelerdeki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Ölçümler arasındaki farklar klinik olarak ise kabul edilebilirdir. En az güvenilir olan parametre mandibular genişlik ölçümü olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bilgisayar destekli sefalometrik analiz yöntemi, posteroanterior radyografilerin değerlendirilmesinde zaman kazancı sağlaması ve güvenilir olması ile konvansiyonel yöntemle alternatif olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sefalometri, posteroanterior radyografi, güvenilirlik

ABSTRACT

Evaluation of the Reliability of Posteroanterior Analysis Used with Conventional and Computerized Methods

Cephalometric radiography is a widely used diagnostic tool for evaluation of craniofacial complex, assessment of morphology and growth, diagnosis and treatment planning, evaluating results of growth and the effects of orthodontic treatment. Lateral cephalograms provide pertinent information on skeletal, dental and soft tissue morphology and relationships, whereas posteroanterior cephalograms provide information on skeletal and dentoalveolar relationships in the transverse plane and are used primarily to assess skeletal and dental asymmetries. The aim of this study is to compare measurements on posteroanterior radiographs that was traced with conventional and computer-aided cephalometric analysis and evaluate reliability of techniques. Pre-treatment posteroanterior cephalometric radiographs of 150 patients were used in this study. Direct digital posteroanterior radiographs were traced using Pordios for Windows (Institute of Orthodontic Computer Science, Denmark) software program. Conventional radiographs were obtained from digital radiographs using dry laser imager. Intraclass correlation coefficients were found below 0,90 for 6 of 25 parameters between two methods. However, reliability of all parameters were above 0,75. According to the paired t and Wilcoxon tests, statistically significant differences were found in all parameters except for 2 parameters (inter-canine width, buccal overjet of right molar), but differences between measurements were clinically acceptable. Measurement of mandibular width was the least reliable parameter. As a result, computer-aided posteroanterior cephalometric analysis method was found time saving and reliable, and was found to be a good alternative to conventional method.

Key Words: Cephalometry, posteroanterior radiographs, reliability

İÇİNDEKİLER

DİZİN

SAYFA NUMARASI

İç Kapak

Kabul-Onay Sayfası

TEŞEKKÜR

ÖZET v

İNGİLİZCE ÖZET(ABSTRACT) vi

İÇİNDEKİLER vii

KISALTMALAR ve SİMGELERxi

ŞEKİLLER xii

TABLolar xiv

1. GİRİŞ1

2. GENEL BİLGİLER3

2. 1. Sefalometrinin Tarihçesi ve Kullanım Amaçları3

2. 2. Sefalometrik Radyografi Yöntemleri4

2. 3. Posteroanterior (PA) Sefalometrik Radyografiler6

2. 3. 1. Posteroanterior Sefalometrik Radyografilerin Çekim Teknikleri8

2. 4. Posteroanterior Sefalometrik Radyografilerin Güvenilirliği11

2. 5. Posteroanterior Sefalometride Kullanılan Anatomik Noktalar17

2. 6. Posteroanterior Sefalometri Analiz Yöntemleri	21
2. 6. 1. Ricketts Analizi	22
2. 6. 2. Sassouni Analizi	27
2. 6. 3. Svanholt ve Solow Analizi	30
2. 6. 4. Grummons Analizi	32
2. 6. 5. Grayson Analizi	38
2. 6. 6. Hewitt Analizi	43
2. 6. 7. Chierici Metodu	45
2. 7. Dijital Radyografinin Gelişimi	45
2. 8. Sefalometrik Radyografilerin Değerlendirme Yöntemleri	47
3. GEREÇ VE YÖNTEM	51
3. 1. Araştırmada Kullanılan Sefalometrik Yöntemler	52
3. 2. Araştırmada Kullanılan Anatomik Noktalar	53
3. 3. Araştırmada Kullanılan Düzlemler	54
3. 4. Araştırmada Kullanılan Açısal ve Lineer Ölçümler	57
3. 4. 1. İskeletsel Ölçümler (Maksillomandibular ilişkiler)	57
3. 4. 2. Dişsel Ölçümler	57
3. 4. 3. Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler	57
3. 4. 4. Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler	58

3. 4. 5. Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler	58
3. 5. İstatistiksel Değerlendirme	60
4. BULGULAR	61
4. 1. Metot Hatasının Değerlendirilmesi	61
4. 2. Konvansiyonel ve Dijital Yöntemle Elde Edilen Posteroanterior Sefalometrik Analiz Ölçümlerinin Karşılaştırılması	64
4. 2. 1. İskeletsel Ölçümler	64
4. 2. 2. Dişsel Ölçümler	65
4. 2. 3. Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler	67
4. 2. 4. Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler	67
4. 2. 5. Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler	67
5. TARTIŞMA	71
5. 1. Amaç ve Materyal	71
5. 2. Yöntem	75
5. 2. 1. Dijital Radyografiye Geçiş Süreci	75
5. 2. 2. Sefalometrik Çizim Sırasında Karşılaşılan Hatalar	79
5. 2. 3. Konvansiyonel ve Dijital Sefalometri Değerlendirme Metotlarının Karşılaştırılması	83
5. 3. Bulgular	86
6. SONUÇLAR	92

7. KAYNAKLAR	93
---------------------------	-----------

KISALTMALAR ve SİMGELER

PA: Posteroanterior

SMV: Submentovekteks

CCD: Charged-Coupled Device

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

Ark: Arkadaşları

mA: Miliamper

kVp: Kilovoltaj

mm: Milimetre

cm: Santimetre

SKK: Sınıfıçı korelasyon katsayısı

AD: Anlamlı değil

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1. Posteroanterior radyografi çekimi sırasında hastanın konumlandırılması	10
Şekil 2. 2. Posteroanterior sefalometride kullanılan anatomik noktalar	20
Şekil 2. 3. Ricketts posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve ölçümler	23
Şekil 2. 4. Sassouni posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve düzlemleri	29
Şekil 2. 5. Svanholt ve Solow posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve düzlemleri	31
Şekil 2. 6. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları	33
Şekil 2. 7. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan yatay referans düzlemleri	34
Şekil 2. 8. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde asimetrinin maksillo-mandibular karşılaştırması	37
Şekil 2. 9. Grayson analizinde iskeletsel yapılar, lateral görüntüdeki 3 farklı düzlemde (A, B, C) ayrı çizimlerle belirlenir	40
Şekil 2. 10. Grayson analizine göre 3 farklı düzlemde yapılan çizimlerde A, B ve C düzlemlerine göre orta hat belirlenir	41
Şekil 2. 11. Grayson analizine göre 3 düzleme göre yapılan çizimlerin karşılaştırılmasıyla kraniyofasiyal yapılardaki sapma miktarları görülebilir.....	42

Şekil 2. 12. Hewitt posteroanterior sefalometrik analizine göre yüzün triangulasyonu	44
Şekil 3. 1. Çalışmamızda kullanılan anatomik noktalar	55
Şekil 3. 2. Çalışmamızda kullanılan düzlemler	56
Şekil 3. 3. Çalışmamızda kullanılan posteroanterior sefalometrik analiz ölçümleri	59

TABLULAR

Tablo 4. 1. Konvansiyonel yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinde metot hatasının değerlendirilmesi 62

Tablo 4. 2. Dijital yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinde metot hatasının değerlendirilmesi 63

Tablo 4. 3. Konvansiyonel ve dijital yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinin karşılaştırılması 69

Tablo 4. 4. Araştırmada kullanılan posteroanterior sefalometrik analiz ölçümleri yönünden konvansiyonel ve dijital yöntemler arasındaki uyum düzeyleri 70

1. GİRİŞ

Sefalometri veya kafa ölçümleri, baş iskeletinin ölçümü ve şeklini gösteren antropolojik bir teknik olarak geliştirilmiştir. 1895'te Röntgen (1) tarafından yapılan x-ışınının keşfi, dişhekimliği ve tıp alanında büyük bir devrim yaratmıştır. Yaklaşık 36 yıl sonra, röntgenografik sefalometri olarak bilinen iki boyutlu geleneksel sefalometri, Broadbent (2) tarafından ortodonti alanına tanıtılmıştır ve hala nispeten değişmemiş olarak varlığını korumaktadır. İlk yıllardan beri, sefalogramlar, tedavi ve kraniyofasiyal büyüme-gelişme çalışmalarında araştırma ve klinik aracı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel iki boyutlu sefalometrinin kendine özgü hatalı tahminlerine rağmen tedavi planına karar vermede kliniksel bilgiler sağlaması nedeniyle bu metodun kullanımı sorgulanmaktadır (3).

Sefalometrik radyografiler, ortodontistlerin, kraniyofasiyal kompleksi değerlendirmede, morfoloji ve büyümeyi belirlemede, anomalilerin teşhisinde, tedavi planlamasında, büyüme sonucunu ve tedavi etkilerini değerlendirmede kullandıkları en yaygın teşhis araçlarından biridir. Günümüzde birçok görüntü elde etme teknolojisi olmasına rağmen, pratikte kullanılan görüntü tipleri ve standartları, hastaya zararı, maliyeti ve yararları gözönünde bulundurularak belirlenir. Bu düşüncelerden dolayı, rutinde ortodontistler, kraniyofasiyal bölgenin üç boyutlu anatomik kayıtları için, iki boyutlu statik görüntüleme tekniklerini kullanırlar (3). Bunlardan lateral sefalogramlar, ön-arka yönde iskeletsel, dental ve yumuşak doku morfolojisi ve ilişkileriyle ilgili bilgiler sağlarlar. Posteroanterior sefalogramlar ise transversal yönde iskeletsel ve dentoalveoler ilişkiler ile ilgili bilgiler sağlar ve iskeletsel ve dental asimetrilerin teşhisi için kullanılırlar (3). Fakat baş posturunun tekrarlanma zorluğu ve kullanılan anatomik noktaların belirlenmesindeki hatalar gibi posteroanterior filmlerin kullanımında bazı kısıtlamalar vardır.

Sefalometrik radyografileri değerlendirmede iki farklı sefalometrik analiz yöntemi bulunmaktadır. En yaygın olanı konvansiyonel yöntem olarak

adlandırılan radyograf üzerine şeffaf çizim kağıdı yerleştirilerek noktaların belirlendiği ve noktalar arasında açısal ve lineer ölçümlerin yapıldığı metottur. Bilgisayar teknolojilerinin ortodonti pratiğine girmesi ile bilgisayar destekli analiz programları geliştirilmiştir. Bu programların kullanımı ile yapılan sefalometrik değerlendirme dijital yöntem olarak adlandırılır. Kullanıcı anatomik noktaları monitörde görülen sefalogram üzerinde fare yardımıyla veya dijitalize eden padler üzerinden belirler ve program doğru ve açıları çizerek ölçümleri yapar. Dijital yöntemin pahalı olmasına karşın zaman tasarrufu sağlaması ve doğruların çizimi, ölçümler sırasında oluşan hataları elimine etmesi konvansiyonel yöntemle göre avantajlarıdır. Aynı zamanda dijital radyografi alınımı ile hastalar daha az radyasyona maruz kalırlar (4, 5).

Ortodonti kliniklerinde dijital analiz yönteminin avantajları sebebiyle kullanımının artması, dijital yöntemin doğruluğunun araştırılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu araştırmalar klinisyenlere uygun analiz metodu ve programın seçiminde yol göstericidir.

Literatürde lateral sefalometrik radyografilerde farklı değerlendirme metodlarının birbirlerine göre güvenilirliklerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma bulunmasına karşılık posteroanterior radyografilerin değerlendirildiği birkaç çalışma vardır. Bu çalışmalarda da anatomik noktaların belirlenme hataları değerlendirilmiştir. Frontal sefalometrik radyografilerde bilgisayarlı analiz metodunun güvenilirliği ise bilinmemektedir.

Bu çalışmanın amacı, posteroanterior radyografilerin bilgisayar programı ve konvansiyonel teknikle değerlendirilerek elde edilen ölçümlerin karşılaştırılması ve teknikler arasındaki güvenilirliği belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2. 1. Sefalometrinin Tarihçesi ve Kullanım Amaçları

İnsan baş ve yüz gelişiminin bilimsel olarak incelenmesi ilk olarak antropolog ve anatomi uzmanları tarafından kuru kafataslarında yapılan çeşitli ölçümlerle başlanmıştır. Kuru kafatasları üzerinde belirlenen kemik noktalarından yapılan ölçümlere 'kraniyometri' adı verilmiştir. Daha sonra ölçümlerin canlılar üzerinde uygulanmasıyla büyüme ve gelişimi gösteren çalışmalar ele alınmıştır. Canlı kafatasları üzerinde palpasyonla belirlenen kemik noktaları ile yapılan ölçümlere de 'sefalometri' adı verilmiştir (6).

Günümüzde ortodontistlerin baş ve yüzün büyüme ve gelişimindeki değişikliklerin tanımlanmasında ve çeşitli yüz tiplerinin belirlenmesinde kullandıkları birçok terime ilk olarak antropoloji literatüründe yer verilmiştir (7). Ortodonti literatüründe ise sefalometri, 'analitik geometri kullanarak kafatasının anatomik parçalarının incelenmesi ve tedavinin ölçülmesi' olarak tanımlanmıştır (8).

1895 yılında Roentgen (1) tarafından ilk röntgen ışınlarının bulunmasıyla 2 boyutlu olarak radyografik kafa görüntüleri oluşturulmuştur. Bu görüntüler üzerinde kemik ve yumuşak doku noktaları ile yapılan ölçümlere 'röntgenografik sefalometri' adı verilmiştir (6).

Ortodontide bir tanı aracı olarak profil röntgenografisi 1919 da Ketcham ve Ellis'in, 1921 de Percy Brown çalışmalarıyla ilk kez uygulanmıştır (9). 1921 yılında A.J. Pacini (10), profil röntgenografisinin insan gelişimi, sınıflandırılması ve gelişim bozukluklarının saptanmasında yararlı olduğunu belirtmiş ve kendi yöntemini geliştirmiştir. Pacini'nin yönteminde film, orta oksal düzleme paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Baş dikey bir tutucu ile desteklenmekte ve bu tutucuya bandajlar bağlanarak tespit edilmektedir. Bu yöntemle aldığı filmlerde

bazı klasik antropolojik işaret noktalarını saptamıştır. Bunlar arasında gonion, pogonion, nasion ve spina nazalis anterior sayılabilir.

1922 yılında Carrea (11), sefalometrik görüntüleme için yeni bir yöntem tanıtmıştır. Bu yöntemde sefalostat kullanılmasına karşın, ışın kaynağı - birey uzaklığı 2m olarak belirlenmiş, böylece deformasyonlar mümkün olduğunca azaltılmıştır. Araştırmacı, bu tekniğe "Teleradiofacie" adını vermiştir. Carrea yumuşak doku profilinin belirlenmesinde ince bir kurşun tel kullanmış, porus acusticus externus'un belirlenmesi için de kulağa küçük kurşun borucuklar yerleştirmiştir.

Broadbent (2), 1931 yılında "Yeni Bir X Işın Tekniği ve Ortodontiye Uygulanması" adlı makalesini yayınlamış ve gerçek anlamıyla bir sefalometri uygulamasını ilk kez ortaya koymuştur. Broadbent'in tekniği ile karşılaştırıldığında daha önceden yapılmış uygulamaların yetersiz kaldığı görülmüştür. Broadbent'in buluşu ile sefalometri hızlı bir gelişim göstermiş ve giderek günümüzdeki çağdaş uygulamasına kavuşmuştur.

Sefalometrinin 1931 yılında ortodonti literatürüne girmesinden sonra birbiri ardına analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Tweed (1946) (12), Downs (1948) (13), Steiner (1953) (14), Sasouni (1955) (15), Ricketts (1960) (16), Jarabak ve Fizzell (1972) (17), Hasund (1974) (18), Jacobson (1975) (19) ve McNamara (1984) (20) gibi araştırmacılar kendi adlarıyla sefalometrik analiz yöntemleri oluşturmuşlardır.

2. 2. Sefalometrik Radyografi Yöntemleri:

Ortodontide, teşhis ve tedavi planlamasını belirlerken klinik muayene bulguları, alçı modeller, fotoğraflar ve radyografilerden yararlanır. Birçok sınırlamalarına karşılık sefalometri objektif bir klinik yöntemdir. Bir tanı aracı olarak sefalometri ortodontinin yanı sıra çene cerrahisi, pedodonti, protez, plastik cerrahi ve genel diş hekimliğinde kullanılır. Sefalometrik radyografi

tanımında genellikle yaygın olarak kullanılan lateral sefalometrik radyografiler anlaşılmaktadır. Lateral sefalometrik radyografiler başın sadece ön-arka ve dikey yönde değerlendirilmesine imkan verir. Başın ön-arka, vertikal ve yatay yönleri içeren üç boyutta değerlendirilmesinde lateral sefalogramlara ek olarak posteroanterior (P-A) ve submental-vertex (S-V) radyografik projeksiyonlar kullanılabilir (21).

Günümüzde, sefalometrik radyografiler, morfoloji ve gelişimin belirlenmesinde, anomalinin teşhisinde, ilerideki durumun tahmininde, tedavi planlamasında ve gelişim ve tedavi sonucunun değerlendirilmesinde kullanılır (22). Ayrıca dental ve kraniyal yapılar arasındaki ilişkiyi araştırmaya imkan sağlayan tek nicel klinik metottur (23). Sefalometrik radyografiler yaygın kullanımlarına rağmen bazı kısıtlamaları mevcuttur. Bunlar:

1. Konvansiyonel bir kafa filmi, üç boyutlu objelerin iki boyutlu görünümüdür. Üç boyutlu objeler iki boyutlu gösterildiğinde, görüntülenen yapılar, vertikal ve horizontal olarak yer değiştirir. Yer değiştiren şekillerin miktarı, kayıt düzlemi ya da filmde şekle olan mesafeyle orantılıdır (6)
2. Sefalometrik analizlerde, ortasagittal düzlemde sağ ve sol kenarların süperpozisyonuna rastlanır (6). Daha önce tanımlandığı gibi sağ ve sol kenarların nispeten yer değiştirmesinden ve fasiyal simetrinin nadir olmasından dolayı süperpozisyon sıklıkla gözlenir. Kendine özgü teknik kısıtlamalar, fasiyal asimetri ve kraniyofasiyal anomalilerin doğru değerlendirilmesini önler (3).
3. Projeksiyon geometrisi, x-ray ışını yönünde doğru boyut bilgisinin alınmasını engeller (3).
4. Radyografik projeksiyon olarak bilinen eksternal hatanın önemli miktarı, elde edilen görüntüyle ilgilidir. Bu hata, film-hasta-fokus geometrik ilişkisine bağlı projektif distorsiyonu, hasta pozisyonlandırılmasındaki hata ve ölçüm magnifikasyonlarını içerir (3).
5. İyi tanımlanan anatomik yapıların eksikliği, zor ayırılan kenar ve gölgeler ile hasta pozisyonunun çeşitliliği nedenleriyle, anatomik

noktaların belirlenme hataları oluşabilir (6). Bu hataların, sefalometrik hataların en büyük kaynağı olduğu düşünülür (24). Sefalometrinin bu tür limitasyonlarına rağmen, bazı sefalometrik analizler, dentofasiyal deformiteler ve iskeletsel maloklüzyonların diagnozunu sağlayacak şekilde geliştirilmiştir (3).

Ortodontik teşhiste kullanılan fasiyal ve radyografik kayıtlar çoğunlukla profili temel alır (25). Sıklıkla kullanılan lateral sefalogramlar ön-arka yöndeki iskeletsel, dental ve yumuşak doku morfoloji ve ilişkileri hakkında bilgi verir (4).

2.3. Posteroanterior (PA) Sefalometrik Radyografiler

Caldwell projeksiyonu da denilen posteroanterior radyografi baş genişliği, simetri ve baş, kraniyofasiyal kompleks ve oral yapıların vertikal oranları ile ilgili bilgi sağlayan bir tanı aracıdır (26). Transversal yönde iskeletsel, dental ve yumuşak doku morfoloji ve ilişkilerini gösteren bu radyografiler yüzün değerlendirilmesinde ayrılmaz bir parça olmalıdır (25). Ortodontistlerin iskeletsel ve dentoalveoler yapılar için öncelikli kaynak olarak odaklandıkları lateral sefalogramların yanında dentofasiyal bölgenin değerlendirilmesinde önemli bir tamamlayıcıdır (6).

Geçmişte ortodonti düşüncesinde sagittal düzlemdeki ilişkiler baskın olması nedeniyle çoğu klinisyen frontal radyografileri kullanmamaktaydı. Fakat birçok faktör klinisyenlerin transvers boyutta derin ilgiye yönlendirdi (27). Bunlar:

1. Maksiller palatal ekspansiyon
2. Hafif tellerin mandibular arkın lateral ekspansiyonunda başarılı olması
3. Transverse perspektifi vurgulamak için dolu ve çarpıcı gülüşün kabul görülmesi (28,29)
4. Frontal estetikte nazal genişlik ve piriform apertura asimetrisi etkileyen faktörlerdir (30)

5. Tedavi planlamalarında vertikal ve transvers yönde mandibular ve kraniyal asimetrielerin belirgin olması (31)

Bu nedenle günümüzde ortodontik tedavinin öncelikli hedefleri arasına frontal görüntü ve perspektif eklenmektedir ve frontal sefalometri klinisyenlerin pratiğinin rutin parçası olmaktadır (27).

Hastaların tekrar tedavi görmek istemelerinin nedeni dentisyon değil sıklıkla total yüz ve estetik sonuçtan memnun olmamasıdır. Hastanın dişleri fonksiyonel okluzyonda ve düzgün sıralı fakat gülme hattı eğri veya maksiller keserleri yüz orta hattında değilse, büyük olasılıkla tedavi sonucundan memnun olmayacaktır. Bu da ortodonti açısından frontal perspektifin önemini vurgulamaktadır (27).

Posteroanterior sefalogramlar diğer kaynaklardan elde edemeyeceğimiz teşhis bilgileri sağlar. Bu bilgiler klinisyene transversal planda dental arkların kemik tabanlarıyla olan genişlik ve açılma ilişkisini değerlendirme, maksilla ve mandibulanın genişlik ve transverse pozisyonunu değerlendirme, bilateral osseoz ve dental yapıların vertikal boyutta ilişkilerini değerlendirme, nazal kavite genişliğini belirleme ve bir de vertikal ve transvers fasiyal asimetrielerin analiz imkanını sağlar (32, 33).

1990 yılında yapılan çalışmada, ortodontistlerin sadece %13.3'ünün hastalarından düzenli kayıt olarak frontal sefalometrik radyografileri aldıkları rapor edilmiştir (34). 2008 yılında yapılan anket çalışmasında dijital radyografi ve bilgisayar destekli sefalometrik analiz sistemlerinin kullanımı artmış olsa da rutin olarak sefalometrik analiz uygulayan klinisyenlerin yüzdesi azalmıştır. Posteroanterior radyografilerin kullanımının da %5.5 'a gerilediği görülmektedir (35). Kullanımın böyle düşük yüzdelerde bulunmasının, ortodontik eğitim merkezlerinde PA sefalometrik değerlendirmenin öneminin vurgulanmaması ve uygulama sırasında karşılaşılan zorluklarla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Uygulama sırasında karşılaşılan bu problemler baş pozisyonunun tekrarlanması

zorluğu, yapıların superpozisyonu veya zayıf radyografik teknik nedeniyle anatomik noktaların belirlenme zorluğu ve ek radyasyona maruz kalmadır (36).

2. 3. 1. Posteroanterior Sefalometrik Radyografilerin Çekim Teknikleri

Sefalometride sefalostat denilen baş konumlandırıcı sefalometrenin keşfiyle standardizasyon sağlanmış ve ışın kaynağı, film ve hasta projeksiyon geometrisinin tekrarlanabilirliği ile seri lateral radyografiler alınmıştır. Böylelikle doğru ölçümler yapabilme, karşılaştırma ve çakıştırma imkanı sağlanmıştır. Hem lateral hem de posteroanterior radyografilerin elde edilmesinde x-ışın kaynağı, ayarlanabilir sefalostat, radyografik film kasedi ve film kaset tutucusu olarak temel ekipmanlar gereklidir (26).

Sefalometrik radyografilerin çekimi sırasında hasta, ayakta dururken ayarlanabilir kulak çubukları meatus akustikuslara yerleştirilerek sefalostat ile pozisyonlandırılır. Hastanın orta sagittal düzlemi yer düzlemine ve x-ışını kaynağına dik olmalıdır. Dış meatus akustikusun üst kenarı ile orbita alt kenarı arasında uzanan Frankfort yatay düzlemi ise yere paralel olmalıdır. Posteroanterior radyografi için hasta 90⁰ açı ile dönmeli ve yüzünü filme çevirmelidir (26).

Her radyografide belirli miktarda magnifikasyon oluşmaktadır. Magnifikasyon miktarını x-ışın kaynağı ile obje arası mesafe ve x-ışın kaynağı ile film arası mesafe oranları belirler. Işın kaynağı ile obje arası mesafenin artması magnifikasyon miktarını artırır. Bu etkiyi azaltmak için ışın kaynağından hastanın orta sagittal düzlemine mesafesi 152.4 cm (5feet) olarak ayarlanmıştır. Bu x-ışınlarının objeden filme daha paralel şekilde gitmesini sağlar ve magnifikasyonu azaltır. Film ile obje arasındaki mesafe de magnifikasyon miktarını etkiler. Eğer film objeden uzaklaşırsa etki artar. Hastalar arasında magnifikasyon varyasyonlarını azaltmak için birçok klinisyen orta sagittal düzlem ile film kasedi arası mesafeyi 15 cm olarak almaktadır. Bu kabul

edilebilir bir magnifikasyon oluşturur. Bazı klinisyenler ise maksimum netlik ve magnifikasyonu azaltmak için film kasedinin hasta başına olabildiğince yakın olmasını tercih ederler (26).

Sefalometrik radyografide ekspoz parametreleri kilovoltaj (kVp), miliamper (mA) ve ekspoz süresidir. Bu parametrelerin seçimini etkileyen kriterler hastanın boyutu, yaşı, ışın kaynağı ile film mesafesi ve film kasedinde kullanılan film screen kombinasyonun tipidir. Günümüzde yüksek hızdaki filmlerin kullanımı ile kullanılan radyasyon miktarı azalmakta ve iyi görüntüler elde edilmektedir. Miliamper ve ekspoz süresindeki varyasyonlar sadece densiteyi etkilerken görüntünün kontrastına etkisi yoktur. Kilovoltaj ayarındaki değişim ise görüntünün densite ve kontrastını etkiler. Hasta hareketinin neden olduğu görüntüdeki bulanıklığı azaltmak için ekspoz süresinin 1 saniyenin altında olması istenir. Bu ise yüksek miliamper ayarı ve yüksek hızda film screen kombinasyonu kullanımı ile mümkündür (26).

Posteroanterior radyografilerin çekimi için 8x10 boyutunda film kasedi dikey olarak kaset tutucusuna yerleştirilir. Sefalostatın çift taraflı kulak çubukları lateral projeksiyon prosedürüne göre 90⁰ açıda döndürülür, bu durumda hasta film kasetini tam karşısına alacak şekilde pozisyonlandırılmıştır. Işın kaynağı ile hasta arası mesafe 152.4 cm (5feet) sabittir. Hastanın sağ ve solunu ayırt etmek için rehber işaretleyici film kasedinin bir köşesine yerleştirilmelidir. Hastanın midkoronal düzlemi ışın kaynağına dik ve film düzlemine paralel olmalıdır. Frankfort yatay düzlemi ise yere paralel olmalıdır (Şekil 2.1). Hastanın doğru konumlandırılması PA radyografilerde lateral projeksiyonlara göre daha kritiktir. Burun köprüsüne yerleştirilen burun çubuğu da hastanın baş pozisyonunun sabitlenmesine yardımcı olur (26). Sefalostatta başın bu pozisyonunun tekrarlanması önemlidir, çünkü başın eğimlenmesi tüm vertikal ölçümlerin değişimine neden olur (6).



Şekil 2.1. Posteroanterior radyografi çekimi sırasında hastanın konumlandırılması

Posteroanterior radyografilerde Ricketts'in geliştirdiği standartlara göre kulak çubuğunun 1,5 mm üzerindeki nokta ile gözün lateral kantusu aynı hizada olmalıdır. Bu Frankfort yatay düzlemine paralel bir doğruyu taklit eder. Hastanın burnu film kasetine dokunmalıdır (33, 37).

Broadbent (2) de hasta ile film arası mesafeyi film-kulak çubuğu veya film-porion mesafesi (FPD) olarak adlandırmış ve standart değerini 11,53 cm olarak belirtmiştir. Posteroanterior filmlerde farklı film-porion mesafelerinin değerlendirildiği çalışmada 13 cm de pratik standart olarak kabul edilebilir olduğu bulunmuştur (38).

Kulak çubukları başın vertikal ve posteroanterior yönde rotasyonunu engeller. Üçüncü referans burun çubuğu ise burnun transversal yönde rotasyonunu engeller (2,39). Bu pozisyonlandırıcılar yumuşak dokuya temas eder, distorsiyona neden olur ve hastanın pozisyon hataları ile sonuçlanır. Sefalostatın kulak çubuklarının eksternal meatus akustikusa yanlış

konumlandırılması ve eksternal meatus akustikusun pozisyonunun dikey ve anteroposterior yönde bireysel değişkenlik göstermesi baş rotasyonları ile sonuçlanabilir (40). Ayrıca sefalostattaki baş pozisyonlandırıcılar ile baş rotasyonundan oluşacak hatalar en aza indirilirken, başın sagittal hattı istenilen şekilde merkezi X ışınına dik olarak pozisyonlandırılmayabilir (41).

Posteroanterior radyografilerin çekiminde ışın kaynağından gelen merkez X-ışını, occipital bölgede başın arka kısmından girmeli ve nazal kemiğin en ön ve alt bölgesinden çıkmalıdır. Bazı cihazlarda bulunan yumuşak doku perdesi bu projeksiyon için gerekli değildir ve kasetten çıkarılabilir (26).

2. 4. Posteroanterior Sefalometrik Radyografilerin Güvenilirliği

Sefalometrik radyografi, X-ışını kaynağı ve filmle ilişkili olarak standardizasyon ve tekrarlanabilir baş pozisyonunu kullanabilmeyi temel almaktadır (39). Posteroanterior radyografilerde yapılan ölçümlerde lateral sefalometrilere olduğu gibi X ışını projeksiyonu, ölçüm sistemleri ve anatomik noktaların belirlenmesine bağlı olarak hatalar oluşabilmektedir. Baş pozisyonu kontrolünün daha zor olması nedeniyle lateral sefalometrik radyografilere göre projeksiyon hataları daha fazla olmaktadır (6). Posteroanterior radyografilerin kullanıldığı araştırmalarda projeksiyon hatalarının eliminasyonunda, oranların kullanılması avantaj sağlar. Böylece kontrolsüz çekilen radyografilere sahip grupların karşılaştırılmasına imkan sağlanır (6).

Posteroanterior radyografilerin güvenilirliğinin araştırıldığı birçok çalışma, baş rotasyonunun bu radyografilerde hatalara neden olduğunu göstermektedir (42, 43). Kafatasında doğru referans düzlemi bulma zorluğu nedeniyle temel yapısında ciddi asimetrisi olan vakalarda, asimetri miktarı belirlenmesi daha da zor olmaktadır (39, 41). Bu nedenle, projeksiyon hataları tam olarak değerlendirilmedikçe ve algılanmadıkça, posteroanterior sefalometrik ölçümleri malokluzyonların teşhis ve tedavi planlamasında sadece sınırlı durumlarda uygulanabilir (39).

Posteroanterior radyografilerde baş rotasyonunun etkisinin incelendiği bir çalışmada yatay farkın, vertikal rotasyon düzlemine daha yakın olan noktalarda daha az olduğu belirtilmiştir. 0° ile 10° rotasyon açısı değiştiğinde, vertikal düzlemin arkasında konumlanan noktalar zıt yönde, önünde konumlanan noktalar ise aynı yönde hareket etmektedir. Vertikal Z düzleminde oluşan rotasyon, noktaları yatay yönde etkilemektedir. Bu sebeple yüzün asimetrisini değerlendirmek zor olmaktadır, çünkü çift taraflı noktaların orta hattaki referans düzlemine uzaklıkları baş rotasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Vertikal Z düzlemindeki rotasyonların aksine anteroposterior Y düzlemindeki rotasyonlar görüntüde distorsiyona neden olmamaktadır (42, 44) Sadece görüntünün filmdeki yerleşimi değişmekte, noktalar arasındaki ilişkiyi etkilememektedir. Transvers X düzlemi üzerindeki rotasyonlar ise noktalar arasındaki ilişkiyi sadece vertikal yönde etkiler (38). Sonuç olarak asimetrinin belirlenmesini belirgin olarak etkilememektedir. Araştırmacılar posteroanterior radyografilerin değerli bir teşhis aracı olarak kullanılabilmesi için filmlerin vertikal Z düzleminde baş rotasyonu olmadan ekspozite edilmesini önermektedir (39).

Posteroanterior radyografileri inceleyen başka bir çalışmada da vertikal yönde (sağ ve sol) baş rotasyonunun, dikey ölçümlerde küçük bir etkisi olduğunu fakat yatay ölçümlerde daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir. Transverse yöndeki (yukarı ve aşağı) rotasyonlar ise beklenildiği gibi tersi şekilde etkilemiştir. Dikey ölçümleri yatay ölçümlere göre daha fazla derecede etkilemiştir (42, 44).

Baş rotasyonunun anatomik noktaların belirlenme hataları üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada nazal kavite, mandibula/occiput, foramen rotundum ve orbita noktalarında 5° vertikal rotasyonda daha fazla belirleme hatası olduğu bulunmuştur (40). Transvers yöndeki rotasyonda noktaların ilişkisi vertikal yönde etkilenmektedir, horizontal yönde ise değişiklik olmamaktadır ve her iki tarafta da bulunan noktalar aynı yönde hareket etmiştir. Böylece vertikal orta hat ile noktaların ilişkisini etkilememiştir. Noktalar arası gerçek vertikal mesafe değişmiş fakat bu da vertikal asimetri teşhisini

etkilememektedir. Vertikal rotasyonda ise yatay ilişkiler değişirken, dikey ilişkiler aynı kalmaktadır. Bu hareket, orta hat referans düzlemine göre bilateral konumlanan ve asimetri teşhisinde kullanılan noktalar ile orta hattın ilişkisini değiştirmektedir. İdeal olarak vertikal yöndeki rotasyon etkisini elimine etmek için her bilateral nokta çifti aynı anteroposterior pozisyonda olan orta hat referansına göre ölçülmelidir (40).

Van Aken ise baş rotasyonunun sefalometrik radyografilerde etkisini incelemiş ve sonuçlarına göre midsagittal düzleme oranla filme daha yakın olan yapılarda magnifikasyona bağlı olarak daha az hata oluşmaktadır fakat bu yapılar da baş rotasyonunun etkilerine daha fazla bağımlıdır (45).

Ahlqvist, lateral sefalometrik mesafe ölçümlerinde 5° ve daha az baş rotasyonlarının belirgin olmayan miktarda hataya neden olduğunu rapor etmiştir. Rotasyon aksına paralel doğrular en az etkilenirken, aksa dik doğrular en fazla etkilenir. Sefalometrik filmlerde hastanın dikkatli pozisyonlandırılması ile 5° 'den daha fazla baş rotasyonunun oluşmaması gerektiğini belirtmişlerdir (46).

Lateral, posteroanterior (PA) ve submentoverteks (SMV) olmak üzere 3 farklı sefalometrik radyografide baş rotasyonunun projeksiyon hatalarına etkisini inceleyen çalışmada, baş rotasyonunun lateral sefalometrik radyografilerde yatay düzlemdeki açısal ve lineer ölçümleri etkilediği, PA sefalometrik radyografilerde açısal ölçümlerde kabul edilebilir değişikliklere neden olduğu ve SMV radyografileri ise en fazla etkilediği sonucuna varılmıştır. Baş rotasyonu ile oluşan projeksiyon hatalarında, lateral sefalometrik radyografilerde dikey lineer ölçümler ve PA sefalometrik radyografilerde ise açısal ölçümler daha güvenilir bulunmuştur (47).

Baş rotasyonunu engelleyen kulak çubukları, asimetrik dış kulak yoluna sahip bireylerde yerleştirildiğinde genellikle baş rotasyonuna neden olur. Bu tip hastalarda tek kulak çubuğu yerleştirilmeli ve orta sagittal düzlem radyografik kasete dik konumlandırılmalıdır. İkinci çubuk deri üzerine hastanın hissedeceği

referans olması için hafifçe yerleştirilmelidir. Radyografi çekilirken doğru baş pozisyonunu doğrulamak için Frankfort düzleminin yere paralel olması kontrol edilmelidir. Hasta direk karşıya veya hafif aşağıya bakmalıdır (36).

Frontal görüntünün iyileştirilmesinde Bench (48) radyografi çekim tekniğini modifiye etmiştir: Kulak çubuğu üzerine kulak çubuğundan 15mm yukarıda bir doğru çizilir. Orbitaların yüksekliği yaklaşık 3cm dir ve lateral kantus orbitanın merkezindedir ve 15mm dir. Hasta kulak çubuklarının üst kısmına karşı rahatça oturmalıdır ve böylece gözün lateral kantusu kulak çubuğundaki doğru ile aynı seviyede olur. Çeneler habitüel okluzyonda tutulmalıdır. Ekspoz süresi lateral sefalometrik filmlerde kullanılan 3 kat fazla olmalıdır. Amaca yönelik olan frontal film, orbitanın merkezinin yanında temporal kemiğin petros kısmının üstünü göstermelidir. Ayrıca J ve Ag noktaları belirlenebilmeli ve nazal kavite morfolojisi görülmelidir.

Posteroanterior radyografilerin çekiminde bir diğer teknik de doğal baş pozisyonudur. Doğal baş pozisyonu göz hizasındaki uzak noktaya odaklanan başın standart bir düzenlenmesidir (49). Frontal filmler doğal baş pozisyonunda alınırken kulak çubukları tragusun önüne yerleştirilir, sadece deriye temas ederek transvers planda başı bilateral destekler. Metal zincir film kasetinin bir tarafında asılı durur ve doğru vertikal düzlemi ifade eder. Bu yöntemle film alınırken bazı pratik problemler oluşmaktadır. Hastanın başının kasete değmesi, hastanın doğal baş pozisyonunu belirlemek için aynaya bakmasını zorlaştırmaktadır (50).

Chierici'ye (51) göre de hastanın başı burun ucuna göre pozisyonlandırılmalı ve alın kaset tutucuya hafifçe değmelidir. Faber (52) ise belirgin mandibular asimetrisi olan vakalarda hastanın ağzı hafif açık olarak film alınmasını önermiştir.

Projeksiyon hatalarının etkisini azaltmak için, ölçüm noktaları ve referans düzlemleri seçilirken transvers ve sagittal yönde birbirlerine göre olabildiğince

yakın olmasına dikkat edilmelidir. Genişlik ölçümleri başın konumunun minor değişikliklerinden en fazla etkilenmektedir. Bu sebeple fasiyal asimetri teşhisinde genişlik ölçümleri kullanımında dikkatli olunmalıdır (41).

Sefalometrik analizlerde oluşan hatalar, projeksiyon hataları dışında çizim, anatomik noktaların belirlenmesi ve ölçümler sırasında oluşabilir (53). Konvansiyonel yöntemlere alternatif olarak bilgisayarlı çizim sistemlerinin gelişimi ile doğruların çizimi ve protraktör ile ölçüm sırasında oluşan hatalar elimine edilmiştir (54).

Noktaların belirlenme hatalarında iki temel terimin ayırt edilmesi önemlidir: Doğruluk ve tekrarlanabilirlik. Literatürde noktaların belirlenmesinde güvenilirlik (Reliability) de tekrarlanabilirlikle (Reproducibility) aynı anlamda kullanılmaktadır (55).

Anatomik noktaların belirlenmesindeki doğruluk birçok faktöre bağlıdır. Net bir eğri üzerinde veya iki eğrinin kesişiminde bulunan noktalar, yaygın veya düz bir eğri üzerinelere göre daha kolay belirlenir. Noktanın bulunduğu bölgeye diğer yapıların superpozisyonu belirlenmesini zorlaştırır (53, 54). Yüksek kontrast bölgede yer alan noktalar düşük kontrast bölgelerdekilere göre daha kolay belirlenir (53).

Anatomik noktaların kesin tanımlanmasının yapılması ve klinisyenin tecrübesi yorumlama şansını azaltır (53). Yapılan sefalometrik ölçümlerde noktaların belirlenme ve ölçüm hatalarını azaltmak için analizin tekrarlanması ve ortalamaların alınması önerilmektedir (55).

Yapılan çalışmalarda noktaların belirlenmesinin kuru kafalarda daha kolay olduğu bulunmuştur (54). Hastadan alınan filmlerde sert dokunun görüntü keskinliğini yumuşak doku azaltmakta ve yumuşak doku varlığında dental ve iskeletsel ölçüm hataları daha fazla olmaktadır (56). Ayrıca hastadan alınan filmlerde anatomik noktaların güvenilirliği filmin kalitesi, sefalostattaki

pozisyonuna dikkat etme, sabit midsagittal düzlem film mesafesi olması, klinisyenin anatomik bilgisi, bölgenin anatomik karmaşıklığı ve ortodontistin noktaları belirlemedeki doğruluk ve kesinliği gibi faktörlere bağlıdır (57).

Literatürdeki sistematik derlemeye göre sefalometrik filmlerde noktaların belirlenme hatalarını gösteren birçok çalışma olmasına rağmen posteroanterior radyografilerde hataları gösteren sadece birkaç çalışma bulunmaktadır (54).

Bunlardan ilkinde kuru kafalardan alınan radyografilerde 6 ölçümün tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir. Nazal ve bigonial genişlik ölçümleri en kesin olarak tekrarlanabilirken bimaksiller ve bizigomatik genişlikler orta derecede, bikondiler ve bimastoid genişlikler ise zayıf derecede tekrarlanabilir bulunmuştur (58).

Frontal radyografilerde anatomik noktaları koordinat sisteminde kayıt edebilen 'EA-PAX' adında yeni dizayn edilen bir programın kullanıldığı çalışmada yatay yönde en güvenilir nokta menton, dikey ve radial yönde ise B noktası olduğu bulunmuştur. Yatay ve radial yönde en az güvenilir nokta mandibular molar iken dikey yönde maksiller kanin noktasıdır. Çalışmanın sonucuna göre iskeletsel noktalar dişsel noktalara göre daha güvenilirdir. En az güvenilir iskeletsel nokta zigomatiko-frontal sutur iken mandibular kanin en güvenilir dental noktadır. Çalışmada ayrıca iki düzlem değerlendirilmiş ve beklenmedik şekilde okluzal düzlem midsagittal düzleme göre daha güvenilir bulunmuştur. Noktaların belirlenmesinin doğrulara göre daha güvenilir olmasını, doğru belirlenirken iki nokta tanımlanması gerekmesine bağlamışlardır (57).

Major ve ark.'nın yaptığı çalışmada hem kuru kafa hem de hastalardan alınan posteroanterior radyografilerde noktaların belirlenme hataları hem tek araştırmacı için hem de 4 araştırmacı için değerlendirilmiştir. Hastalardan alınan filmlerde kafatasından alınanlara göre daha fazla hata bulunmuş, bunun nedenini yumuşak dokunun varlığına bağlanmıştır. Vertikal yönde en fazla belirleme hatası daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak maksiller kanin ve

crista galli için olmuştur. Araştırmacılar arasındaki belirleme hatası, tek araştırmacıya göre daha fazla bulunmuştur (53).

El Mangoury ve ark.'nın çalışmasının aksine, Pirttiniemi ve ark.'nın çalışmasında dental noktalar ve orbitanın üst kenar noktası en iyi belirlenen noktalar bulunmuştur (41).

Posteroanterior radyografilerde 34 noktanın 5 farklı araştırmacı tarafından belirlenme hatalarını inceleyen çalışmada ise her nokta için yapılan lokalizasyon hatalarının dağılımının karakteristik bir zarf şeklinde olduğu belirtilmiştir. Çift taraflı noktalar benzer zarfa sahiptir. Noktaların belirlenmesindeki doğruluk, çeşitli noktalar için belirgin farklılık göstermektedir. En doğru belirlenen 6 nokta Mastoid sağ ve sol, Latero-orbitale sağ ve sol ve Antegonion sağ ve sol, en fazla hata yapılan noktalar ise coronoid, kondiler ve mandibular foramen noktalarıdır. 5 araştırmacı arasında noktaların doğru belirlenmesinde belirgin fark tespit edilmiştir. Aynı radyografi üzerinde noktaların belirlenmesinin tekrarlanması doğruluğu geliştirmemiştir (59).

Kafataslarından elde edilen dijital posteroanterior radyografiler ile CBCT frontal radyografilerin karşılaştırıldığı çalışmada, ölçümlerin tekrarlanabilirliği CBCT ile elde edilen radyografilerde daha yüksek bulunmuştur. İki farklı teknikle alınan frontal radyografilerdeki ölçümler arasında anlamlı fark bulunmuştur (60).

2. 5. Posteroanterior Sefalometride Kullanılan Anatomik Noktalar

Posteroanterior sefalometrinin tanıtılmasından itibaren çeşitli sefalometrik analizler ileri sürülmüştür. Bu analizler çeşitli anatomik noktalar kullanılmaktadır. Bunlar iskeletsel ve dişsel noktalar olarak ayrılır.

Çift Taraflı İskeletsel Noktalar: (Şekil 2. 2)

1. Euryon (Eu): Kraniyel kubbenin en dış noktası

2. Medioorbitale (Mo): Orbitanın iç kenarında bulunan orta düzleme en yakın nokta
3. Lateroorbitale (Lo): Orbitanın yan duvarı ile sfenoidin büyük kanadının (oblik doğru) kesişim noktası
4. Zygomatic (ZA): Zigomatik arkın en dış noktası
5. Zygomandibulare (Zmd): Zigomatik kemiğin alt kenarı ile mandibular ramusun lateral konturunun kesişim noktası
6. Condylar (Cd): Kondil başının en üst noktası
7. Maxillomandibulare (Mmd): Maksillanın alt kenarı ile ramusun medial konturunun kesişim noktası
8. Maxillare (Mx): Maksillanın lateral konturu ile maksillozygomatik çıkıntının alt konturunun kesişim noktası, aynı zamanda lateral maksiller konkavitenin en derin noktası olarak da tanımlanabilir ve Ricketts jugal (J) noktası olarak adlandırılır (61).
9. Nasal Cavity (NC): Nazal kavitenin en lateral noktası
10. Gonion (Go): Mandibulanın gonial açısındaki nokta
11. Antegonion (Ag): Antegonial notch'un lateral ve alt kenar noktası
12. Mastoid (Ma): Mastoid çıkıntının en alt noktası

Orta Hattaki İskeletsel Noktalar: (Şekil 2. 2)

1. Crista Galli (CG): Crista gallinin geometrik ortası
2. Nasal Septum (NS): Nazal septumun üst görüntüsünün en yukarı noktası
3. Anterior Nasal Spine (ANS): Nazal septum ve damağın kesişiminin merkezi
4. Menton (Me): Mental çıkıntının alt kenarının orta noktası

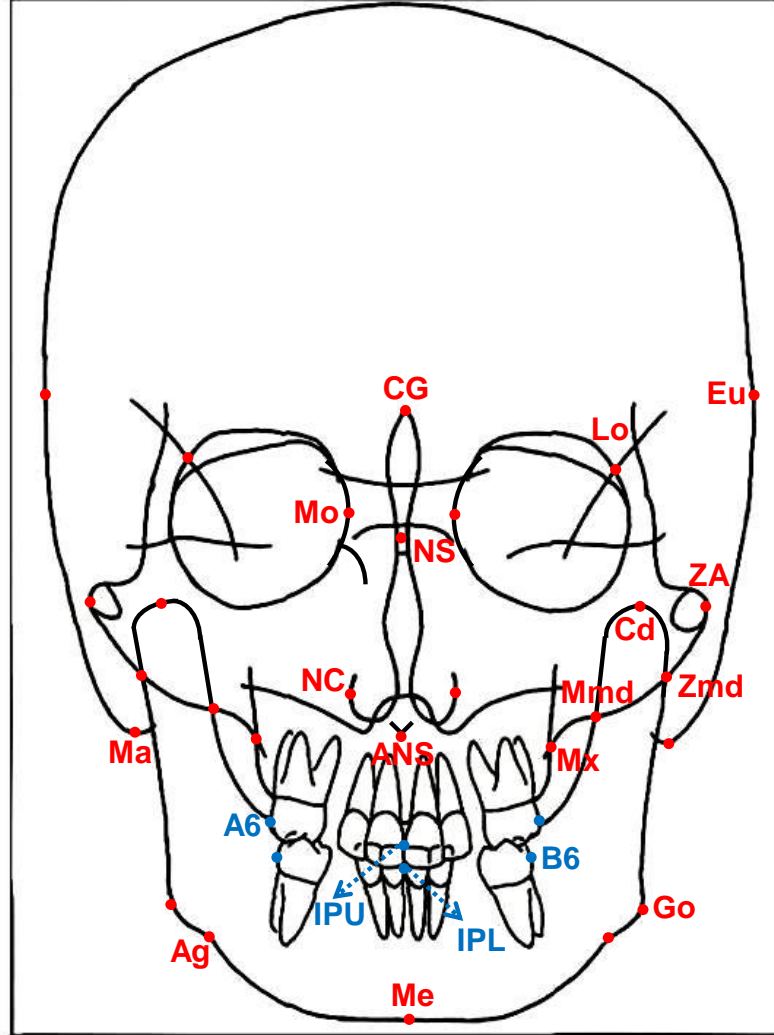
Çift Taraflı Dişsel Noktalar: (Şekil 2. 2)

1. Maksiller molar (UM) (A6): Maksiller birinci moların bukkal yüzeyinin orta noktası

2. Mandibular molar (LM) (B6): Mandibular birinci moların bukkal yüzeyinin orta noktası
3. Maksillar kuspit (MX3) (A3): Maksiller kanin dişin insizal ucu
4. Mandibular kuspit (MD3) (B3): Mandibular kanin dişin insizal ucu

Orta Hattaki Dişsel Noktalar: (Şekil 2. 2)

1. Upper Incisor Point (IPU): Üst santral keserlerin orta noktası
2. Lower Incisor Point (IPL): Alt santral keserlerin orta noktası



Şekil 2.2. Posteroanterior sefalometride kullanılan anatomik noktalar

2. 6. Posteroanterior Sefalometri Analiz Yöntemleri:

Literatürde birçok posteroanterior sefalometrik analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlar kraniyofasiyal iskeleti değerlendirirken kullandıkları ölçüm şekli açısından sınıflandırılmıştır (6):

1. Genişlik ve yükseklik: Solow (62), 1966; Ricketts ve ark (8), 1972; Ingerslev ve Solow (63), 1975; Moyers ve ark (64), 1988; Nakasima ve Ichinose (65), 1984; Grummons ve Kappeyne van de Coppello (36), 1987; Athanasiou ve ark (66), 1992
2. Açı: Ricketts ve ark (8), 1972; Svanholt ve Solow (67), 1977; Droschl (68), 1984; Grummons ve Kappeyne van de Coppello (36), 1987; Athanasiou ve ark (66), 1992
3. Oran: Costaras ve ark (69), 1982; Grummons ve Kappeyne van de Coppello (36), 1987; Athanasiou ve ark (66), 1992
4. Hacimsel karşılaştırma: Grummons ve Kappeyne van de Coppello (36), 1987

Posteranterior sefalogramlar vertikal, transvers ve sagittal boyutta değerlendirilebilir. Grummons ve Kappeyne van de Coppello (36) tarafından hazırlanan analiz vertikal boyutta ve oranlarda sayısal değerlendirmeleri içerir. Midsagittal düzlemi belirlenmesinin ardından yapılan lineer, angular ve oransal ölçümlerle fasiyal asimetrisinin ciddiyeti ve derecesi değerlendirilebilir (8, 66).

Aynı posteroanterior radyografide koronal düzlemde farklı derinliklerdeki anatomik noktaların belirlenmesi kraniyofasiyal iskeletin dikey, transvers ve sagittal boyutu hakkında bilgi sağlar. Grayson ve ark (70) tarafından geliştirilen çok düzlemlili analiz, bu kategorideki en iyi ve en kompleks metottur.

2. 6. 1. Ricketts Analizi (6, 33, 71):

Ricketts frontal analizinde kullanılan başlıca noktalar (Şekil 2. 3):

A3(L-R), A6(L-R), Ag(L-R), B3(L-R), B6(L-R), J(L-R), Me, NC(L-R), ZA(L-R), ANS, 1A ve 1B dir.

Z(L-R): Zigomatiko frontal sütünün orbita ile kesişme noktasıdır.

Ricketts frontal analizinde kullanılan başlıca düzlemler (Şekil 2. 3):

1. Midsagittal düzlem: Asimetri ve orta hat kaymaları için bir referans düzlemdir.
2. Frontal diş düzlemleri: (JL-Ag, JR-Ag) Dişlerle apikal kaideler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yarar.
3. Okluzal düzlem: Azı dişlerinin okluzyon çizgisini belirler.
4. Frontal yüz düzlemleri: (ZL-Ag, ZR-Ag) Alt ve üst apikal kaidelerin genişliklerini tanımlamakta kullanılır.
5. Z düzlemi: Horizontal referans çizgisidir.

Analizde kullanılan ölçümler aşağıda verilmiştir ve ayrıca analiz bu ölçümlerin yaşlara göre klinik normlarını vermektedir (Şekil 2.3).

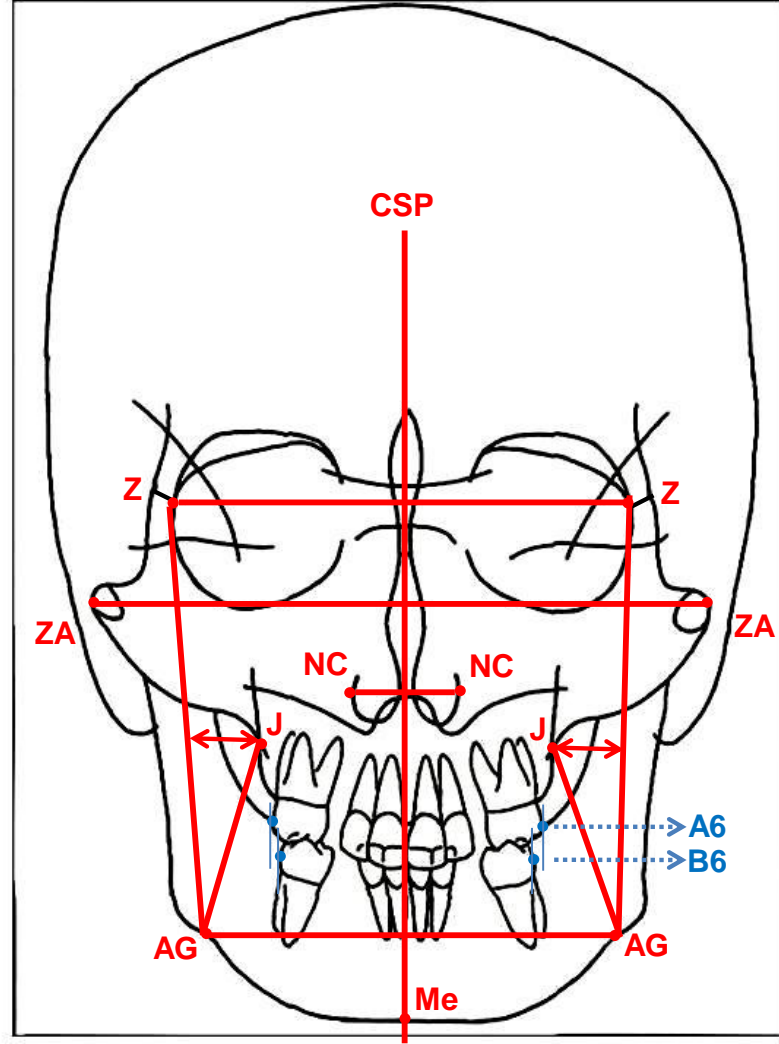
A. İskeletsel Problemler (maksillomandibular ilişkiler):

1. Maksiller genişlik: Maksillanın jugal proçesleri ile frontal fasiyal düzlem arasındaki uzaklıktır. Maksillanın mandibulaya göre değerlendirilmesini sağlar.

Fonksiyon: Maksillomandibular transvers ilişkisini gösterir. Çapraz kapanışların iskeletsel olup olmadığı tanısına olanak verir.

Faktör: Maksiller konkavite, J-Fasiyal frontal düzlem (Z-Ag)

Klinik norm: 10mm \pm 1.5mm



Şekil 2.3. Ricketts posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve ölçümler

2. Mandibular genişlik: Ag-Ag noktaları arasındaki mesafedir. Mandibular mesafenin kondil veya gonial açıdan değerlendirilmemesinin nedeni, bu noktaların doğru belirlenme zorluğudur. Ag noktanın olduğu bölge daha stabildir.

Fonksiyon: Efektif mandibular genişliğin göstergesidir.

Faktör: Mandibular genişlik Ag-Ag

Klinik norm: 3 yaş = 68,25mm ± 3mm

Değişim: Her yıl 1,25mm artar; 8 yaş = 75mm, 13 yaş = 81,25mm, 18 yaş = 88,50mm

3. Simetri: Maksiller ve mandibular orta hatların değerlendirilmesini sağlar. ANS noktası ve Pogonion noktalarının midsagittal düzlemle ilişkisi iskeletsel orta hat simetrisini gösterir. Midsagittal düzlem, nazal septum üst noktası veya crista galli noktasından zigomatik arkların merkez noktalarından geçen doğruya dik olarak oluşturulur.

Klinik norm: 0mm ± 2mm

Değişim: Simetride değişim olmaz, asimetri ile artar.

4. Maksillo-Mandibular orta çizgi: Zigomatiko frontal proçese dik düzlem ile ANS-Menton düzlemi arasında kalan açı ile belirlenir.

Fonksiyon: Dişlerdeki orta hat kaymasının iskeletsel mi, fonksiyonel mi olduğunu ayırt etmeye yarar.

Klinik norm: 0° ± 2°

B. Dişsel Problemler:

1. İntermolar genişlik: 1. daimi molarların bukkal yüzeyleri arasındaki uzaklığın ölçümüdür. Radyografideki ölçüm, dental modellerdeki ölçüme göre %5-10 oranında büyüme gösterir fakat bu radyografik ilişkiler açısından önem taşımaz. Ricketts dental paternde alt molarların iskeletle ilişkisinin öncelikli olduğunu belirtmiş ve bu sebeple alt molar ve alt kanin genişliklerinde klinik normları vermiştir.

Fonksiyon: 1. daimi molarların ark genişliğinin göstergesidir.

Faktör: İntermolar genişlik (B6-B6)

Klinik norm: 56mm±2mm

Değişim: Meziyal kaymaya bağlı hafif daralabilir ama genellikle değişim olmaz.

2. İnterkanin genişlik: Alt kaninlerin tepe noktası arasındaki uzaklıktır.

Fonksiyon: Alt kaninlerdeki ark genişliğinin göstergesidir.

Faktör: İnterkanin genişlik (B3-B3)

Klinik norm: 13 yaş = 26mm ± 1,5mm, 3 yaş = 25mm, 8 yaş = 22,5mm ± 2mm

Değişim: Kronlar birbirine yaklaşıırken daha sonra erüpsiyon sırasında birbirlerinden uzaklaşır.

3. Dental simetri: Bazal orta hatla benzer şekilde dental orta hat, üst ve alt santral keser kökleri arasındaki noktalardan belirlenir. İdeali santral sagittal düzlemin tüm orta hat noktalarından geçmesidir.

Fonksiyon: Dişsel orta hat değerlendirilmesini sağlar.

Klinik norm: 0mm ± 1,5mm

Değişim: Asimetride değişim gösterir.

4. Üst ve alt molar ilişkisi: Alt ve üst 1. molarların en çıkıntılı bukkal noktalarından bukkal overjetin ölçümüdür.

Fonksiyon: Molar çapraş kapanışın göstergesidir.

Faktör: Üst moların bukkal yüzünden alt moların bukkal yüzeyi arası mesafe

Klinik norm: Üst alta göre 1mm ± 1mm fazla olmalıdır.

Değişim: Yok

C. Diş - İskelet İlişkileri:

1. Moların çenelerle ilişkileri: Alt moların bukkal yüzeyi ile frontal çene düzlemi (J-Ag) arasındaki uzaklıktır.

Fonksiyon: Ark genişliğinin çenelerle uyumunu gösterir.

Faktör: B6-JAg

Klinik norm: 8 yaş = 6mm \pm 2mm

Değişim: Her yıl yaşla 0,8mm artar. 6 yaş = 5mm, 13 yaş = 10mm, 18 yaş = 14,2mm

2. Diş – çene orta çizgisi uyumu: Alt kesicilerin orta çizgisi ile çeneler arası orta çizgi (ANS-Po) arası uzaklıktır.

Fonksiyon: Dişsel orta çizgi kaymasının mandibular kayma ile ilgili olup olmadığının araştırılmasına yarar.

Faktör: Alt keser-ANSPo düzlemi

Klinik norm: 0mm \pm 1mm

Değişim: Normal simetride değişim yokken asimetricide kötüleşir.

3. Okluzal düzlem eğimi: Okluzal düzlemin sağ ve sol molarlar düzeyinde zigomatiko frontal sütürlerden geçen düzleme olan uzaklıklarının farkıdır.

Fonksiyon: Okluzal düzlemin eğilmesiyle birlikte görülen gerçek iskeletsel asimetrielerin tanısında kullanılır.

Klinik norm: 0mm \pm 2mm

D. Kraniyo Fasiyal İlişkiler:

1. Postürel simetri: Sağ ve sol yanda zigomatiko frontal sütür, antegonial protuberans ve zigomatik ark (Z-Ag-AZ) arasında yer alan açılarının farkıdır.

Fonksiyon: Asimetrielerin nedeninin açıklanmasına yarar. Film çekimi sırasında başın kötü konumlanmasından etkilenir.

E. Derin Yapılar:

1. Nazal genişlik: Nazal kavitenin en geniş noktaları arası mesafedir.

Fonksiyon: Efektif nazal genişliği gösterir.

Faktör: NC-CN

Klinik norm: 8 yaş = 24,5 \pm 2mm

Değişim: Yaşla birlikte her yıl 0,5mm artar. 3 yaş = 22mm, 18 yaş = 29,5mm

2. Burun oranları: ZL ve ZR den geçen ZZ düzlemine ANS den geçen paralel ve bu iki paralel doğruya NC ve CN noktalarından çizilen dikmelerin oluşturduğu dikdörtgenin köşegenleri arasındaki açı ile belirlenir.

Fonksiyon: Burun genişliğini burun yüksekliğine bağlı olarak verir.

Klinik norm: 8,5 yaş = $59^{\circ} \pm 4,5^{\circ}$

Değişim: Her yıl yaşla birlikte 15° azalır.

3. Maksiller oranlar: JL ve JR noktalarının birleştirilmesi ve bu noktalardan ZZ düzlemine dikmeler indirilmesiyle oluşturulan dikdörtgenin köşeleri arasındaki açı ile belirlenir.

Fonksiyon: Maksillanın rölatif genişliğini verir.

Klinik norm: 8,5 yaş = $103^{\circ} \pm 5^{\circ}$

4. Mandibüler oranlar: AG ve GA noktalarının birleştirilmesi ve bu noktalardan ZZ düzlemine dikmeler indirilmesiyle oluşturulan dikdörtgenin köşeleri arasındaki açı ile belirlenir.

Fonksiyon: Mandibulanın rölatif genişliğini verir.

Klinik norm: 9 yaş = $89^{\circ} \pm 4$

Değişim: Her yıl yaşla 4° azalır.

5. Yüz oranları: Menton noktasından ZZ düzlemine bir paralel çizilerek ve bu paralele ZA ve AZ noktalarından dikmeler indirilerek oluşturulan dikdörtgenin köşeleri arasındaki açı ile belirlenir.

Fonksiyon: Yüzün yüksekliğine bağlı olarak genişliğini verir.

Klinik norm: 8,5 yaş = $97,5^{\circ} \pm 3^{\circ}$

Değişim: Her yıl yaşla $0,2^{\circ}$ azalır.

2. 6. 2. Sassouni Analizi (71, 72,73):

Sassouni posteroanterior analizinde kullanılan anatomik referans noktaları orbita konturunun, orbita oblik çizgisi ile kesişim noktası olan latero-orbitale (Lo) noktaları, crista gallininin kaidelerini oluşturan Nc noktası, maksillanın

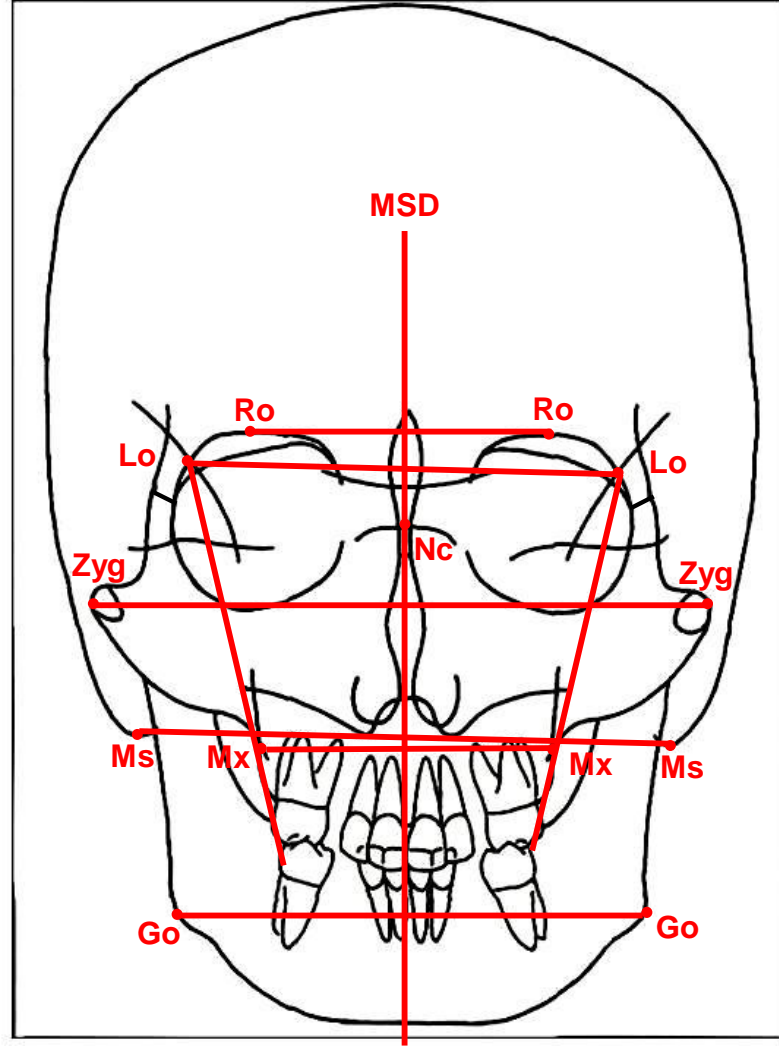
lateral bölümündeki konkavitenin en derin noktası maxillare (Mx) noktaları, mastoid çıkıntının en alt noktası olan mastoidale (Ms), zigomatik ark görüntüsünün en yan ve en üst noktası olan zigoma (Zyg), orbita tavanının en üst noktası (Ro) ve gonion (Go) noktalarıdır. (Şekil 2. 4)

Analizin uygulanmasında ilk olarak Lo noktaları birleştirilir ve bu düzleme Nc noktasından indirilen dikme ile orta fasiyal düzlem oluşturulmuş olur. Analizde kullanılan çift noktalar birleştirilerek, bimastoid, bizigomatik, bimaxiller ve bigonial çizgiler elde edilir. Ro noktalarının birleştirilmesiyle oluşan düzleme supra orbital düzlem denir. İdealde tüm bu düzlemler paralel veya paralele yakın olmalıdır. Nc'den indirilen dikmeye göre bir yüz asimetrisinin varlığı ve hangi tarafa yerleşmiş olduğu saptanabilir. Lo-Mx düzlemi çizilir ve aşağı doğru uzatılır. Bu düzlemin üst kısmı, yaklaşık olarak temporal kasın ön liflerini simgeler ve üst 1. molar dişin bukkal konturu bu doğruya teğet olmalıdır. Molar dişlerin doğruya göre iç kısımda olması maksiller darlığı işaret eder.

Araştırmacı, lateral ve PA film çizimlerini uyumlandırarak yüzün 3 boyutlu olarak incelenebileceği bir yöntem tanımlamıştır. İki film çizimi milimetrik kağıda yerleştirilir. PA filmi sağ tarafa yerleştirilir ve Lo-Lo düzlemi milimetrik kağıdın yatay çizgilerinden birine oturtulur. Nc noktası da vertikal çizgiye yerleşmelidir. Kağıdın sol tarafına da lateral sefalometrik çizim yerleştirilir. Ayrıca araştırmacı, sefalometrik filmlerden derlediği ön-arka ve dikey yönde bilgiler veren iskeletsel ve dişsel ölçümleri 'Wigglegram' adını verdiği standart sapma diagramlarında toplamıştır. Bu diagramlar çeşitli iskeletsel ve dişsel eğilimleri belirlemektedir. Sassouni çeşitli yaşta ve farklı etnik özellikler taşıyan bireyler için standart çizimler geliştirmiştir. Bunların çizime uygulanması olgu ile ilgili bilgi sağlamaktadır.

Diagramda yer alan PA ölçümleri:

1. Lo-Lo arası uzaklık : Ortalama değeri 96 mm'dir.
2. Bizigomatik uzaklık: Ortalama değeri 141 mm'dir.
3. Bimaxiller uzaklık: Ortalama değeri 66 mm'dir.
4. Bigonial uzaklık: Ortalama değeri 105.5 mm'dir.



Şekil 2.4. Sassouni posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve düzlemleri

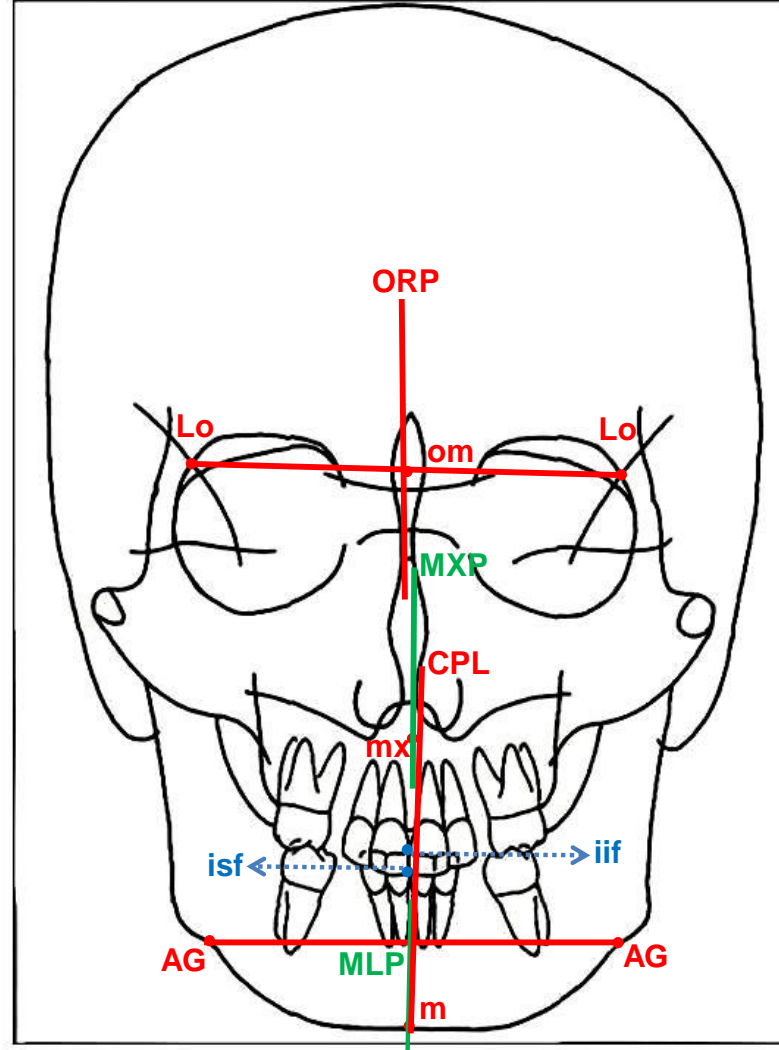
2. 6. 3. Svanholt ve Solow Analizi (6, 67):

Bu metot, dental arklar ve çenelerin orta hatları arasındaki ilişki olarak isimlendirilen kraniyo fasiyal gelişimin yönünü analiz etmeyi amaçlar. Bu analiz simetrik bir vakada sıfır olarak dizayn edilen değişkenleri birleştirmektedir. Svanholt ve Solow posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve düzlemleri Şekil 2. 5. 'de görülmektedir.

Analizde kullanılan ölçümler:

1. Transvers maksiller pozisyon: mx-om/ORP
2. Tranvers mandibular pozisyon: m-om/ORP
3. Tranvers çene ilişkileri: CPL/MXP
4. Üst keser pozisyonu: isf-mx/MXP
5. Alt keser pozisyonu: iif-m/MLP
6. Üst keser kompenzasyon: isf-mx/m
7. Alt keser kompenzasyon: iif-m/mx

Araştıracılara göre, dentoalveoler kompenzasyonda dental arkların orta noktası, kompenzasyon doğrusuna doğru hareketle simetri düzleminden uzaklaşır. Eğer dental ark orta noktası kompenzasyon doğrusuna ulaşırsa, kompenzasyon tamamlanmıştır. Dental ark noktası kompenzasyon doğrusuna ulaşamaz ise dentoalveoler kompenzasyon tamamlanmamıştır. Dental arkların orta noktasının çenelerin simetri doğrusundan kompenzasyon doğrusuna ters yönde yer değiştirmesine displastik adı verilir.



Şekil 2.5. Svanholt ve Solow posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları ve düzlemleri

2. 6. 4. Grummons Analizi (36):

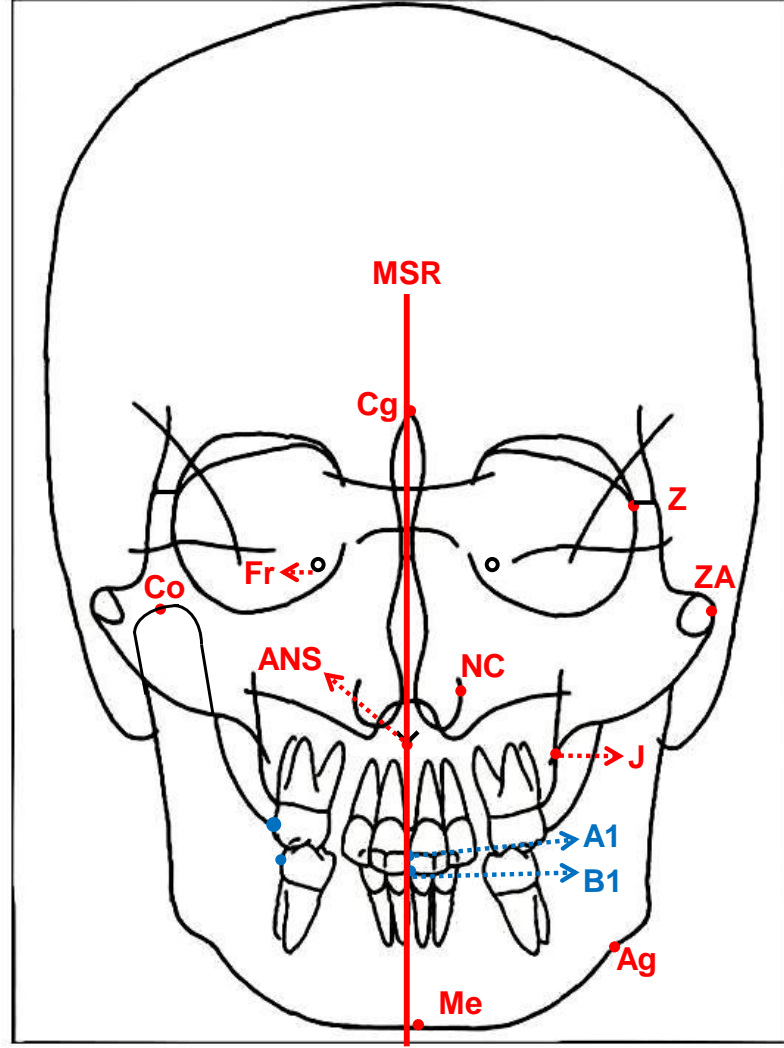
Daha önceki posteroanterior analizlerde açısal ve oransal ölçümler bulunmaması ve aslında bu ölçümlerin baş boyutu ve magnifikasyon etkilerini elimine ettiği için lateral sefalometrik analizlerde mesafe ölçümlerine göre daha fazla tercih edilmesi araştırmacıları yeni bir analiz oluşturmaya yönlendirmiştir. Bu analiz fasiyal asimetrinin yeri ve miktarı ile ilgili klinik bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler lateral sefalometrik datalarla ilişkilendirilerek 3 boyutlu fasiyal değerlendirme tamamlanır.

Bu yöntem bir oransal ve sayısal posteroanterior sefalometrik analizidir. Normatif bilgi içermez. Standart noktalara ek olarak asimetriyi belirlemedeki güvenilirliği ve kolay belirlenmesi baz alınarak ek noktalar kullanılmıştır. Analizde kullanılan referans noktaları Şekil 2. 6. 'de görülmektedir.

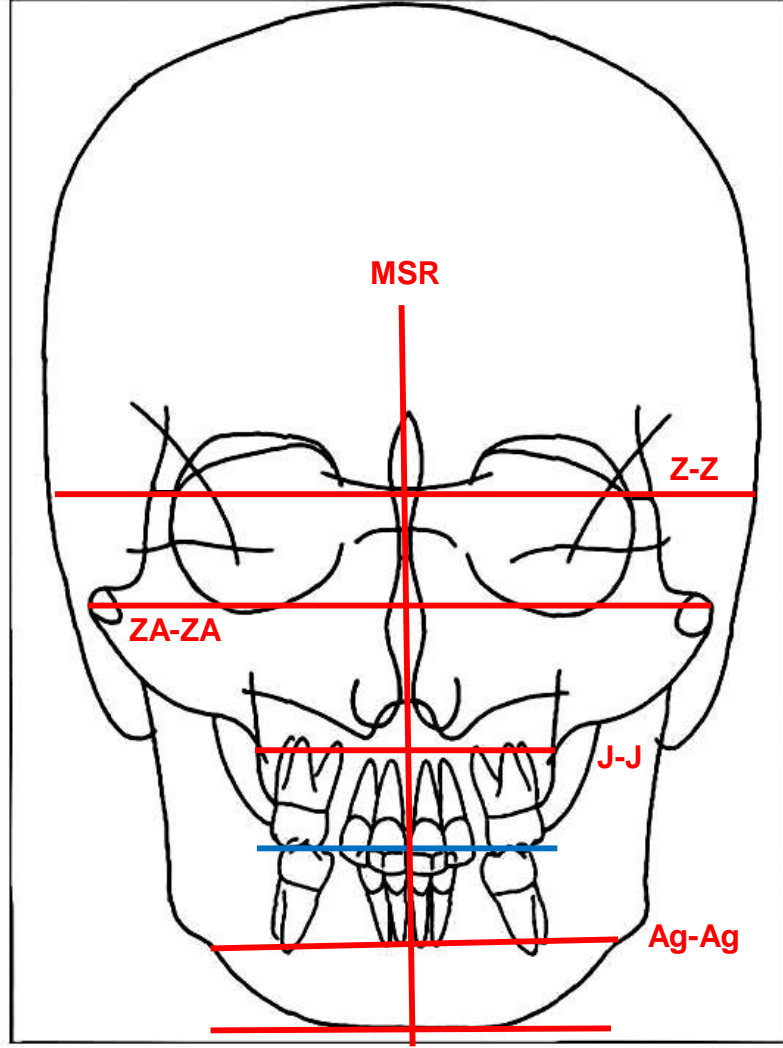
Analizde yatay düzlemler, mandibular morfoloji, volumetrik karşılaştırma, asimetrinin maksillomandibular karşılaştırması, lineer asimetrinin belirlenmesi, maksillomandibular ilişki ve frontal vertikal oranlar olarak farklı komponentler bulunur.

Pratik uygulaması şu adımları içerir:

1. Yatay düzlemlerin çizimi: 4 yatay düzlem paralellik derecesi ve fasiyal yapıların simetrisini göstermek için kullanılmaktadır (Şekil 2. 7):
 - Zygomatikofrontal suturen (Z) medial görüntüsünü birleştiren düzlem
 - Zygomatik arkların merkezlerini (ZA) birleştiren düzlem
 - Jugal proçeslerin (J) medial görüntüsünü birleştiren düzlem
 - Mentondan geçen ve Z düzlemine paralel bir düzlem



Şekil 2.6. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan referans noktaları



Şekil 2.7. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde kullanılan yatay referans düzlemleri

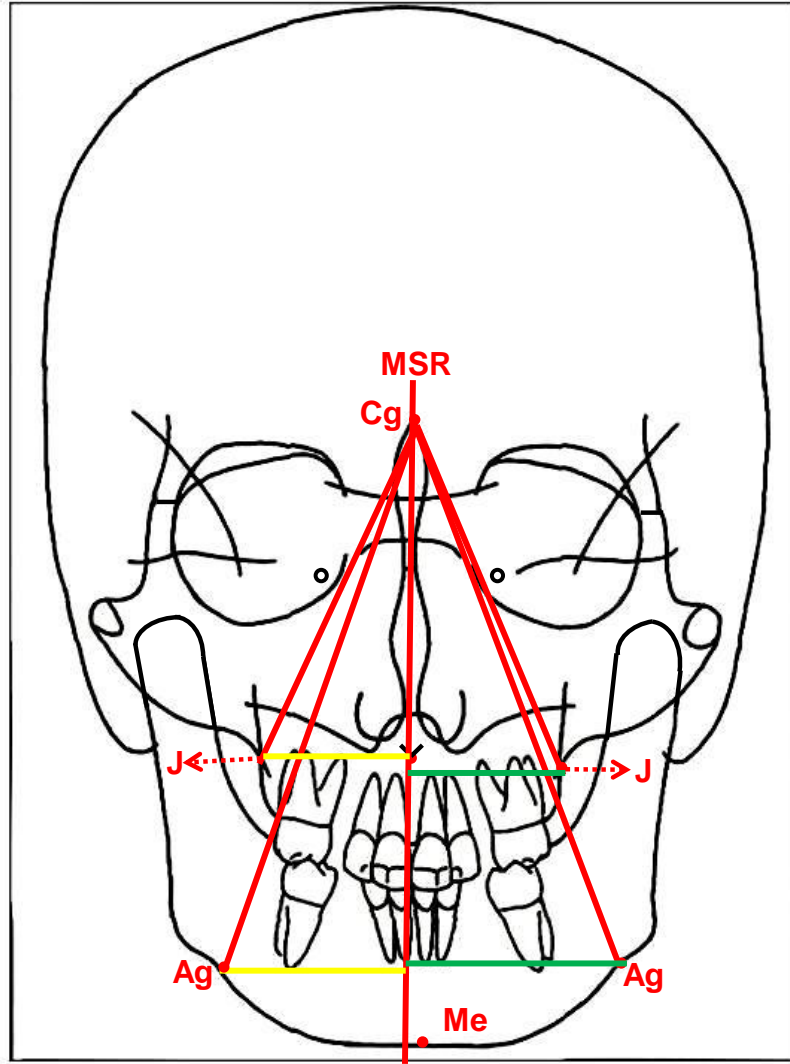
2. Midsagittal referans düzlemi (MSR) crista galliden (Cg) anterior nazal spinadan geçerek çene bölgesine doğru çizilir. Genellikle Z düzlemine göre dik açığa yakın olması beklenir. MSR düzlemi gözler, göz küreleri orta noktası ve subnazaleden geçen görsel düzleme yakın olduğu için seçilen anahtar referans doğrudur. Servikal vertebraların merkezi ile MSR düzleminin ilişkisi klinisyeni posteroanterior radyografi çekilirken oluşabilen baş rotasyonları açısından uyarıcı olur.

Üst ve orta yüz bölgesinde anatomik varyasyonlara sahip bireylerde MSR düzlemi modifiye edilebilir. Cg noktasının lokalizasyonunda şüphe varsa, Z düzleminin orta noktasından ANS noktasına doğru çizilen düzlem, MSR'nin alternatif çizimi olabilir.

Eğer üst yüzde asimetri varsa, MSR, Z düzleminin orta noktasından her iki foremen rotundum (Fr-Fr) orta noktasına doğru çizilebilir. Radyografinin çekimi sırasında baş rotasyonu varsa hastanın klinikteki asimetrisi ile filmde görülen asimetri farklı olabilir. Bunun kontrolünde Z düzlemi lateral kraniyal kenarlarla kesişimine kadar uzatılır ve her iki taraftaki Z ile kraniyal kenar arasındaki mesafe karşılaştırılır.

3. Mandibular morfoloji: Kondil (Co), antegonial notch (Ag) ve menton (Me) dan geçen sağ ve solda üçgenler oluşturulur. Alt yüzde ANS ve Me arasında midsagittal düzlem oluşturulur. Lineer değerler, açılar ve anatomi ölçülebilir. Horizontal düzlemler gibi bu veriler de baş rotasyonuna hassastır.
4. Hacimsel karşılaştırma: Co-Ag-Me noktaları ve Co noktasından MSR düzlemine dik kesişen nokta arasındaki alandan sağ ve sol 2 poligon tanımlanır. Bilgisayar programı ile bir poligonu diğeri üzerine superpoze edilerek simetrimin yüzdellik değeri belirlenir.

5. Asimetrinin maksillo-mandibular karşılaştırması (Şekil 2. 8): Sağ ve solda Ag ve J noktalarından MSR düzlemine dik doğrular çizilir. Ayrıca Cg-J ve Cg-Ag bağlayıcı doğrular çizilir. Bu şekilde MSR tarafından ikiye bölünen 2 çift üçgen oluşturulur. Eğer çok iyi bir simetri mevcutsa J-Cg-J ve Ag-Cg-Ag nin oluşturduğu 2 üçgen bulunur.



Şekil 2.8. Grummons posteroanterior sefalometrik analizinde asimetrinin maksillo-mandibular karşılaştırması

6. Lineer asimetri: Co, NC, J, Ag ve Me noktalarının MSR düzlemine olan uzaklıkları ölçülür ve her iki taraf değerleri karşılaştırılır.

7. Maksillo-mandibular ilişki: Fonksiyonel posterior okluzal düzlemin çizimi için .014-inch Avustralya teli maksiller birinci molar dişlerin mesiyo okluzal alanlarına karşılıklı yerleştirilir. Filmde kolayca ayırt edilebilmesi için 3mm bukkale yerleştirilir. Üst birinci moların bukkal tüberkülü ile J den MSR düzlemine dik doğru arası mesafe ölçülür. Yatay ve dikey düzlemlerde iskeletsel asimetri nedeniyle oluşan dental kompenzasyonu göstermek için Ag düzlemi, MSR ve ANS-Me düzlemi de çizilir.

Bu şekilde alt ve üst keserlerin orta hat asimetrisi ve MSR-Me sapması da değerlendirilebilir.

8. Frontal vertikal oranlar: Cg-Me doğrusu boyunca iskeletsel ve dental ölçümlerin oranları hesaplanır:

Üst yüz oranı: Cg-ANS:Cg-Me

Alt yüz oranı: ANS-Me:Cg-Me

Maksiller oran: ANS-A1:ANS-Me

Total maksiller oran: ANS-A1:Cg-Me

Mandibular oran: B1-Me: ANS-Me

Total mandibular oran: B1-Me:Cg-Me

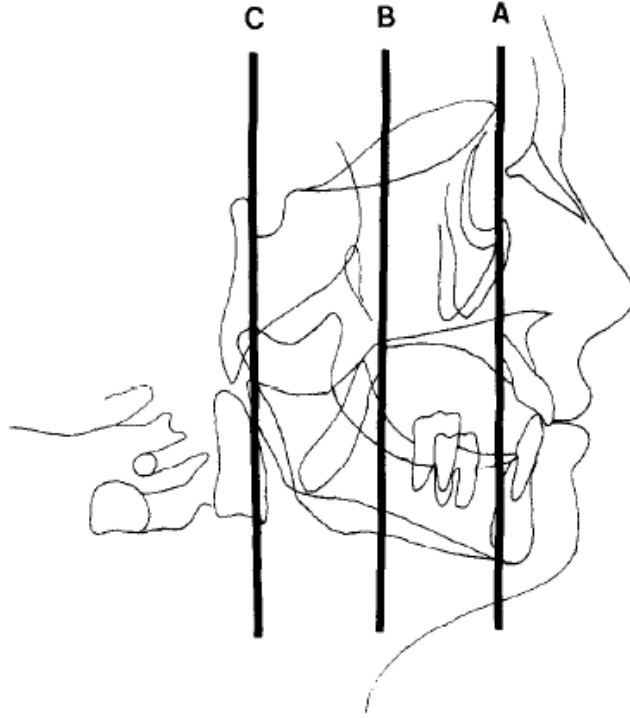
Maksillomandibular oran: ANS-A1:B1-Me

2. 6. 5. Grayson Analizi (70):

Grayson ve ark tarafından çok düzlemlerli posteroanterior sefalometri kullanımı ile kraniyofasiyal asimetri analiz metodu geliştirilmiştir. Anatomik noktalar, kraniyofasiyal komplekste seçilen derinliklerdeki farklı frontal düzlemlerde belirlenmekte ve daha sonra iskeletsel orta hatlar çizilmektedir. Bu şekilde analiz, orta noktalar ve orta hatların üçüncü boyutta (sagittal)

görüntülenebilmesine olanak sağlar. Pratikte analiz aynı posteroanterior radyografide 3 farklı asetat kağıdı üzerinde uygulanabilir.

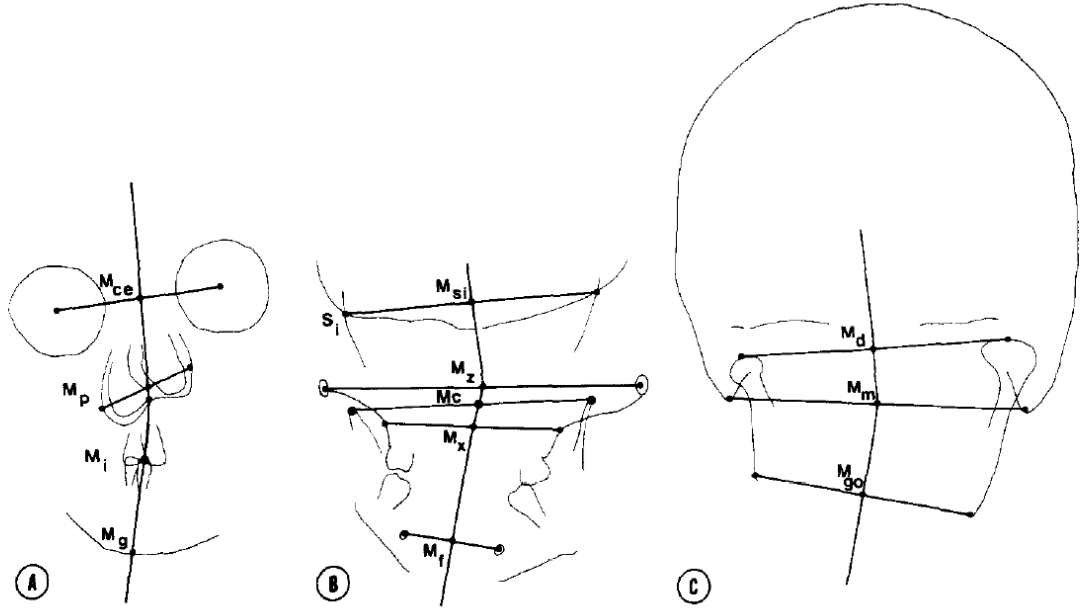
İskeletsel yapılar lateral görüntü üzerinde 3 farklı düzlemde çizilir (Şekil 2. 9). İlk düzleme göre asetat kağıdında orbita kenarları, apertura piriformis, maksiller ve mandibular keserler ve simfiz orta noktası çizilir. İlk çizimde kraniyofasiyal kompleksin en üst görüntüsünün anatomisi bulunur. İkinci asetat kağıdında sfenoid kemiğin büyük ve küçük kanatları, zigomatik arkın en lateral kenarı, koronoid çıkıntı, maksiller ve mandibular birinci daimi molar dişler, mandibula korpusu ve mental foremen çizilir. Bu yapılar derin koronal düzlemde veya yakınında bulunmaktadır. Üçüncü asetat kağıdında ise temporal kemiğin petrous kısmının üst yüzeyi, ramusun dış kenarı ile birlikte kondil, mastoid çıkıntı ve parietal kemik çizilir (Şekil 2. 10).



Şekil 2.9. Grayson analizinde iskeletsel yapılar, lateral görüntüdeki 3 farklı düzlemde (A, B, C) ayrı çizimlerle belirlenir.

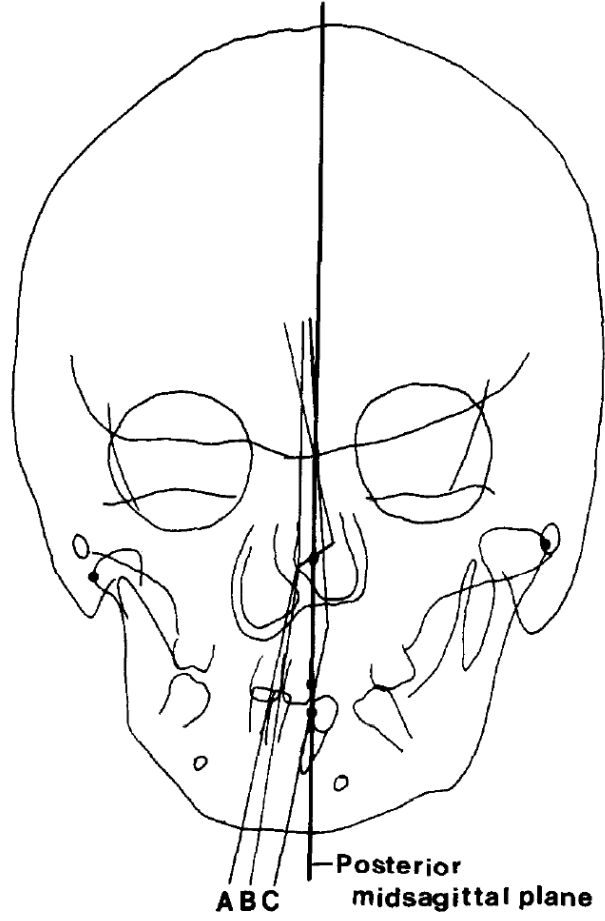
Daha sonra her çizim için midsagittal düzlemde orta doğrular belirlenir. İlk çizim için orbitalar arası orta nokta (Mce), apertura piriformisler arası orta nokta (Mp), maksiller ve mandibular keserler arası orta nokta (Mi) ve gnathion bölgesinde (Mg) noktası belirlenir. Bu orta noktaların oluşturduğu doğrular arasındaki açılar, yapıların asimetri derecesini belirler. İkinci çizim için sfenoidler arası orta nokta (Msi), zigomatik arkların merkezleri arası orta nokta (Mz), koronoid çıkıntılar arası orta nokta (Mc), maksiller orta nokta (Mx) ve mental foramen orta nokta (Mf) belirlenir. Son çizim için ise kondil başları arası nokta

(Md), mastoid çıkıntılar arası nokta (Mm) ve gonion noktaları arası (Mgo) olarak belirlenir (Şekil 2. 10).



Şekil 2.10. Grayson analizine göre 3 farklı düzlemde yapılan çizimlerde A, B ve C düzlemlerine göre orta hat belirlenir.

Elde edilen üç çizim karşılaştırılırsa kraniyofasiyal iskeletin asimetrisi gözlemlenebilir (Şekil 2. 11). Birçok asimetri hastasında kraniyofasiyal asimetri, en arka ve derin kraniyal yapılarda daha az miktarda ortaya çıkar. Bu çok düzlemlü analiz yöntemi posteroanterior sefalometride sagittal düzlemin görülebilmesine olanak sağlar.

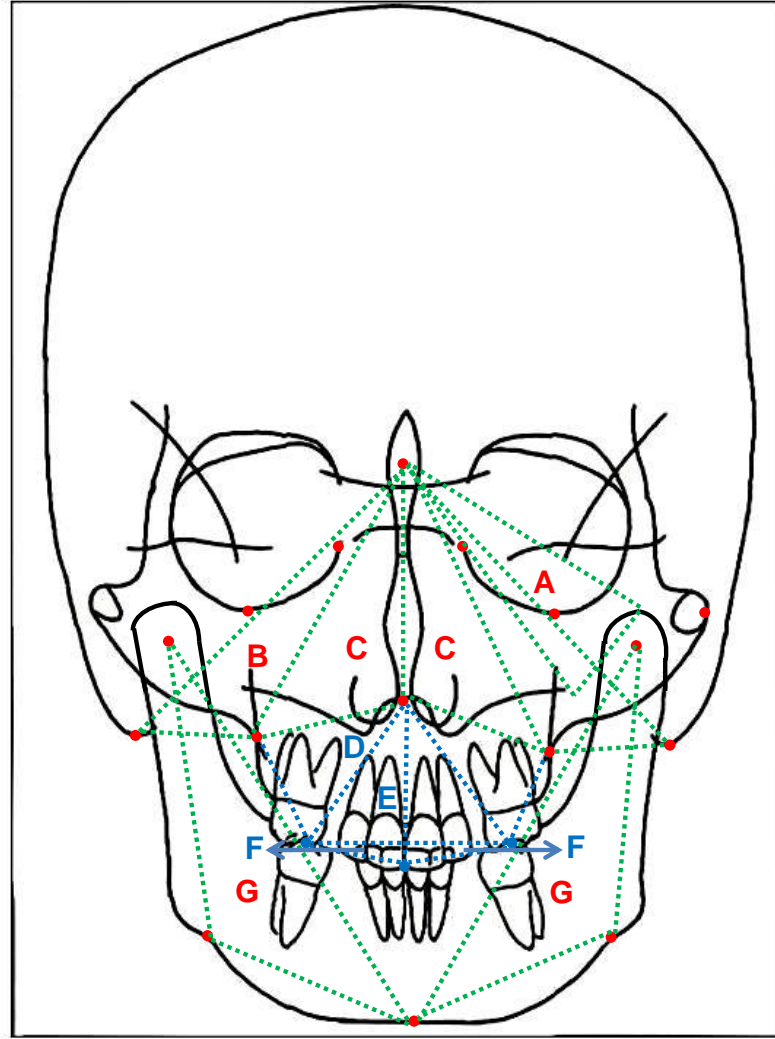


Şekil 2.11. Grayson analizine göre 3 düzleme göre yapılan çizimlerin çakıştırılmasıyla kraniyofasiyal yapılarıdaki sapma miktarları görülebilir.

2. 6. 6. Hewitt Analizi (74):

Oluşturulan bu metoda göre, kraniyofasiyal asimetri analizi kraniyofasiyal kompleksin ugenlere bölünmesiyle uygulanır. Bu da yüzün triangulasyonu olarak adlandırılmıştır, Şekil 2. 12. 'de görülmektedir. Farklı açılar, ugenler ve alanlar sağ ve sol tarafta karşılaştırılır. Oluşturulan bölgeler şunlardır:

- Kraniyal taban bölgesi
- Lateral maksiller bölge
- Üst maksiller bölge
- Orta maksiller bölge
- Alt maksiller bölge
- Dental bölge
- Mandibular bölge



Şekil 2.12. Hewitt posteroanterior sefalometrik analizine göre yüzün triangulasyonu

- A. Kraniyal taban bölgesi
- B. Lateral maksiller bölge
- C. Üst maksiller bölge
- D. Orta maksiller bölge
- E. Alt maksiller bölge
- F. Dental bölge
- G. Mandibular bölge

2. 6. 7. Chierici Metodu (51):

Bu metod üst yüzün asimetrisinin belirlenmesine odaklanmıştır. Sağ ve sol zigomatiko frontal suturleri birleştiren bir doğru oluşturulur. Daha sonra bu doğruya dik ve crista galli kökünden geçen x doğrusu çizilir. Sağ ve sol tarafta bulunan yapıların bu doğruya göre konumları asimetri miktarını belirler.

Bunlar dışında literatürde posteroanterior sefalogramların değerlendirilmesinde birçok farklı analiz yöntemi sunulmuştur. (Cheney (75) 1961, Letzer ve Kronman (76) 1976, Mulick (77) 1965, Shah ve Joshi (78) 1978, Thompson (79) 1943.

2. 7. Dijital Radyografinin Gelişimi

Bilgisayarlı gama kamera ve bilgisayarlı tomografinin 1970'lerin başında geliştirilmesi ile dijital görüntüleme medikal alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise CBCT, ultrason, nükleer tıp, manyetik rezonans ve dijital subtraksiyon anjiografi gibi kullanım alanları genişlemektedir (80). Tıp alanında dijital radyografi geniş kullanım alanına sahip olmasına rağmen diş hekimliğine 1980 yılında ilk intraoral sensorün geliştirilmesi ile girmiştir (5). Ekstraoral dijital sistemlerin yüksek maliyetleri nedeniyle ekstraoral dijital radyografinin kullanımı gecikmiştir.

Dijital radyografinin elde edilmesinde iki teknik kullanılmaktadır. Bunlardan ilki 'storage phosphor plates' kullanımı ile indirek dijitalizasyon, diğeri ise 'charged-coupled device sensor' (CCD) direkt dijitalizasyon sistemidir. Direkt görüntüleme ek bir süreç gerektirmeden dijital görüntü anında oluşurken, indirek sistemde ise lazer taramanın ardından monitörde görüntü elde edilir. Bu sistemler radyasyon dozunu azaltır ve konvansiyonel yöntemin sağladığı tüm faydaları da sağlar (81).

CCD sensor Bell Laboratuvarları tarafından 1970 yılında ilk defa video kaydedici ve kameralar için üretilmiştir. Diş hekimliğinde ilk kullanımı 1980'lerin ortasında olmuştur. CCDs sistemi periapikal ve bitewing radyografilerde sıklıkla kullanılır fakat sert ve kalın olması sebebiyle bazı hastalar için rahatsız edici olabilir. Sefalometrik ünite için birçok sensöre ihtiyaç duyulması nedeniyle CCD teknolojisi panoramik ve sefalometrik filmler için pahalı bir seçenektir.

Fosfor depo (Storage phosphor) görüntüleme yöntemi ise 1987 yılından beri çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Fosfor plaklar, esnek ve yeniden kullanılabilir polimer materyalinden yapılmıştır ve kalınlığı 1mm'den daha azdır. Daha ince plakaların kullanımı ve daha az maliyetli olması sebebiyle ortodonti alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (82).

Dijital radyografiler, konvansiyonel radyografilere göre birçok avantaj sunmaktadır. Bunlar (6, 80, 83):

1. Hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarının belirgin şekilde azalması,
2. Yüksek kalitede görüntü sağlanması
3. Görüntülerde kontrast (contrast), düzleştirme (smoothing) ve keskinleştirme (edge enhancement) ayarlarının değiştirilmesine imkan sağlar. Bu da radyografilerin teşhis kalitesinin geliştirilmesini sağlar.
4. Arşivleme kolaylığı
5. Görüntülerin paylaşılabilme kolaylığı
6. Ek film banyo işlemlerinin olmamasıdır.

Konvansiyonel veya dijital teknikle elde edilen sefalometrik radyografiler kraniyofasiyal yapıları 2 boyutta inceleme imkanı sunar. Bu da en büyük dezavantajlarıdır (84). Bilgisayarlı tomografinin (CT) ortodonti pratiğine girmesi ile 3 boyutta teşhis ve tedavi planlaması yapabilme imkanı doğmuştur (85). CT'de çift taraflı yapıların üstüste gelmesinin ve düzensiz artifaktların elimine edilmesi ve kafatasında sağ ve solun birbirinden bağımsız şekilde değerlendirilebilmesi sefalometrik radyografilere göre avantajlarıdır. Bu

avantajlarına rağmen maliyeti ve fazla radyasyon dozu nedeniyle ortodontide rutin tanı araçları arasına girememiştir (86). Cone beam bilgisayarlı tomografinin (CBCT) diş hekimliğinde kullanılması ile 3 boyutlu sefalometrik analizlere ilgi artmaktadır (86). İlk defa 2000 yılında Loma Linda Üniversitesinde diş hekimliğine sunulan CBCT'ler, CT'ye göre radyasyon dozunun azalması, makine boyutunun küçülmesi, maliyetin azalması gibi avantajlara sahiptir (84, 86).

2. 8. Sefalometrik Radyografilerin Değerlendirme Yöntemleri

Sefalometrik radyografiler ortodontide kraniyofasiyal kompleksi değerlendirmede, morfoloji ve büyümeyi belirlemede, anomalilerin teşhisinde, tedavi planlamasında, büyüme sonucunu ve tedavi etkilerini değerlendirmede klinisyene yardımcıdır (4). Bu sebeplerle ortodontistler için sefalometrik analizlerin kolay, hızlı ve hatasız yapılması önemlidir (87).

Sefalometrik analizlerin uygulanmasında 3 yöntem bulunmaktadır (88). En sık kullanılan metot konvansiyonel teknik olarak adlandırılan el çizimi ile anatomik noktaların belirlenmesi ve bu noktalar arasında mesafe ve açıların değerlendirilmesidir (88). Bu yöntem sefalometrik radyografilerin incelenmesinde yıllardır altın standart olarak kabul edilmiştir (89). Sefalometrik radyografi üzerine yerleştirilen asetat kağıdında belirlenen anatomik noktalar ve yapılar çizilir. Çizimin ardından cetvel ve protraktör yardımıyla anatomik noktalar arasındaki mesafe ve açı ölçümleri yapılır.

Bu yöntemde kullanılan malzemeler:

- 0,3mm kalınlığında çizim kalemi
- Özel çizim kağıdı
- Sefalometrik ölçüm cetveli (protraktör)

Ayrıca sefalometrik filmin görülebilmesi için soğuk bir ışık kaynağı genellikle negatoskop kullanılır.

Ortodontide yaygın kullanımına rağmen bu yöntem zaman alıcıdır ve el çiziminde, anatomik noktaların belirlenmesinde ve ölçümlerde yüksek hata riski olması dezavantajdır (90, 91, 92).

Konvansiyonel sefalometrik analizlerdeki hatalar tekrarlanabilirlik ve doğruluk hataları olarak ayrılır. Tekrarlanabilirlik hataları görüntünün elde edilmesinde (46, 93), anatomik noktaların belirlenmesinde (24, 94) ve ölçümler (80, 95) sırasında oluşabilir. Görüntünün elde edilmesindeki farklılıklar, ışınlama pozisyonu, ekspoz miktarındaki çeşitlilik ve film işlemindeki varyasyonlardan oluşabilir. İnsan görme performansındaki kısıtlılık anatomik noktaları belirleme hatalarıyla sonuçlanabilir. Bu hatalar aynı araştırmacı veya farklı araştırmacılar arasındaki farklılıklarla açıklanabilir. Araştırmacılar arasındaki farklılıklar, deneyimlerinin farklı olması veya noktaların belirlenmesinde kişisel bakış açısının farklı olmasından kaynaklanabilir. Aynı araştırmacı arasındaki varyasyonlar ise ışık ve görüntü yönlendirmesindeki farklılıklar sonucu oluşabilir. Genellikle 0,5 mm den daha az anatomik nokta hataları kabul edilebilirdir (88). Bir çalışmada ortalama anatomik nokta belirleme hatası 1,26mm olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmada anatomik nokta belirleme hatalarının araştırmacı ve noktaya göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir (24). Doğruluk hataları ise, ölçülen anatomik yapılar ve kullanılan ölçüm metodu ile ilişkilidir. Bazı sefalometrik landmarklar ve düzlemler anatomik yapılarla aynı değildir. Kolaylık sağlamak amacıyla anatomik noktaların tanımlamaları, anatomik geçerlilik yerine tercih edilmiştir. İskeletsel yapıdaki varyasyonlar anatomik noktaların tanımlamalarını etkileyebilir ve bu noktaların büyüme ve tedavi sırasındaki değişimi de yanıltıcı olabilir (6).

Anatomik noktalar, matematiksel kesin tanımlamalar yerine subjektif kriterlerle tanımlanır. Genellikle birçok nokta bir doku komponentinin en uç kısmı ile anlatılır. Örneğin pogonion çene ucunun en ön noktasıdır. Hastanın baş pozisyonunun yönlendirilmesi pogonion noktasının lokalizasyonunu etkilemektedir (88).

Noktalar arasındaki açı ve mesafelerin ölçümü sırasındaki hatalar ise, ölçüm aletinin kullanımında veya araştıracının ölçümleri kaydetmesi sırasında oluşabilir (88). Birçok klinisyen zaman sınırlaması nedeniyle ölçümden önce noktaları belirlemez ve bu da ek hatalara neden olabilir (88).

Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile dijital çizim yapılabilmesi sağlanmıştır (96). Ölçümlerin hızlı yapılabilmesi, tedavi planlamalarının kolay belirlenmesi, kimyasal ve çevresel riskin elimine edilmesi, görüntülerin depolanmasının kolay olması, görüntü paylaşımının kolay olması, seri radyografilerin karşılaştırmasının hızlı yapılabilmesi ve radyografilerin çoğaltılmasında ek maliyet gerektirmemesi gibi avantajları nedeniyle dijital çizim sistemlerinin kullanımı popülerlik kazanmıştır. Ayrıca konvansiyonel yöntemde oluşan doğruların çizimi ve ölçümler sırasında oluşan hataları elimine etmesi de bir diğer avantajdır (96).

Sefalometrik analiz amacıyla günümüzde birçok bilgisayar programı bulunmaktadır ve her geçen gün bu programlar yenilenmektedir. Yapılan çalışmalarda Dentofacial Planner, Dolphin Imaging ve Quick Ceph gibi sistemler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmaların sonucuna göre bilgisayar sistemleri ve konvansiyonel teknik arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (96). Bazı anatomik noktaların belirlenmesi ve ölçümlerin (SNA, Wits, E-düzlemi, yumuşak doku B, gonion, artikuler nokta) konvansiyonel yöntemde daha tekrarlanabilir olduğu bulunmuştur. Fakat bazı noktalar ise örneğin üst keser kök ucu dijital teknikle daha kolay belirlenmektedir (89, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103).

Yapılan literatür taramasında lateral sefalometrik radyografilerin kullanıldığı, farklı tekniklerle filmlerin elde edildiği ve bunlarda farklı sefalometrik analiz yöntemlerinin güvenilirliklerini karşılaştıran birçok çalışmaya rastlanmıştır. Posteroanterior radyografilerin kullanıldığı çalışmalar ise sınırlı sayıdadır ve mevcut çalışmalarda anatomik landmark belirleme hataları ve baş rotasyonunun ölçümlere etkileri incelenmiştir. Posteroanterior radyografiler konusunda

konvansiyonel ve dijital ölçüm metotlarının farklarını karşılaştıran çalışma bulunmamaktadır. Bu bilgilerin ışığı altında, bu çalışmanın amacı posteroanterior radyografilerde konvansiyonel teknik ve bilgisayar programı kullanılarak elde edilen ölçümleri karşılaştırmak ve teknikler arasındaki güvenilirliği belirlemektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje No: D- KA 10/02) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Çalışmamızda, Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda sabit ortodontik tedavi gören 150 adet bireyden alınan tedavi başı posteroanterior sefalometrik radyografiler kullanılmıştır.

Araştırma materyalinin oluşturulmasında şu kriterler göz önüne alınmıştır:

1. Anatomik yapıların görülmesine engel bir artifakt bulunmayan,
2. Daimi dentisyonda olan, eksik veya gömülü dişi olmayan,
3. Tek taraflı veya çift taraflı posterior çapraz kapanışı olan,
4. Bilinen herhangi bir sendrom, kraniyofasiyal deformite ve dudak damak yarığı bulunmayan,
5. Anatomik noktaların belirlenmesini engelleyecek kalın yumuşak dokuya sahip olmayan posteroanterior radyografiler çalışma kapsamına alınmıştır.

Bütün posteroanterior sefalometrik filmler standart radyografik teknikle (75 kV, 4.1 sn, 10 mA) ve aynı pantomogram (Veraviewepocs 2D, Morita, Kyoto, Japan) ile alınmıştır. Sefalometrik filmler alınırken x-ışın tüpü ve kulak çubuğu arasındaki uzaklık 1.524 m (5 feet) olarak alınmış ve film buruna olabildiğince yakın konumlandırılmıştır. Kulak çubukları dış kulak yoluna (external auditory canal) yerleştirilmiş ve Frankfort horizontal düzleminin yere paralel olması sağlanmıştır. Ayrıca radyografiler alınırken dişler sentrik okluzyonda ve dudakların kapalı durumda olması istenmiştir. Tüm radyografiler alınırken hastanın pozisyonu bu kriterlere göre araştırmacı tarafından kontrol edilmiştir.

3. 1. Araştırmada Kullanılan Sefalometrik Yöntemler:

Elde edilen radyografik kayıtlar, direkt dijital sistemle alınıp bir bilgisayar veri tabanında (Mediadent, ImageLevel, Belgium) saklanmaktadır. Daha sonra buradan DICOM formatında alınan posteroanterior radyografiler Adobe Photoshop CS2 (Adobe Systems, San Jose, California, USA) grafik yazılımı ile 1:1 oranında yeniden boyutlandırılmış, uygun renk ve kontrast ayarları yapılarak ideal baskı kalitesine göre ayarlanmıştır. Dijital radyografiler kuru baskı lazer yazıcı cihazı (DryPro Model 832, Konica Minolta, Osaka, Japan) kullanılarak özel film kağıdına (Medical Film Dry Pro SD-P, Konica Minolta, Osaka, Japan) bastırılmıştır. Böylelikle direkt dijital yöntemle alınan radyografilerden 150 adet de konvansiyonel radyografi elde edilmiştir.

Bireylerin ölçümleri konvansiyonel teknik (grup 1) ve dijital teknik (PorDios) (grup 2) olarak gruplandırılmıştır.

Toplam 14 anatomik nokta (Şekil 3.1), 6 düzlem (Şekil 3.2) kullanılarak, 21 lineer ve 4 açısal ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.3). Kullanılan ölçümlerin çoğunluğu Ricketts'in posteroanterior analizinden alınmış ve açısal ölçümler ilave edilmiştir.

Konvansiyonel teknikle yapılan ölçümler (grup 1) için dijital radyografilerden baskı ile elde edilen film çıktıları üzerine ışık geçirebilen özel çizim kağıtları (Cephalometric tracing paper, Masel, California, USA) yerleştirilmiştir. Karanlık odada negatoskop üzerinde 0,3 mm çizim kalemi ile belirlenen anatomik noktalar işaretlenmiş ve sefalometrik çizim yapılmıştır. Daha sonra protraktör yardımıyla istenen ölçümler yapılmıştır.

Dijital teknik ile yapılan ölçümlerde (grup 2) ise, direk dijital görüntüler PorDios for Windows (Institute of Orthodontic Computer Science, Denmark) yazılım programına aktarılmıştır. Belirlenen anatomik noktalar, fare kontrolündeki gösterge ile programda işaretlenmiştir. Anatomik noktaların

belirlenmesinde filmlerde magnifikasyon, parlaklık ve kontrast ayarları gerekirse değiştirilmiştir. Anatomik landmarkların işaretlenmesinden sonra önceden tanımlanan ölçümlerin çizimi program tarafından otomatik olarak yapılmıştır.

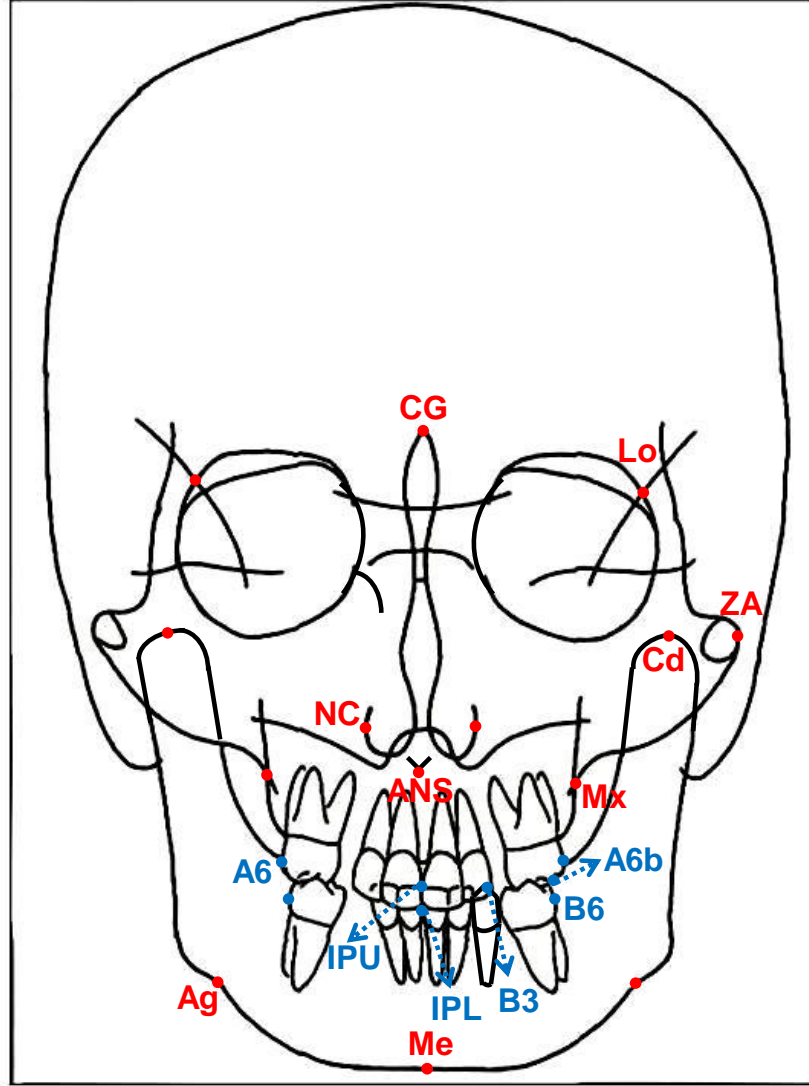
Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapılmış ve hata oranını azaltmak için günde en fazla 15 film değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen posteroanterior radyografilerin değerlendirmesinde oluşabilen bireysel çizim ve ölçüm hata düzeyinin belirlenmesi amacıyla, rastgele seçilen 50 radyograf 1 hafta sonra her iki yöntemle tekrar ölçülmüştür.

3. 2. Araştırmada Kullanılan Anatomik Noktalar (Şekil 3. 1):

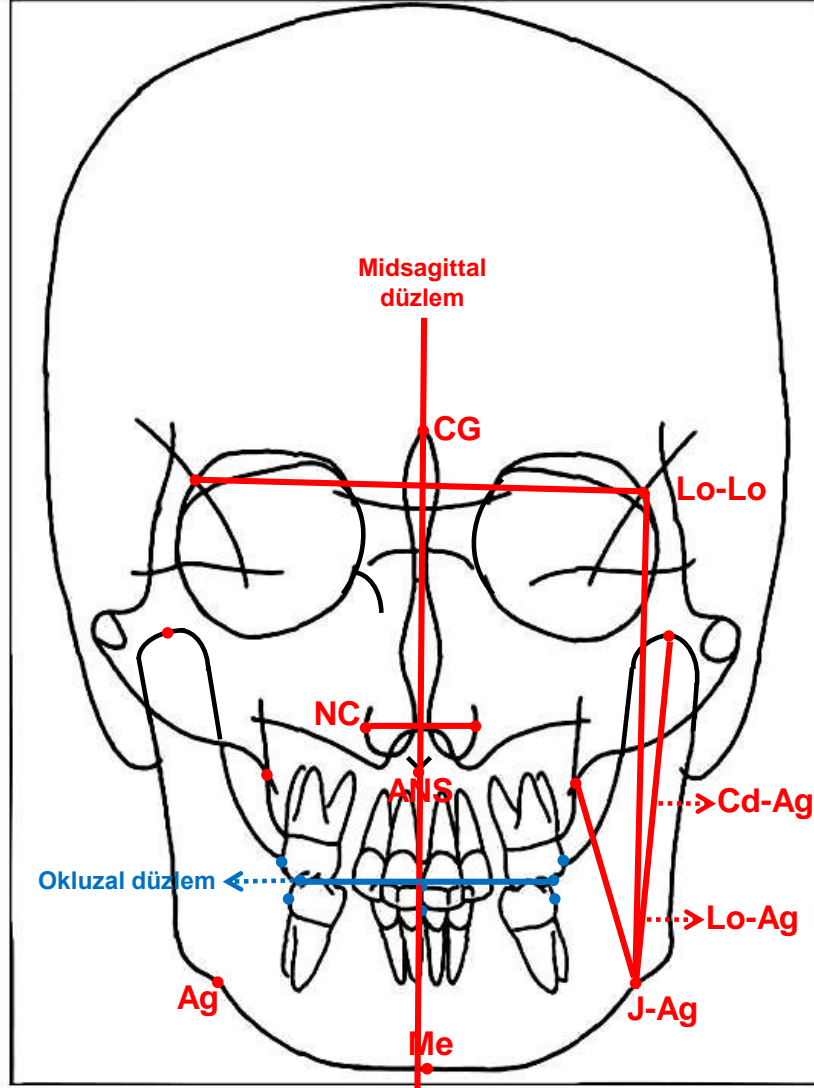
1. Lateroorbitale (Lo): Orbitanın yan duvarı ile sfenoidin büyük kanadının (oblik doğru) kesişim noktası
2. Crista Galli (CG): Crista gallinin tepe noktası
3. Nasal Cavity (NC): Nazal kavitenin en lateral noktası
4. Condylar (Cd): Kondil başının en üst noktası
5. Maxillare (Mx): Maksiller konkavitenin en derin noktası
6. Antegonion (Ag): Antegonial çıkıntının lateral ve alt kenar noktası
7. Anterior Nasal Spine (ANS): Nazal septum ve damağın kesişiminin merkezi
8. Menton (Me): Mental çıkıntının alt kenarının orta noktası
9. Maksiller molar (UM) (A6): Maksiller birinci moların bukkal yüzeyinin orta noktası
10. Mandibular molar (LM) (B6): Mandibular birinci moların bukkal yüzeyinin orta noktası
11. Mandibular kuspit (MD3) (B3): Mandibular kanin dişin insizal ucu
12. Incisor Point (IPU): Üst santral keserlerin orta noktası
13. Incisor Point (IPL): Alt santral keserlerin orta noktası
14. Maksiller molar bukkal tüberkül tepesi (A6b)

3. 3. Araştırmada Kullanılan Düzlemler (Şekil 3. 2):

1. Latero orbital noktalar arası düzlem (Lo-Lo): Midsagittal düzlemi oluşturmak için kullanılan horizontal referans düzlemidir.
2. Midsagittal düzlem: Asimetri ve orta hat kaymaları için bir referans düzlemdir. Crista galli noktasından geçen ve Lo-Lo düzlemine dik olacak şekilde vertikal düzlem oluşturulur.
3. Frontal diş düzlemleri (J-Ag): Dişlerle apikal kaideler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yarar.
4. Okluzal düzlem: Azı dişlerinin okluzyon çizgisini belirler. Sağ ve sol maksiller molar tüberkül tepe noktaları arasında oluşturulur.
5. Frontal yüz düzlemleri (Lo-Ag): Alt ve üst apikal kaidelerin genişliklerini tanımlamakta kullanılır.
6. Ramus düzlemi (Cd-Ag): Kondil başı ve antegonial nokta arasında oluşturulan düzlemdir.



Şekil 3.1. Çalışmamızda kullanılan anatomik noktalar



Şekil 3.2. Çalışmamızda kullanılan düzlemler

3. 4. Araştırmada Kullanılan Açısal ve Lineer lümler (şekil 3. 3):

3. 4. 1. İskeletsel lümler (Maksillomandibular ilişkiler):

1. Maksiller genişlik (JR-JL): Maksillanın jugal proçesleri arasındaki uzaklıktır.
2. Mandibular genişlik (Ag-Ag): Sağ ve sol antegonial çıkıntı noktaları arasındaki mesafedir.
3. Maksillomandibular genişlik (J-LoAg): Maksillanın jugal proçesleri ile frontal fasiyal düzlem arasındaki uzaklıktır.
4. İskeletsel simetri: Maksiller ve mandibular iskeletsel orta hatlar değerlendirilir. ANS noktası ve Menton noktalarının midsagittal düzleme olan mesafeleri ölçülür.
5. Korpus (Ag-Me): Korpus uzunluğunun ölçümüdür.
6. Ramus (Ag-Cd): Ramus uzunluğunun ölçümüdür.

3. 4. 2. Dişsel lümler:

1. Maksiller intermolar genişlik (A6-6A): 1. daimi üst molarların bukkal yüzeyleri arasındaki uzaklığın ölçümüdür.
2. Mandibular intemolar genişlik (B6-6B): 1. daimi alt molarların bukkal yüzeyleri arasındaki uzaklığın ölçümüdür.
3. İnterkanin genişlik (B3-3B): Alt kaninlerin tepe noktası arasındaki uzaklıktır.
4. Dental simetri: Dişsel orta hatlar değerlendirilir. Üst santral keserlerin orta noktası ve alt santral keserlerin orta noktasının midsagittal düzleme olan mesafesi ölçülür.
5. Üst ve alt molar ilişkisi: Alt ve üst 1. molarların en çıkıntılı bukkal noktalarından bukkal overjetin ölçümüdür.

3. 4. 3. Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren lümler:

1. Okluzal düzlem eğimi: Sağ ve sol taraf için üst molar bukkal tüberkül tepe noktasından zigomatiko frontal sütürlerden geçen düzleme olan uzaklık ölçülür.

3. 4. 4. Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler:

1. Z-Ag-Cd açısı: Sağ ve sol yanda zigomatiko frontal sütün, antegonial protuberans ve kondil başı arasında yer alan açıdır.

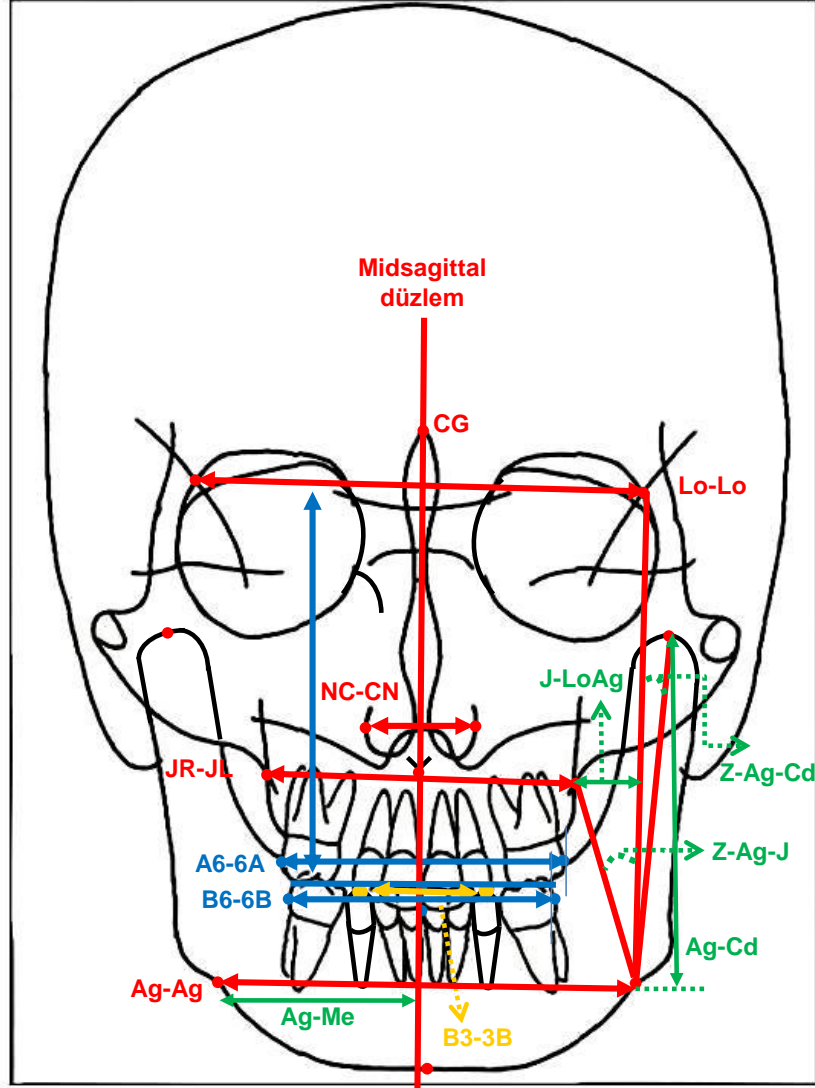
2. Z-Ag-J açısı: Sağ ve sol yanda zigomatiko frontal sütün, antegonial protuberans ve maksiller juguler nokta arasında yer alan açıdır.

Bu açı ölçümleri postüral simetriyi değerlendirmede yardımcıdır. Asimetrilerin nedeninin açıklanmasına yarar. Fakat film çekimi sırasında baş rotasyonlarından etkilenirler.

3. 4. 5. Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler:

1. Nazal genişlik (NC-CN): Nazal kavitenin en geniş noktaları arası mesafedir.

2. İnterorbital genişlik (Lo-Lo): Latero orbital noktalar arası mesafe ölçümüdür.



Şekil 3.3. Çalışmamızda kullanılan posteroanterior sefalometrik analiz ölçümleri

3. 5. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmamıza dahil ettiğimiz 150 adet posteroanterior radyografi üzerinde, konvansiyonel ve dijital yöntemlerle yapılan sefalometrik analiz sonucunda elde edilen ölçüm değerleri ile veri seti oluşturulmuştur.

Verilerin analizi SPSS 11.5 paket programında yapılmıştır. Sürekli değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Shapiro Wilk testiyle araştırılmıştır. Konvansiyonel ve dijital ölçümler arasında normal dağılan değişkenler yönünden farkın önemliliği Eşleştirilmiş İki Örneklem testiyle (Bağımlı t testi), normal dağılmayan değişkenler yönünden farkın önemliliği ise Wilcoxon İşaret testiyle değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ortalama \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir. $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Ayrıca konvansiyonel ve dijital ölçüm yöntemlerinin birbirleri arasında güvenilir olup olmadığı Sınıfıçı Korelasyon Katsayısı ve %95 güven aralığı hesaplanarak değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayısı, 0.900' nın üzerindeki değerler için güvenilir bulunmuştur.

Metot hatasının değerlendirilmesi için, 1 hafta sonra rastgele seçilen 50 posteroanterior radyografi üzerinde konvansiyonel ve dijital yöntemle çizim ve ölçümler tekrarlanmıştır. Konvansiyonel ve dijital ölçümlerin birbirlerine göre güvenilir olup olmadığı Sınıfıçı Korelasyon Katsayısı ve %95 güven aralığı hesaplanarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4. 1. Metot Hatasının Değerlendirilmesi

Araştırmaya dahil edilen 150 posteroanterior radyografi içinden rastgele seçilen 50 film hem konvansiyonel hem de dijital yöntem ile 1 hafta sonra aynı araştırıcı tarafından tekrar değerlendirilmiştir. Konvansiyonel yöntemle ilk değerlendirme ve tekrar limleri arasındaki sınıfıçi korelasyon katsayıları, alt ve st sınırları ile birlikte Tablo 4.1. de verilmiştir. Aynı şekilde dijital yöntem için de tüm parametrelere ait sınıfıçi korelasyon katsayıları, alt ve st sınırları ile birlikte Tablo 4.2. de verilmiştir.

Konvansiyonel yöntemle yapılan ölçümlerde tekrarlarma katsayıları 1.000 tam değerine oldukça yakın bulunmuştur. Ayrıca dijital yönteme göre de tekrarlanabilirlik katsayıları daha yüksek bulunmuştur. Bu grupta tekrarlarma katsayısı en düşük olan parametre, 0.978 ile sağ maksiller ve mandibular molarlar arasındaki bukkal overjet ölçümüdür (Tablo 4.1).

Dijital yöntemle yapılan ölçümlerde de tekrarlarma katsayıları 0.950' nin üzerindedir. Sadece sağ ramus uzunluğu 0.944 ve maksiller iskeletsel orta hat sapması 0.946 korelasyon katsayısında bulunmuştur. Tekrarlarma katsayısı en düşük olan parametre, sağ ramus uzunluğunun ölçümüdür (Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Konvansiyonel yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinde metot hatasının değerlendirilmesi.

SKK: Sınıfıçı korelasyon katsayısı

	SKK	Alt Sınır	Üst Sınır
İskeletsel Ölçümler			
Max gen (JR-JL)	0,999	0,998	0,999
Mand gen (Ag-Ag)	0,999	0,999	1,000
J-LoAg sağ	0,992	0,987	0,996
J- LoAg sol	0,991	0,984	0,995
Max isk orta hat sapması	0,982	0,968	0,989
Mand isk orta hat sapması	0,996	0,993	0,998
Korpus (Ag-Me) sağ	0,998	0,996	0,999
Korpus (Ag-Me) sol	0,999	0,999	1,000
Ramus (Ag-Cd) sağ	0,995	0,992	0,997
Ramus (Ag-Cd) sol	0,996	0,993	0,998
Dişsel Ölçümler			
Max molar gen (A6-6A)	0,997	0,995	0,998
Mand molar gen (B6-6B)	0,999	0,998	0,999
İnterkanin gen (B3-3B)	0,996	0,992	0,998
Max dişsel ortahat sapması	0,990	0,982	0,994
Mand dişsel ortahat sapması	0,998	0,997	0,999
Max- Mand molar fark sağ	0,978	0,961	0,987
Max- Mand molar fark sol	0,995	0,991	0,997
Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler			
Okluzal düzlem eğimi sağ	0,998	0,997	0,999
Okluzal düzlem eğimi sol	1,000	0,999	1,000
Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler			
Z-Ag-Cd açısı sağ	1,000	0,999	1,000
Z-Ag-Cd açısı sol	1,000	0,999	1,000
Z-Ag-J açısı sağ	0,999	0,998	0,999
Z-Ag-J açısı sol	0,999	0,999	1,000
Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler			
İnterorbital gen (Lo-Lo)	0,998	0,996	0,999
Nazal gen (NC-CN)	0,996	0,992	0,998

Tablo 4.2. Dijital yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinde metot hatasının değerlendirilmesi.

SKK: Sınıfıçı korelasyon katsayısı

	SKK	Alt Sınır	Üst Sınır
İskeletsel Ölçümler			
Max gen (JR-JL)	0,992	0,986	0,996
Mand gen (Ag-Ag)	0,997	0,995	0,998
J-LoAg sağ	0,990	0,982	0,994
J- LoAg sol	0,971	0,949	0,984
Max isk orta hat sapması	0,946	0,905	0,969
Mand isk orta hat sapması	0,970	0,947	0,983
Korpus (Ag-Me) sağ	0,986	0,975	0,992
Korpus (Ag-Me) sol	0,983	0,969	0,990
Ramus (Ag-Cd) sağ	0,944	0,903	0,968
Ramus (Ag-Cd) sol	0,960	0,930	0,977
Dişsel Ölçümler			
Max molar gen (A6-6A)	0,998	0,997	0,999
Mand molar gen (B6-6B)	0,994	0,989	0,996
İnterkanin gen (B3-3B)	0,973	0,953	0,985
Max dişsel ortahat sapması	0,968	0,943	0,982
Mand dişsel ortahat sapması	0,975	0,956	0,986
Max- Mand molar fark sağ	0,962	0,934	0,979
Max- Mand molar fark sol	0,984	0,971	0,991
Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler			
Okluzal düzlem eğimi sağ	0,997	0,995	0,998
Okluzal düzlem eğimi sol	0,997	0,995	0,998
Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler			
Z-Ag-Cd açısı sağ	0,968	0,945	0,982
Z-Ag-Cd açısı sol	0,964	0,938	0,980
Z-Ag-J açısı sağ	0,987	0,977	0,993
Z-Ag-J açısı sol	0,976	0,957	0,986
Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler			
İnterorbital gen (Lo-Lo)	0,997	0,994	0,998
Nazal gen (NC-CN)	0,994	0,990	0,997

4. 2. Konvansiyonel ve Dijital Yöntemle Elde Edilen Posteroanterior Sefalometrik Analiz Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Konvansiyonel (Grup 1) ve dijital (Grup 2) yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler ortalama ve standart sapma olarak ve ayrıca bu ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemlilikleri Tablo 4.3. de gösterilmiştir.

Konvansiyonel ve dijital yöntemler arasındaki güvenilirliği değerlendirmek amacıyla alınan sınıfıçı korelasyon katsayıları ve alt ve üst sınır değerleri tablo 4.4'te verilmiştir.

4. 2. 1. İskeletsel Ölçümler

İskeletsel ölçümlerde maksiller genişlik, mandibular genişlik, maksillomandibular genişlik, iskeletsel simetri, korpus ve ramus uzunlukları ölçümleri değerlendirilmiştir.

Konvansiyonel yöntemle ortalama $70,11 \pm 4,00$ olarak bulunan maksiller genişlik ölçümü, dijital yöntemle ise ortalama $71,50 \pm 4,19$ olarak bulunmuştur ve aralarındaki fark, $p < 0,001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu parametre için 0.963 korelasyon katsayısı ile iki yöntem birbirlerine göre güvenilir bulunmuştur.

Sağ ve sol Ag noktaları arası mesafe olan mandibular genişlik ortalaması, konvansiyonel yöntemle göre dijital yöntemde istatistiksel anlamlı olarak ($p < 0,001$) daha yüksek ölçülmüştür. Bu parametre, iki yöntem arasında ölçümlerdeki farkın en fazla olduğu parametredir. Ayrıca 0.847 korelasyon katsayısı ile de iki yöntem arasında güvenilirliğinin düşük olduğu bulunmuştur.

Maksillomandibular genişliği veren J-LoAg ölçümü, sağ ve sol tarafta da dijital yöntem ile konvansiyonel yöntemle göre istatistiksel anlamlı ($p < 0,001$)

olarak yüksek bulunmuştur. İki yöntem arasındaki fark sol tarafta daha azdır. Sağ taraf için 0.943 ve sol taraf için 0.953 değerleri ile korelasyon yüksek bulunmuştur.

Konvansiyonel yöntemde, dijital yöntemde göre maksiller ve mandibular iskeletsel sapma değerleri daha fazla bulunmuştur. Mandibular sapma miktarındaki fark, maksilladaki sapmaya göre daha fazla bulunmasına rağmen her ikisinde de $p < 0,001$ olarak anlamlıdır. Korelasyon katsayısı ise mandibular iskeletsel sapma için 0.908 bulunurken, maksiller iskeletsel sapma için 0.828 ile daha düşük bulunmuştur.

Sağ ve sol korpus (Ag-Me) uzunluğu ortalamaları için iki yöntem arasında $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı fark bulunmuştur. Sağ korpus ortalaması $46,96 \pm 3,23$ ve sol korpus ortalaması $47,57 \pm 2,89$ ile dijital yöntemde daha yüksek ölçülmüştür. Sağ taraf Ag-Me için sol tarafa göre daha yüksek korelasyon katsayısı bulunmuştur ve sol Ag-Me için korelasyon katsayısı 0.826'dır.

Sağ ramus yüksekliği (Ag-Cd) ortalaması, dijital yöntemde $64,67 \pm 5,93$ iken konvansiyonel yöntemde $65,85 \pm 5,93$ 'tür ve ortalamalar arasındaki fark $p < 0.001$ düzeyinde anlamlıdır. Sol ramus ortalaması da, dijital yöntemde $64,58 \pm 5,47$, konvansiyonel yöntemde ise $65,00 \pm 5,53$ ' tür. Bu fark ise $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sağ ramus ortalamasındaki farkın anlamlılığı sola göre daha fazladır. Güvenilirliğin değerlendirilmesinde ise korelasyon katsayıları sağ ramus ölçümünde 0.959, solda ise 0.936 olarak bulunmuştur.

4. 2. 2. Dişsel Ölçümler

Dişsel ölçümlerde maksiller ve mandibular molar genişlik, mandibular kaninler arası genişlik, dişsel simetri, maksiller ve mandibular molarlar arasındaki bukkal overjet parametreleri değerlendirilmiştir.

Maksiller molar genişlik ortalaması, dijital yöntemle $64,90 \pm 4,31$ ve konvansiyonel yöntemle ise $62,90 \pm 4,16$ olarak ölçülmüştür. İki yöntem arasındaki fark, $p < 0,001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak korelasyon katsayısı 0.974 olarak oldukça yüksek bulunmuştur.

Mandibular molar genişlik ortalaması dijital yöntemle $63,78 \pm 4,45$ ve konvansiyonel yöntemle ise $62,22 \pm 4,47$ olarak bulunmuştur. Ölçümler arasındaki farkın p değeri, 0,001'den küçük bulunmuştur. İki yöntem arasındaki güvenilirlik katsayısı, 0.812 olarak en düşük korelasyon katsayısı olan parametredir.

Dişsel ölçümlerden kaninler arası mesafe ölçümü konvansiyonel yöntemde $29,64 \pm 2,30$ ve dijital yöntemde ise $29,65 \pm 2,11$ ' dir. Bu parametre için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ve p değeri 0,579'dur. Korelasyon katsayısı da kaninler arası mesafe ölçümü için 0.995 olarak 1.000 tam değerine oldukça yakın bulunmuştur ve bu değerle iki grup arasında dişsel ölçümler içinde güvenilirliği en yüksek olan parametredir.

Konvansiyonel yöntemde, dijital yöntemle göre maksiller ve mandibular dişsel sapma miktarı daha fazla ölçülmüştür. İki yöntem arasındaki ölçüm farkı hem maksiller hem de mandibular dişsel sapma ölçümü için ortalama 0.5 mm' dir. Korelasyon katsayısı ise mandibular iskeletsel sapma için 0.928 bulunurken, maksiller iskeletsel sapma için 0.885 ile daha düşük bulunmuştur.

Sağ ve sol maksiller ve mandibular molar dişlerde bukkal overjet ölçümü için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Sağ taraf için p değeri 0,579, sol taraf için ise 0,049 olarak bulunmuştur. Bu parametre için iki grup arasında güvenilirliğin değerlendirilmesinde de, sağ taraf için 0.927, sol taraf için 0.955 değerleri ile oldukça yüksek bulunmuştur.

4. 2. 3. Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler

Diş iskelet ilişkilerinde tek değerlendirilen parametre sağ sol okluzal eğim ölçümüdür. Sağ okluzal düzlem eğimi dijital yöntem ile $87,14\pm6,14$, konvansiyonel yöntem ile ise $88,05\pm5,98$ olarak daha yüksek ölçülmüştür. İki yöntem arasındaki fark $p<0,001$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sol okluzal düzlem eğimi ise, dijital yöntem ile $87,14\pm6,14$, konvansiyonel yöntem ile de $87,38\pm5,98$ olarak benzer değerlerde ölçülmüş, fakat istatistiksel olarak iki grup arasında $p<0.01$ düzeyinde anlamlı fark bulunmuştur. Okluzal düzlem eğim ölçümünde iki taraf için de korelasyon katsayısı yüksek bulunmuştur.

4. 2. 4. Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler

Kraniyo fasiyal ilişkilerde Z-Ag-Cd ve Z-Ag-J parametreleri araştırmamızdaki 2 açısal ölçümü oluşturmaktadır.

Z-Ag-Cd açısı, konvansiyonel yöntemde ortalama sağ $4,67\pm2,14$, sol $3,68\pm1,95$ değerleri ile dijital yöneme göre daha yüksek bulunmuştur. İki grup arasındaki fark, $p<0,001$ ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sağ Z-Ag-Cd açısı için korelasyon katsayısı 0.881 bulunurken, sol Z-Ag-Cd açısı için 0.907 olarak daha yüksek bulunmuştur.

Sağ ve sol Z-Ag-Cd açı ölçümü ortalama değeri, konvansiyonel yöntemde dijital yöneme göre daha yüksek bulunmuştur ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Sağ Z-Ag-Cd açısı için korelasyon katsayısı 0.905 bulunurken, sol Z-Ag-Cd açısı için 0.885 ile daha düşük bulunmuştur.

4. 2. 5. Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler

İnterorbital genişlik (Lo-Lo) ve nazal genişlik (NC-CN) derin yapılarda ölçtüğümüz iki parametredir.

Konvansiyonel yönteme göre, dijital yöntemle yapılan interorbital genişlik ortalaması istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Bu parametre için korelasyon katsayısı ise 0.905 olarak bulunmuştur.

Nazal genişlik ölçümü için konvansiyonel yöntemde ortalama $31,56\pm 2,94$, dijital yöntemde ise ortalama $32,97\pm 3,04$ olarak bulunmuştur. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). İki grup arasında bu parametrenin güvenilirliği ise 0.959 korelasyon katsayısı ile oldukça yüksek bulunmuştur.

Tablo 4. 3. Konvansiyonel ve dijital yöntemle elde edilen posteroanterior sefalometrik analiz ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Grup 1	Grup 2	p-değeri
	Konvansiyonel	Dijital (Pordios)	
	Ortalama ± SD	Ortalama ± SD	
İskeletsel Ölçümler			
Max gen (JR-JL)	70,11±4,00	71,50±4,19	<0,001***
Mand gen (Ag-Ag)	91,29±5,47	94,56±5,14	<0,001***
J-LoAg sağ	12,03±2,04	13,21±2,21	<0,001***
J- LoAg sol	12,61±1,98	13,29±1,99	<0,001***
Max isk orta hat sapması	-0,26±1,21	-0,02±1,48	<0,001***
Mand isk orta hat sapması	-0,82±2,40	-0,39±2,80	<0,001***
Korpus (Ag-Me) sağ	45,12±2,92	46,96±3,23	<0,001***
Korpus (Ag-Me) sol	46,45±3,00	47,57±2,89	<0,001***
Ramus (Ag-Cd) sağ	65,85±5,93	64,67±5,93	<0,001***
Ramus (Ag-Cd) sol	65,00±5,53	64,58±5,47	0,010*
Dişsel Ölçümler			
Max molar gen (A6-6A)	62,90±4,16	64,90±4,31	<0,001***
Mand molar gen (B6-6B)	62,22±4,47	63,78±4,45	<0,001***
İnterkanin gen (B3-3B)	29,64±2,30	29,65±2,11	0,592 AD
Max dişsel ortahat sapması	-0,73±1,70	-0,20±1,81	<0,001***
Mand dişsel ortahat sapması	-0,88±2,09	-0,33±2,18	<0,001***
Max- Mand molar fark sağ	0,47±1,73	0,52±1,70	0,579 AD
Max- Mand molar fark sol	0,49±1,78	0,43±1,78	0,049*
Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler			
Okluzal düzlem eğimi sağ	88,05±5,98	87,14±6,14	<0,001***
Okluzal düzlem eğimi sol	87,38±5,98	87,14±6,14	0,002**
Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler			
Z-Ag-Cd açısı sağ	4,67±2,14	4,36±1,87	<0,001***
Z-Ag-Cd açısı sol	3,98±2,03	3,68±1,95	<0,001***
Z-Ag-J açısı sağ	15,18±2,95	14,72±2,80	<0,001***
Z-Ag-J açısı sol	15,95±3,03	14,61±2,45	<0,001***
Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler			
İnterorbital gen (Lo-Lo)	99,97±4,22	103,11±4,57	<0,001***
Nazal gen (NC-CN)	31,56±2,94	32,97±3,04	<0,001***

* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001; AD: Anlamlı değil

Tablo 4.4. Araştırmada kullanılan posteroanterior sefalometrik analiz ölçümleri yönünden konvansiyonel ve dijital yöntemler arasındaki uyum düzeyleri.

SKK: Sınıfıçı korelasyon katsayısı

	SKK	Alt Sınır	Üst Sınır
İskeletsel Ölçümler			
Max gen (JR-JL)	0,963	0,949	0,973
Mand gen (Ag-Ag)	0,847	0,795	0,887
J-LoAg sağ	0,943	0,922	0,958
J- LoAg sol	0,953	0,935	0,966
Max isk orta hat sapması	0,828	0,770	0,872
Mand isk orta hat sapması	0,908	0,875	0,932
Korpus (Ag-Me) sağ	0,923	0,896	0,944
Korpus (Ag-Me) sol	0,826	0,768	0,871
Ramus (Ag-Cd) sağ	0,959	0,944	0,970
Ramus (Ag-Cd) sol	0,936	0,912	0,953
Dişsel Ölçümler			
Max molar gen (A6-6A)	0,974	0,964	0,981
Mand molar gen (B6-6B)	0,812	0,750	0,860
İnterkanin gen (B3-3B)	0,995	0,993	0,997
Max dişsel ortahat sapması	0,885	0,844	0,915
Mand dişsel ortahat sapması	0,928	0,902	0,947
Max- Mand molar fark sağ	0,927	0,900	0,947
Max- Mand molar fark sol	0,955	0,938	0,967
Diş İskelet İlişkilerini Değerlendiren Ölçümler			
Okluzal düzlem eğimi sağ	0,962	0,948	0,972
Okluzal düzlem eğimi sol	0,988	0,984	0,991
Kraniyo Fasiyal İlişkileri Değerlendiren Ölçümler			
Z-Ag-Cd açısı sağ	0,881	0,840	0,912
Z-Ag-Cd açısı sol	0,907	0,873	0,931
Z-Ag-J açısı sağ	0,905	0,872	0,931
Z-Ag-J açısı sol	0,885	0,845	0,915
Derin Yapıları Değerlendiren Ölçümler			
İnterorbital gen (Lo-Lo)	0,905	0,871	0,930
Nazal gen (NC-CN)	0,959	0,944	0,970

5. TARTIŞMA

5.1. Amaç ve Materyal

Sefalometrik radyografiler, dental malokluzyonların ve iskeletsel bozuklukların teşhis ve tedavisinde kullanılan önemli araçlardır. Seri sefalometrik radyografilerle fasiyal iskeletin büyüme ve gelişiminin incelenmesi, öngörülmesi ve tedavi başı ve sonu değişikliklerin değerlendirilmesi sağlanır. Ayrıca dentofasiyal deformitelerin tedavisinde önem taşıyan cerrahi sonucunu önceden belirlemede sefalometrik analizlerden yararlanılır (104, 105).

Kapsamlı sefalometrik analiz sistemleri malokluzyonların sagittal yön iskeletsel ve dişsel komponentlerini belirlemek için geliştirilmiştir (16, 106). Ayrıca ortodontistler vakaların teşhis ve tedavi planlamalarında rutin olarak lateral sefalometrik radyografileri kullanmaktadır. Klinisyenler baş pozisyonunun tekrarlanma zorluğu, yapıların superpozisyonu veya zayıf radyografik teknik nedeniyle anatomik noktaların belirlenme zorluğu, ek radyasyona maruz kalma gibi uygulama sırasında karşılaşılan problemler nedeniyle posteroanterior radyografileri daha az kullanmaktadır. Fakat okluzal eğim veya asimetri gibi genişlik boyutundaki bozuklukların doğru teşhisinde posteroanterior sefalometrik radyografların değerlendirmesi gerekmektedir (107).

Çekimsiz tedavilerin popülerlik kazanmasıyla arklarda yer kazanmak için dental arklar transversal yönde de değerlendirilmektedir. Özellikle dar dental arklara sahip bireylerde bimaxiller genişletme, premolar çekimine alternatif olarak önerilmektedir (108, 109, 110). Tedavi kararını verirken sadece dental ark ölçümleri değil uygun posteroanterior sefalometrik analiz sonuçları da temel alınmalıdır (107).

Geleneksel olarak sefalometrik analizler filmin üzerine yerleştirilen asetat kağıdında noktaların belirlenmesi ve ardından açısal ve lineer ölçümlerin yapılmasıyla uygulanır. Konvansiyonel teknik olarak adlandırılan bu yöntem

klinisyen için zaman alıcıdır ve aynı zamanda anatomik noktaların belirlenmesi, çizim ve ölçümler sırasında hata riskinin artması gibi dezavantajları içermektedir (90, 91).

Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile dijital analiz programları geliştirilmiştir. Sefalometrik analizlerin bu programlarla yapılmasıyla bireysel hatalar azalırken aynı zamanda standardizasyon sağlanır ve zaman kazanılır (111). Bilgisayar destekli sefalometrik analiz programlarının ortodonti kliniğinde kullanımının artması ile her geçen gün farklı yazılım programları piyasaya sürülmektedir ve klinisyenin en uygun yöntemi seçmesinde yapılan araştırmalar yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu analiz programlarının konvansiyonel yöntemle göre doğruluğu da teşhis ve tedaviler açısından önem taşımaktadır.

Kraniyofasiyal kompleksin üç boyutta da sefalometrik incelenmesi, lateral sefalometrik değerlendirmenin yanında PA sefalometrik filmlerin değerlendirmesini gerektirmektedir. Literatürde bilgisayarlı lateral sefalometrik analizlerin güvenilirliğini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır (46, 55, 56, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 89, 91, 101, 111). Ancak posteroanterior radyografilerin kullanıldığı sadece birkaç çalışma mevcuttur, bu çalışmalarda da anatomik noktaların belirlenme hataları ve baş rotasyonunun frontal radyografilere etkisi incelenmiştir (38, 39, 40, 41, 53, 54, 57, 59, 60). Posteroanterior radyografilerin değerlendirilmesinde bilgisayarlı analiz yönteminin güvenilirliği ise henüz bilinmemektedir. Çalışmamızın, ortodontistlere posteroanterior sefalometrik filmlerin incelenmesinde uygun yöntem seçiminde yardımcı olacağını düşünmekteyiz. Bu nedenlerle planlanan çalışmamızda, amacımız konvansiyonel teknikle değerlendirdiğimiz 150 adet posteroanterior radyografinin analiz sonuçlarını, bilgisayarlı bir sefalometrik analiz programı (PorDios for Windows) ile elde ettiğimiz analiz sonuçları ile karşılaştırmak ve konvansiyonel yöntemle göre güvenilirliğini tespit etmektir.

Araştırmaya dahil ettiğimiz 150 adet analog ve dijital radyografilerde bireylerin kronolojik, iskeletsel yaşlarına ve cinsiyetlerine dikkat edilmemiş ve

radlyograflar anonimize olarak değerlendirilmiştir. Radyograflarda anatomik yapıların görülmesine engel bir artifakt bulunmaması, daimi dentisyonda olması, eksik veya gömülü diş olmaması, tek taraflı veya çift taraflı posterior çapraz kapanış olması, bilinen herhangi bir sendrom, kraniyofasiyal deformite ve dudak damak yarığı bulunmaması ve anatomik noktaların belirlenmesini engelleyecek kalın yumuşak dokuya sahip olmaması kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada radyografileri kullanılan bireylerin (n=150) ortalama kronolojik yaşı 17.45'tir.

Sefalometri X-ışını kaynağı ve filmle ilişkili olarak standardizasyon ve tekrarlanabilir baş pozisyonunu kullanabilmeyi temel almaktadır (39). Çalışmamıza dahil ettiğimiz radyografilerde radyografik tekniği standardize etmek için tüm filmler aynı radyografi cihazında ve aynı teknisyen tarafından çekilmiş ve araştırıcı her hastanın çekimi sırasında baş pozisyonunu kontrol etmiştir.

Posteroanterior radyografilerde yapılan ölçümlerde lateral sefalometrilere olduğu gibi X ışını projeksiyonu, ölçüm sistemleri ve anatomik noktaların belirlenmesine bağlı olarak hatalar oluşabilmektedir. Baş pozisyonu kontrolünün daha zor olması nedeniyle lateral sefalometrik radyografilere göre projeksiyon hataları daha fazla olmaktadır (6). Posteroanterior radyografilerin güvenilirliğinin araştırıldığı birçok çalışma, baş rotasyonunun bu radyografilerde hatalara neden olduğunu göstermektedir (36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 53, 55, 57).

Baş rotasyonu olmadan doğru şekilde alınan bir frontal radyografide, temporal kemiğin petros parçasının üst kısmı, orbital kavitenin orta veya alt 1/3 kısmından geçmelidir. Palatal düzlem ve nazal kavite taban ilişkisi incelendiğinde ise, palatal düzlem genellikle FH düzlemine paralel olmalıdır. Eğer hasta başını arkaya doğru eğimlendirirse n ve arka nazal çıkıntılar superpoze olmaz. ne ve aşağıya eğimlendiğinde ise odontoid proesler diğer yapılardan yüksekte görünür. Aynı zamanda arka nazal çıkıntı ne göre yüksekte görünür. Baş rotasyonunu kontrol etmede üst ve alt yüz yükseklikleri

oranı da değerlendirilebilir. Lateral ve PA kullanılarak her iki filmde orbital kavite tabanından oksipital kemik tabanına vertikal mesafe ve occipital kemik tabanından mandibula alt kenarına vertikal mesafe ölçülür. İki filmdeki ölçümler karşılaştırılır. Eğer PA sefalogramda laterale göre üst yüz yüksekliği uzun, alt yüz yüksekliği kısa ise hasta başını yukarı öne eğimlendirmiştir. Her iki filmde de kısa ve yuvarlak yüz görüntüsü oluşur. Tam tersinde ise PA sefalogramda uzun yüz görüntüsü oluşur (21).

Ön ve arka yönde baş rotasyonlarının dışında sağ ve sol rotasyonlar da oluşabilir. Posteroanterior radyografilerde x ışınının yönü nazal septumdan geçmektedir ve bu nedenle septum sıklıkla düz bir görüntü verir. Ekspoz sırasında hasta başını sağ veya sola çevirmişse x ışını nazal septumdan geçemez ve nazal septum daha belirsiz görülür. Sağ ve sol rotasyonların anlaşılmasında diğer bir gösterge de ramusun iç ve dış kenarlarından genişlik ölçümlerinin sağ ve solda farklı olmasıdır. Örneğin hasta başını sağa çevirmişse filmde sol ramus daha geniş bulunur. Maksiller alveol kemikle ramusun iç yüzeyi arasında kalan boşluk da genellikle sağ ve solda birbirine eşittir. Eğer hasta başını çevirirse boşluk genişlikleri simetrik olmaz (21).

Posteroanterior radyografilerde baş rotasyonunun etkisinin incelendiği çalışmada, vertikal düzlemin arkasında konumlanan noktalar zıt yönde, önünde konumlanan noktalar ise aynı yönde hareket ettiği belirtilmiştir. Vertikal Z düzleminde oluşan rotasyon, noktaları yatay yönde etkilemektedir. Bu sebeple yüzün asimetrisini değerlendirmek zor olmaktadır, çünkü çift taraflı noktaların orta hattaki referans düzlemine uzaklıkları baş rotasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Vertikal Z düzlemindeki rotasyonların aksine anteroposterior Y düzlemindeki rotasyonlar görüntüde distorsiyona neden olmamaktadır (42, 44). Sadece görüntünün filmdeki yerleşimi değişmekte, noktalar arasındaki ilişkiyi etkilememektedir. Transvers X düzlemi üzerindeki rotasyonlar ise noktalar arasındaki ilişkiyi sadece vertikal yönde etkiler (38). Sonuçta asimetrinin belirlenmesinde belirgin olarak etkilememektedir. Araştırmacılar posteroanterior

radıografilerin değerli bir teğhis aracı olarak kullanılabilmesi için filmlerin vertikal Z düzleminde bağ rotasyonu olmadan ekspozede edilmesini önermektedir (39).

Posteroanterior radyografilerde bağ rotasyonunun ölçümler üzerine etkisini inceleyen bağka bir çalışmada da vertikal yönde (sağ ve sol) bağ rotasyonunun, dikey ölçümlerde küçük bir etkisi olduğunu fakat yatay ölçümlerde daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir. Transvers yöndeki (yukarı ve ağağı) rotasyonlarda ise beklenildiği gibi tersi şeklinde etkilemiştir. Dikey lmleri yatay ölçümlere göre daha fazla derecede etkilemiştir (42).

Yapılan alışmalar bağ rotasyonunun posteroanterior radyografileri değerlendirmede hatalara yol açtığını göstermektedir. Bu sebeple çalışmamızda radyografilerin çekimi sırasında bağ pozisyonu kontrol edilmiş ve bağ pozisyonunun standardizasyonunu sağlayan kulak çubukları dış kulak yoluna (external auditory canal) yerleştirilmiş ve Frankfurt horizontal düzleminin yere paralel olması sağlanmıştır.

5. 2. Yöntem

5. 2. 1. Dijital Radyografiye Geçiş Süreci

Birçok araştırıcı bilgisayar destekli sefalometri kullanımını ve sefalometrik radyografilerin dijitalleştirme sürecini değerlendirmiştir (112, 113, 114, 87). Dijitalleştirme sürecinde birçok aşama bulunmaktadır. İlk olarak X-işini ekspozu gerçekleşir. X-işini ile fotoğraf kağıdı/sefalometrik radyografi, fosfor plak veya sensör ekspozede edilir. Bundan sonraki aşama görüntünün dijital resme dönüştürülmesidir. Sefalometrik radyografiler tarayıcı, video veya diğer benzer aygıtlarla taranabilir, fosfor plak özel tarayıcı ile taranabilir veya sensör ile dijital radyografi direkt oluşturulabilir. Son aşama ise dijital resmin bilgisayara kaydedilmesidir. Aynı zamanda her bir inch alandaki nokta sayısı (DPI, rezolasyon), gri tonlamanın renk derinliği (the bits) ve kayıt formatı gibi farklı parametreler özelleştirilebilir. Fosfor plak kullanılan sistemlerde taramadan önce

ve kaydetmeden önce olmak üzere iki kere rezolusyon belirlenir. Bilgisayara kaydetme işlemi ardından ekrandaki dijital resim üzerinde direkt sefalometrik analiz uygulanabilir veya bir yazıcı yardımıyla dijital resim analog sefalometrik radyografi haline dönüştürülebilir (101).

Dijital görüntü elde etmede bir diğer yöntem de sandviç tekniğidir. Bu teknikte tek kaset içerisinde konvansiyonel radyografik film ve fosfor plak bulunur. Tek ışınlamada hem konvansiyonel radyograf, hem de dijital görüntü elde edilir. Bu yöntemin avantajı hem hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarı azalır hem de baş pozisyonunun tekrarlanabilirliği sağlanmış olur (81).

Görüntünün video ile çekilerek elde edildiği lateral dijital görüntülerde yapılan çalışmada konvansiyonel çizimle benzer sonuçlar bulunmuştur (115). Cohen ve Linney de bilgisayara bağladıkları TV kamerasını kullanarak elde ettikleri görüntüleri değerlendirmişler ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir (116). Lowey ise video ile elde ettiği görüntülerle normal ölçüm arasında küçük fakat istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuştur ve rezolusyonun artmasının sonuçları etkilediği sonucuna varmıştır (117).

Geelan ve ark da fosfor plak tekniği, video çekimi ve normal çizimi karşılaştırmışlar ve gruplar arasında büyük farklar bulmamışlardır (112).

Tarayıcı kullanılarak elde edilen lateral dijital görüntülerde anatomik noktaların belirlenme güvenilirliğinin değerlendirildiği ilk çalışmada ölçümler konvansiyonel ve direk işaretleyici ile yapılanlarla karşılaştırılmıştır. Dijital görüntülerin işaretleyiciye ihtiyaç olmadan bilgisayar programıyla analiz edilebilmesi avantajı ile birlikte anatomik noktaların belirlenmesinde görüntüde kontrast, parlaklık ayarı, negatif görüntü ve filtreleme gibi özelliklerin kullanılabilmesi noktaların tanımlanmasında doğruluğu arttırdığı sonucuna varmışlardır (118).

Analog, tarayıcı ile elde edilen dijital ve bunların yazıcıyla basılması ile elde edilen kağıt kopyalarda yapılan sefalometrik analiz ve karşılaştırma sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada hem kağıt kopyalarda hem de tarayıcıdan elde edilen dijital görüntülerde distorsiyon meydana geldiği bulunmuştur. Bir boyutta en fazla 1.1 mm olduğu ve bunun da klinik olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir. Kağıt kopyadan ve tarayıcı ile elde edilen dijital görüntülerdeki ölçümler konvansiyonel çizime göre anlamlı farklı bulunmuştur ve bu ölçümler porion ve orbitale noktalarını içeren ölçümlerdir. Karşıştırmalar karşılaştırıldığında ise anlamlı fark bulunmamıştır ve kağıt kopyada daha az distorsiyon olduğu için klinik kullanımda alternatif olarak önermişlerdir (89).

Tarayıcı ve kamera aracılığı ile elde edilen dijital radyografilerde ölçümlerin karşılaştırıldığı çalışmada kamera ile elde edilen dijital fotoğraflarda oluşan magnifikasyon nedeniyle açısal ölçümlerde fark oluşmadığı fakat lineer ölçümleri anlamlı şekilde etkilediği sonucuna varmışlardır (119).

Analog ve dijital radyografilerde güvenilirliği karşılaştıran bir çalışmada, tarayıcı ile dijital resimler elde edilmiş ve 300 DPI ve 600 DPI olarak iki farklı rezolusyonda kaydedilmiştir. Çalışmada yüksek rezolusyonda taramanın ölçüm hatalarını etkilemediği gösterilmiştir. 300 DPI rezolusyonlu dijital radyografilerin klinik amaçlar için yeterli ve analog sefalogramlara yakın olduğu bulunmuştur (101).

Fosfor plak kullanılarak elde edilen dijital radyografilerin konvansiyonel radyografilerle güvenilirlik açısından karşılaştırıldığı çalışmada, anatomik noktaların belirlenmesindeki güvenilirlik dijital radyografilerde anlamlı yüksek bulunmuştur. Dijital radyografilerde radyasyon dozunun %23.7 azaltılmasına rağmen güvenilir çıkması avantaj olarak belirtilmiştir (120).

Yapılan çalışmaların sonuçları göstermektedir ki radyografilerin elde edilmesi sırasında oluşan distorsiyon anatomik noktaların tanınmasında güçlük oluşturmaktadır ve bu da hata oranını arttırmaktadır. Bu sebeple çalışmamızda

CCD (Charge Coupled Device) sensör sayesinde oluşan direk dijital görüntünün bilgisayara aktarılmasıyla elde edilen dijital radyografiler kullanılmıştır. Direk dijital radyografilerin kullanımı hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarının azalması, görüntünün kontrast ve parlaklık ayarlarının düzenlenebilmesi, görüntü elde etmede banyo işlemlerine ihtiyaç olmaması, arşivleme ve transfer işleminin kolay yapılabilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (80, 81, 87, 121). Elde edilen görüntüler bilgisayara, görüntüleme standart olarak kabul edilen DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında kaydedilmiştir. Bu formattaki dosyaların büyük olması ve saklama, transferde zorluk yaratması dezavantajlarıdır (122). Bu nedenlerle görüntüyü sıkıştıran JPEG formatında sefalometrik radyografiler kullanılabilir. Bu formattaki radyografilerin anatomik noktaları belirlemede güvenilirliğinin değerlendirildiği çalışmada, DICOM formatındaki radyografilerle karşılaştırıldığında güvenilirliği değişmediği bulunmuştur (122).

DICOM formatında kaydedilen posteroanterior radyografiler, daha sonra Adobe Photoshop CS2 (Adobe Systems, San Jose, California, USA) grafik yazılımı ile 1:1 oranında yeniden boyutlandırılmış, uygun renk ve kontrast ayarları yapılarak ideal baskı kalitesine göre ayarlanmıştır. Dijital radyografiler kuru baskı lazer yazıcı cihazı (DryPro Model 832, Konica Minolta, Osaka, Japan) kullanılarak özel film kağıdına (Medical Film Dry Pro SD-P, Konica Minolta, Osaka, Japan) bastırılmıştır. Böylelikle 150 adet de konvansiyonel radyografi elde edilmiştir. Bu şekilde çalışmamızda radyografilerin elde edilmesi sırasında oluşan hatalar ve magnifikasyonun olumsuz etkisi elimine edilmiştir (55). Aynı bireyden hem konvansiyonel, hem de dijital radyograf alım amaçlı sandviç metodu en uygun metot olsa da, ayrı bir radyografi cihazı gerekmesi nedeniyle çalışmamızda bu metot kullanılamamıştır. Hastanın fazladan radyasyona maruz kalmaması amacıyla dijital radyografların kuru baskı cihazı ile kopyalarının alınması etik ve çalışma pratiği açısından uygun bulunmuştur.

5. 2. 2. Sefalometrik Çizim Sırasında Karşılaşılan Hatalar

Sefalometri ortodontide teşhis ve tedavi planlamasında, tedavi sonuçlarını değerlendirmede ve büyümenin öngörülmesinde kullanılan önemli bir araçtır. Sefalometrik analizlerde, radyografik filmlerde oluşan magnifikasyon, çizim, ölçüm, kayıt ve anatomik noktaların belirlenmesi kaynaklı hatalar oluşabilir (87).

Anatomik noktaların belirlenmesindeki hatalar her nokta için özeldir ve en çok uygulayıcının deneyimi etkilemektedir (123, 124). Genel olarak bireyler arasındaki hata oranının, tek birey içi hata oranına göre daha fazla olduğu bulunmuştur (94, 123). Bu çalışmada hata oranını azaltmak için tüm radyografiler aynı araştırmacı tarafından değerlendirilmiş ve sadece sınıf içi hata denetimi yapılmıştır. Araştırmacının hata oranını belirlemek için de her iki yöntem için ellışer film tekrar ölçülmüştür. Anatomik noktaların belirlenmesinde güvenilirliği değerlendiren birçok çalışma bulunmakta ve farklı sonuçların olduğu görülmektedir.

Lateral sefalometrik radyografilerde anatomik noktaların tekrarlanabilirliğinin değerlendirildiği çalışmada, 25 sefalometrik noktadan sadece 4'ünde (Gn', Li, Si ve li-Li) konvansiyonel ve dijital yöntem (FACAD) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur, fakat bu farkın klinik olarak önemli olmadığı ve dijital yöntemin güvenilir ve klinik amaçlarla kullanmak için yeterli olduğu belirtilmiştir (96). Nimkarn ve Miles da Si ve E-doğrusunu oluşturan noktaların daha az güvenilir olduğunu bulmuştur (114).

Monitör üzerinden anatomik noktaların belirlenmesinin güvenilirliğini, yazıcıdan alınan çıktılar üzerinde yapılan konvansiyonel yöntemle karşılaştıran çalışmada iki yöntem arasında fark bulunmamıştır. Monitörden direk noktaların belirlenmesi yönteminin yüksek tekrarlanabilirlik ve güvenilirliği olması, çizim yapılmadığı için zaman kazandırması ve başka bir ekipman gerektirmemesi gibi avantajları olduğunu belirtmişlerdir (125).

Anatomik noktaların bilgisayar tarafından otomatik olarak tanımlandığı uzaysal spektroskopî yöntemi ile elle işaretlenmesi yönteminin karşılaştırıldığı çalışmada noktaların belirlenme hataları açısından yöntemler arasında fark bulunmamıştır (88).

Konvansiyonel ve yarı doğrudan (semi-direct) dijital görüntülerin kullanıldığı çalışmada da anatomik noktalarının belirlenmesi açısından fark bulunmamıştır. Radyasyon dozunun azalmasına rağmen dijital yöntemde kaliteli görüntü oluştuğu ve noktaların belirlenmesinde güvenilir sonuçlar elde edilebildiğini belirtmişlerdir (120). Yarı doğrudan dijital görüntülerin elde edildiği sistemlerde fosfor plakların ekspozunun ardından görüntüyü dijital bilgiye çeviren özel tarayıcılar bulunur (120). Günümüzde artık CCD sensörlerin kullanıldığı direkt dijital radyografi sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemle elde edilen dijital radyografiler ve konvansiyonel radyografilerde anatomik noktaların belirlenme güvenilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmada, dikey koordinatta A, yatay koordinatta ANS ve Co noktalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Fakat bu farklar 1mm altında olduğundan klinik olarak anlamlı kabul edilmemiştir. Her noktanın belirlenme hatalarında kendine özgü büyüklük ve koordinat dağılımı olduğu ve teşhis ve tedavi planlamasında kullanılan sefalometrik analizde klinisyenin noktaları seçerken bu durumu dikkate alması gerektiği belirtilmiştir (83).

Anatomik noktaların belirlenme hataları açısından dijital yöntemin konvansiyonel yöntem kadar güvenilir olduğunu bulan çalışmaların aksine iki yöntem arasında anlamlı fark olduğunu belirten çalışmalar da vardır (81, 99, 126, 127). Chen ve ark. 'nın (87) lateral sefalometrik radyografilerde yaptığı çalışmaya göre anatomik noktaların belirlenmesi açısından orijinal ve dijital radyografiler arasında anlamlı fark bulunmuştur. Dijital radyografiler porion (Po), artikulare (Ar), arka nazal çıkıntı(PNS) ve üst moların meziyobukkal tüberkül tepe noktası (UM) dışındaki noktalar için güvenilir bulunmuştur. Araştırmacılar dijital sefalometrinin avantajlarını kullanırken, dijital radyografilerde düşük güvenilirlikleri nedeniyle bu noktaların dikkatlice incelenmesi gerektiğini

belirtmişlerdir. Ayrıca dijital teknikte daha fazla hata oranının oluşmasını, düşük kalitedeki analog sefalometrik radyografilerin zayıf ekranda değerlendirilmesine bağlamışlardır (113).

Dijital, konvansiyonel ve direk dijitalasyon yöntemlerinde anatomik noktaların belirlenme güvenilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmada, dijital yöntemde diğer metotlara göre anlamlı farklı bulunmuştur. Dijital yöntemin klinik uygulamada yeterli olduğu fakat araştırmalarda kullanım için bilgisayar donanımındaki kısıtlamalar nedeniyle henüz yeterli olmadığı belirtilmiştir (118).

Literatürde posteroanterior radyografilerde anatomik nokta belirleme hatalarını gösteren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (54). Bunlardan ilkinde frontal radyografilerde anatomik noktaları koordinat sisteminde kayıt edebilen 'EA-PAX' adında yeni dizayn edilen bir program kullanılmıştır. Çalışmada yatay yönde en güvenilir nokta menton, dikey ve radial yönde ise B noktası olduğu bulunmuştur. Yatay ve radial yönde en az güvenilir nokta mandibular molar iken dikey yönde maksiller kanin noktasıdır. Çalışmanın sonucuna göre iskeletsel noktalar dişsel noktalara göre daha güvenilirdir. En az güvenilir iskeletsel nokta zigomatiko-frontal sutur iken mandibular kanin en güvenilir dental noktadır. Çalışmada ayrıca iki düzlem değerlendirilmiş ve beklenmedik şekilde okluzal düzlem midsagittal düzleme göre daha güvenilir bulunmuştur. Noktaların belirlenmesi doğrulara göre daha güvenilirdir, çünkü doğru belirlenirken iki nokta tanımlanması gerekir (57).

Major ve ark.'nın (53) yaptığı çalışmada hem kuru kafa hem de hastalardan alınan posteroanterior radyografilerde noktaların belirlenme hataları hem tek araştırmacı için hem de 4 araştırmacı için değerlendirilmiştir. Hastalardan alınan radyografilerde kafatasından alınanlara göre daha fazla hata bulunmuş, bunun nedeni yumuşak dokunun varlığına bağlanmıştır. Vertikal yönde en fazla belirleme hatası daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak maksiller kanin ve crista galli için olmuştur. Araştırmacılar arasındaki belirleme hatası, tek araştırmacıya göre daha fazla bulunmuştur.

El Mangoury ve ark.'nın çalışmasının aksine Pirttiniemi ve ark.'nın çalışmasında dental noktalar ve orbitanın üst kenar noktası en iyi belirlenen noktalar olarak bulunmuştur (41).

Posteroanterior radyografilerde Athanasiou (66) tarafından oluşturulan posteroanterior sefalometrik analizde kullanılan 34 noktanın 5 farklı araştırmacı tarafından belirlenme hatalarını inceleyen çalışmada ise her nokta için yapılan lokalizasyon hatalarının dağılımı karakteristik bir zarf şeklinde olduğu belirtilmiştir. Çift taraflı noktalar benzer zarfa sahiptir. Noktaların belirlenmesindeki doğruluk, çeşitli noktalar için belirgin farklılık göstermektedir. En doğru belirlenen 6 nokta Mastoid sağ ve sol, Latero-orbitale sağ ve sol ve Antegonion sağ ve sol, en fazla hata yapılan noktalar ise Koronoid, Kondiler ve Mandibular foramen noktalarıdır. 5 araştırmacı arasında noktaların doğru belirlenmesinde belirgin fark tespit edilmiştir. Buna rağmen birinin diğerine göre daha iyi olduğunu gösteren bir kanıt bulunamamıştır. Aynı radyografi üzerinde noktaların belirlenmesinin tekrarlanması doğruluğu geliştirmemiştir (59).

Bu çalışmada anatomik noktalar değil, noktalar kullanılarak oluşturulan düzlemlerin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Sefalometrik ölçümler analizin son noktasıdır ve nokta belirleme, doğru çizimi ve ölçüm aşamalarından sonra elde edilen veridir. Bazı durumlarda anatomik noktalar belirlendikten sonra düzlem çizimi ve ölçümlerde hata oluşabilmektedir. Çalışmamızda sefalometrik çizim sonrası elde edilen en son verinin değerlendirilmesi ile, 3 aşama sonrasında oluşabilecek hataların ortaya çıkmasının sağlanması düşünülmüştür.

5. 2. 3. Konvansiyonel ve Dijital Sefalometri Değerlendirme Metotlarının Karşılaştırılması

Ortodontide sefalometrik radyografilerde sert ve yumuşak dokudaki anatomik noktalara dayalı nicel, sistematik ve nesnel ölçümler kullanılır. Ortodontist için sefalometriden elde ettiği verilerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği önemlidir. Konvansiyonel metotlarda, radyografinin elde edilmesinde, anatomik noktaların belirlenmesinde ve ölçümler sırasında hatalar oluşabilir (55, 80) Bu oluşan hatalara rağmen doğru sefalometrik analiz için en iyi metodun konvansiyonel çizim metodu olduğu düşünülmektedir (128). Dijital radyograflar elde edilmesinin daha hızlı olması, radyasyon dozunun %30 oranında azalması, film üretim işlemlerine gerek olmaması ve kimyasal ve çevresel risk faktörlerinin elimine edilmesi, saklanması daha kolay olması ve transfer edilebilmesi gibi özellikleriyle analog radyografilere üstünlük sağlar (55, 111). Bu avantajlar nedeniyle günümüzde tıp ve diş hekimliği kullanım alanlarında analog radyografilerin yerini dijital radyografiler almaktadır. Ortodontiye dijital radyografilerin girmesiyle dijital çizim ile sefalometrik analiz uygulamasını sağlayan farklı bilgisayar yazılım sistemleri geliştirilmiştir. Ölçümlerin hızlı yapılabilmesi, tedavi planlamalarının kolay belirlenmesi, görüntülerin programlarda depolanmasının kolay olması, görüntü paylaşımının kolay olması, seri radyografilerin karşılaştırmasının hızlı yapılabilmesi ve radyografilerin çoğaltılmasında ek maliyet gerektirmemesi gibi avantajları nedeniyle dijital radyografi sistemlerinin kullanımı popülerlik kazanmıştır. Ayrıca konvansiyonel yöntemde oluşan doğruların çizimi ve ölçümler sırasında oluşan hataları elimine etmesi de bir diğer avantajdır (96, 128).

Posteroanterior radyograflarda konvansiyonel ve dijital metotların güvenilirliğini değerlendiren çalışma yoktur ancak konvansiyonel ve dijital metotların lateral sefalogramlarda değerlendirildiği çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Konvansiyonel ve iki farklı bilgisayarlı analiz programının (Vistadent OC 1.1, GAC) karşılaştırıldığı çalışmada, sadece Cd, Gn, Go, Po, ANS, alt keser apeksi ve Me noktalarını içeren ölçümlerde düşük korelasyon bulunmuş fakat bu farkın

tedavi planlaması açısından değerlendirildiğinde klinik olarak kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır (111).

FACAD® (version 3.0.0.8) adlı sefalometrik analiz programının konvansiyonel yöntemle karşılaştırılmasında dental ve iskeletsel ölçümlerde yüksek korelasyon bulunurken, yumuşak doku ölçümlerinde fark anlamlı bulunmuştur (96). Aynı şekilde Nimkarn ve Miles da dijital yöntemde doğruluğu en az olan ölçümlerin Si ve E doğrusuna bağlı ölçümler olduğunu bulmuştur (114).

İki yöntemin tekrarlanabilirlik, hız ve doğruluk açısından karşılaştırıldığı çalışmada, bilgisayar destekli sefalometrik analizin araştırmacı içi ve araştırmacılar arası güvenilirliği arttırmadığı fakat klinisyene zaman kazandırdığını belirtilmiştir. İki yöntem arasında sadece bir araştırmacıda Nperp-A, Nperp-Pg ve U1-NA ölçümlerinde fark anlamlı bulunmuştur. Bunun da nazofrontal suturun iyi görülmediği olgularda Na noktasının belirlenme zorluğundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (128, 129). Birçok çalışma Po ve Or noktalarının lokalizasyonunda fark bulunduğunu ve bu noktalara bağlı ölçümlerde de güvenilirliğin azaldığını belirtmiştir (87, 123).

Sayinsu ve ark. Dolphin Imaging Software 9.0 (Los Angeles, USA) sefalometrik analiz programını konvansiyonel yöntemle karşılaştırmışlar ve ölçümlerin doğruluk ve tekrarlanabilirliği açısından yüksek korelasyon bulmuşlardır. Dijital radyografilerin arşivleme, transfer ve çoğaltma gibi avantajlarını göz önüne alınca, günlük kullanımda ve görüntülerde kalite kaybı olmadığı için araştırma amacıyla da tercih edilebilir olduğunu belirtmişlerdir (123).

Dijital radyografileri analiz etmede ekran üzerinde direkt işaretlemeyi kullanan Vistadent 2.1 AT ve dijitalyasyon padi kullanarak analiz yapmayı sağlayan JOE sefalometrik analiz programlarını konvansiyonel yöntemle karşılaştıran

çalışmada bir yumuşak doku ölçümü (Nazolabial açı) dışında 3 yöntemle yapılan sefalometrik analizler de yüksek güvenilirlikte bulunmuştur (130).

Tsorovas ve ark. da (131) konvansiyonel yöntem ile 5 farklı sefalometrik analiz programını [Viewbox (dHAL Software, Kifisia, Greece), OnyxCeph (Image Instruments GmbH, Frankfurt, Germany), OrisCeph (Elite Computer Italia, Vimodrone, Italy), Facad (Ilexis AB, Linköping, Sweden), WinCeph (Rise Corporation, Sendai, Japan)] karşılaştırmışlar ve dijital analiz tekniğinin hem daha az zaman aldığını hem de konvansiyonel yöntemle aynı güvenilirlikte olduğunu belirtmişlerdir.

Lateral sefalometrik radyografilerde yumuşak doku analizinin 2 farklı yöntemle incelenmesini karşılaştıran çalışmada, iki farklı ölçüm metodu arasında 11 parametrede anlamlı fark bulunmuştur, özellikle Stomion noktası çevresindeki alanın en az tekrarlanabilir olduğu belirtilmiştir (132).

Dijital radyografilerin ortodonti pratiğinde kullanımının artması ile üreticiler de her geçen gün sefalometrik analiz programları ve var olan yazılımlarını geliştirmektedir. Günümüzde birçok bilgisayar destekli sefalometrik analiz programı ve farklı versiyonları bulunmaktadır. Araştırmamızda bilgisayarlı teknikte Pordios dijital analiz programı kullanılmıştır. Bu yazılımı seçmekteki amacımız, bu programın istenilen anatomik noktaların girilerek klinisyene dilediği ölçümleri yapabilme olanağı sağlamasıdır. Diğer analiz programlarının bir kısmında posteroanterior analiz bulunmazken, bir kısmı ise sadece belirli araştırmacıların analizlerine izin vermektedir. Ayrıca çalışmamızda hem doğrusal, hem de açısal ölçümlerin güvenilirliğini test etmek istedik ve kullanılan program istediğimiz ölçüm parametrelerinin eklenebilmesini sağlamıştır.

Birçok PA sefalometrik analiz metodu arasında en sık kullanılan Ricketts'in metodudur, bunun nedeni farklı yaşlar için normal değerleri vermesidir (25, 133). Araştırmamızda da kullanılan ölçümlerin çoğunluğunu Ricketts'in PA sefalometrik analiz ölçümleri oluşturmaktadır ve bunlara açısal

ölçümler ilave edilmiştir. 21 lineer ve 4 açısal olmak üzere toplam 25 ölçüm çalışmamızda değerlendirilmiştir.

5.3. Bulgular

Günümüzde, sefalometrik analiz uygulamalarında bilgisayar destekli programların kullanımı birçok avantajı nedeniyle tercih edilmektedir. Teşhis ve tedavi planlamasında, büyümenin öngörülmesinde, tedavi etkilerinin değerlendirilmesinde bize yardımcı olan sefalometrik analiz sonuçlarının doğruluğunu bilmek önemlidir. Çalışmamızda posteroanterior sefalometrik analizi, hem konvansiyonel hem de bilgisayar destekli sefalometrik analiz programı ile uygulanmış ve yöntemlerin birbirlerine göre güvenilirliği değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda her iki yöntem için de uyguladığımız tekrar ölçümlerinde, tekrarlama katsayıları tüm parametrelerde 0.90'dan yüksek bulunmuştur. Konvansiyonel yöntemde elde edilen tekrarlama katsayıları, dijital yöntemde göre daha iyi bulunmuştur. Bu sonuç üzerinde dijital yöntemde anatomik noktaların işaretlenmesinde kullanılan fare kontrolünün, konvansiyonel yöntemde kalem ile işaretlemeye göre daha hassas olmasının etkisi olabileceğini düşünmekteyiz. Konvansiyonel yöntemde en yüksek korelasyon katsayısı 0.978 ile sağ maksiller ve mandibular molarlarda bukkal overjet ölçümünde, dijital yöntemde ise 0.944 ile sağ ramus ölçümünde bulunmuştur.

Farklı analiz metodlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda da bizim çalışmamızla benzer olarak sınıfıçi korelasyon katsayısı ve ölçüm ortalamaları değerlendirilmiştir (101, 111, 119, 128, 130). Bu çalışmaların bir kısmında ise, matematiksel hataların sonucu olan grupların ortalamalarının karşılaştırılması, doğruluk seviyesinin değerlendirilmesinde tercih edilmemiştir. Araştırmacılar grup ortalamalarının birkaç değer deviasyonundan kolayca etkilenebileceğini savunmaktadırlar. Bu sebeple güvenilirliği değerlendirmede sadece sınıfıçi korelasyon katsayısını kullanmışlardır (123, 131) Çalışmamızda her iki metot ile istatistiksel değerlendirme yapılsa da korelasyon analizi sonuçları çalışmamız için daha fazla değer taşımaktadır.

Çalışmamızda hem yöntemlerin birbirlerine göre, hem de araştırmacının her iki yöntem için güvenilirliğini değerlendirmede sınıfıçı korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Sınıfıçı korelasyon katsayısı (SKK) varyans analizinden türetilmiştir ve bir gözlemin varyansı ile gerçek puanlamanın gözlemlenen elemanlar arasındaki değişkenliği ile orantısı olarak tanımlanmaktadır. Gruplar arasındaki elemanların homojenitesinin ölçümüdür ve tam homojenite varlığında maksimum 1 değerini almaktadır (134). Literatürde grupların karşılaştırılmasında, $SKK \leq 0.75$ için düşük güvenilirlik, $SKK > 0.75$ için iyi güvenilirlik, $SKK > 0.90$ için ise mükemmel güvenilirlik tanımlamaları kullanılmaktadır (89, 123, 135).

Fayers ve ark'na (135) göre ise sınıfıçı korelasyon katsayısının 0.75'den büyük olması iyi güvenilirliği göstermektedir, buna göre çalışmamızda iki yöntem birbirlerine göre tüm parametreler için güvenilir bulunmuştur.

Klinisyenin malokluzyonu teşhis etmesi ve uygun tedavi seçeneklerini değerlendirmesi açısından sefalometrik analizin doğruluğu önemlidir. Teşhis ve tedavi planlamasında rutin olarak lateral sefalogramların kullanımı araştırmacıların lateral sefalometrik analizlerin güvenilirliğini değerlendirmeye yönlendirmiştir. Literatürde kraniyofasiyal yapıları transversal yönde inceleme imkanı sunan posteroanterior analizlerin değerlendirildiği sadece 2 çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ilkinde 10 adet posteroanterior radyografi 2 farklı araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada bigonial, bimaxilloid, bimaxiller, bizigomatik, bikondiler ve nazal genişlik olmak üzere 6 lineer ölçüm kullanılmıştır. Hem araştırmacıların kendi içinde, hem de araştırmacılar arasında ölçümlerin güvenilirliği değerlendirilmiştir. Ölçümler direk film üzerinden ve film üzerindeki çizim kağıdında noktalar işaretlendikten sonra indirek olarak 2 farklı yöntemle yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, araştırmacılar arasında nazal ve bigonial genişlik ölçümleri en kesin olarak tekrarlanabilirken bimaxiller ve bizigomatik genişlikler orta derecede, bikondiler ve bimaxilloid genişlikler ise zayıf derecede tekrarlanabilir bulunmuştur. İki farklı ölçüm yöntemi arasında fark bulunmamıştır. Araştırmacılar kendi içinde yüksek güvenilirlikte bulunurken birinin diğerine göre üstün olmadığı belirtilmiştir (58). Çalışmamızda gonial, maksiller,

kondiler ve nazal noktaları içeren ölçümlerin arasından sadece gonial ve kondilion noktalarını içeren ölçümlerin tekrarlanabilirliği nispeten küçük çıkmıştır. Mastoid ölçümü ise kullanılmamıştır.

Sefalometrik radyografiler kraniyofasiyal yapıları 2 boyutta inceleme imkanı sunar, bu da en büyük dezavantajlarıdır. Bilgisayarlı tomografinin (CT) ortodonti pratiğine girmesi ile 3 boyutta teşhis ve tedavi planlaması yapabilme imkanı doğmuştur (85). Posteroanterior filmlerin incelendiği diğer çalışmada 40 kuru kafadan elde edilen dijital posteroanterior radyografiler ile 3 boyutlu CBCT taramadan elde edilen frontal radyografik projeksiyon radyografiler karşılaştırılmıştır. Aynı araştırmacı tarafından 16 ölçüm (11 açısal ve 5 lineer) yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, CBCT taramadan elde edilen radyografilerde yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliği dijital radyografilerde yapılan ölçümlere göre daha yüksek bulunmuştur. İki farklı teknikte oluşturulan frontal radyografilerde yapılan sağ ve sol Me-Ag uzunlukları oranı, sağ ve sol Me-Ar uzunlukları oranı, sağ ve sol J-ANS uzunlukları oranı, sağ ve sol Cg-Lo uzunlukları oranı, sağ ve sol Me/Ag/Cg açıları, sağ ve sol gonial açı ve sağ Lo/Cg/sol Lo açısı ölçümlerinde anlamlı fark bulunmuştur (60). Çalışmamızda da Ag noktasını içeren maksillomandibular genişlik, sol korpus, sağ Z-Ag-Cd ve sol Z-Ag-J açılarının korelasyonu nispeten düşük bulunmuştur. Antegonion noktası daha önceki çalışmada Athanasiou (59) tarafından güvenilir bir nokta olarak tanımlanmasına karşın Vlijmen ve ark (60) ve bizim çalışmamızda güvenilir bulunmamıştır. Lateral sefalometride kolaylıkla belirlenebilen antegonion noktası posteroanterior radyografilerde, normal büyüme yönüne sahip bireylerde daha zor belirlenir. Bu nedenle bu noktayı içeren ölçümler değerlendirilirken dikkatli olunmalıdır.

Konvansiyonel ve dijital yöntemler arasındaki güvenilirliğin değerlendirilmesinde, 25 ölçümden sadece 7 tanesinde korelasyon katsayısı 0.900'nin altında bulunmuştur. Bu ölçümler: mandibular genişlik, mandibular molar genişlik, maksiller iskeletsel ve dental orta hat sapması, sol korpus uzunluğu, sağ Z-Ag-Cd açısı ve sol Z-Ag-J açısıdır. Bunlar arasında en düşük güvenilirlik gösteren ölçüm 0,812 ile mandibular molar genişliğidir. Bu ölçümdeki

hata oranının fazla olması, mandibular molar noktasının belirlenme hatasından kaynaklanmış olabilir. Daha önce posteroanterior filmlerde anatomik noktaların güvenilirliğinin değerlendirildiği çalışmada da benzer olarak, en az güvenilir noktanın mandibular birinci molar noktası olduğu belirtilmiştir (57). Maksiller iskeletsel orta hattın belirlenmesinde ANS noktası kullanılmaktadır ve bu noktanın da posteroanterior radyograflarda zor belirlendiğini düşünmekteyiz.

Posteroanterior radyografilerde anatomik noktaların belirlenme hatalarını inceleyen bir başka çalışmaya göre kondil noktası, güvenilirliği en az olan 3 noktadan biri olarak bulunmuştur (41, 59). Bizim çalışmamızda da kondil noktasının kullanıldığı Z-Ag-Cd açısal ölçümünün güvenilirliği sağda 0.881 ve solda 0.907 olarak diğer ölçümlere göre düşük bulunmuştur. Ancak bu değerlerin klinik öneminin teşhis ve tedavi planlamasını etkileyecek kadar önemli olmadığını düşünmekteyiz.

Araştırmamızda iki yöntem arasında güvenilirliğin en iyi olduğu ölçüm ise alt kaninler arası mesafe olarak bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmada mandibular kanin noktasının en güvenilir dental nokta olarak bulunması çalışmamızdaki bu sonucu desteklemektedir (57).

Asimetrielerin teşhisinde kullanılan posteroanterior analizler genellikle lineer ölçümlerden oluşmaktadır. Çalışmamızda da sadece 4 adet açısal ölçüm bulunmaktadır. Araştırmacılar ise, magnifikasyondan etkilenmediği için sefalometrik analizlerde açısal ölçümlerin kullanımını önermektedir (119, 136) Çalışmamızda değerlendirdiğimiz açısal ölçümleri lineer ölçümlerle karşılaştırdığımızda, korelasyon katsayıları lineer ölçümlere göre daha güvenilir bulunmamış, sonuçlar benzer çıkmıştır.

Farklı iki yöntemle değerlendirdiğimiz posteroanterior analiz ölçümlerinin ortalamalarına göre iki grup arasında çeşitli derecelerde fark bulunmuştur. İnterkanin genişlik ve sağ mandibular ve maksiller molarlardaki bukkal overjet ölçümleri dışındaki tüm ölçümler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Fakat ölçümlerdeki bu farkların klinik olarak anlamlılığı tartışmalıdır.

Ortodontideki gibi klinik durumlarda güvenilirliğin 2mm veya 2° içinde olmasının muhtemelen tedavide fark yaratmayacağı belirtilmiştir. Bu sebeple farklı yöntemlerle yapılan ölçümler arasında 2mm veya 2°' den az farkların klinik olarak kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (82, 137). Buna göre çalışmamızda istatistiksel olarak farkın anlamlı olduğu, mandibular molar genişlik ve interorbital genişlik dışındaki parametrelerdeki farklar klinik olarak kabul edilebilir bulunmuştur. İnteorbital genişlik ve mandibular molar genişlik ölçümleri ise, dijital yöntemle konvansiyonel yöntemle göre istatistiksel ve klinik olarak anlamlı daha yüksek ölçülmüştür. Farkın en fazla olduğu parametre ise mandibular molar genişlik ölçümüdür.

Sefalometrik çizim hataları ve farklı yöntemleri karşılaştıran çalışmalarda yöntemler arasında klinik olarak da anlamlı farkların bulunmasında, bu parametreleri oluşturan anatomik noktaların belirlenmesindeki hataların etkisi olabilir. Konvansiyonel yöntemde anatomik noktaların belirlenmesinde referans düzlemler yardımcı olurken, bilgisayar destekli programda ise noktaların belirlenmesinde bu referans düzlemleri bulunmamaktadır. Örneğin Lo noktasının işaretlenmesinde konvansiyonel yöntemde orbitanın yan duvarı ve sfenoid kemiğin büyük kanadı çizilir ve bu doğruların kesişimi olarak Lo noktası belirlenir. Bilgisayar destekli program kullanıldığında ise araştırmacı bu doğruları gözüyle takip ederek kesişim noktasını işaretler. Bu durum diğer araştırmacılar tarafından da bilgisayar destekli programlardaki zorluk olarak belirtilmiştir (82, 112). Buna karşılık bilgisayar destekli programda filmin kontrast ve parlaklık ayarları değiştirilerek kalitesinin belirlenebilmesi ise konvansiyonel yöntemde mümkün değildir.

Çalışmamızda, sadece iki ölçüm dışındaki tüm parametreler için sınıfıçı korelasyon katsayısı ve ortalamaların değerlendirilmesine göre konvansiyonel yöntem ve dijital yöntemin birbirlerine göre güvenilir olduğu bulunmuştur. Buna göre bilgisayar destekli bir programın kullanımı, konvansiyonel yöntemle göre hızlı uygulanması, ölçüm hatalarını elimine etmesi gibi avantajlar sağlamanın yanında güvenilir olmasıyla da posteroanterior filmlerin analizinde iyi bir alternatif olmaktadır. Ayrıca bilgisayar destekli analiz programının direkt dijital

posteroanterior radyografilerde kullanımı ile hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarının azalması, görüntü kalitesinin değiştirilebilmesi, arşivleme ve transferinin kolay olması, banyo işlemi gibi ek süreçlerin olmaması gibi ek avantajlar da sağlanabilmektedir.

6. SONUÇLAR

Posteroanterior radyografilerin incelenmesinde konvansiyonel teknik ve bilgisayar destekli sefalometrik analiz programının güvenilirliğinin değerlendirildiği çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz sonuçlar şunlardır:

1. Posteroanterior radyografların konvansiyonel ve bilgisayarlı yöntemle ölçümlerinin karşılaştırılmasında 25 parametre için hem sınıfıçı korelasyon katsayısı hem de ortalamalar arasındaki fark değerlendirilmiştir. 25 parametreden 6'sında güvenilirlik 0.90'nın altında bulunmuştur. Mandibular molar genişlik iki grup arasında güvenilirliği en düşük olan parametredir. En güvenilir parametre ise alt kaninler arası genişlik ölçümüdür.
2. İki farklı analiz yöntemiyle elde edilen ölçümlerin ortalamaları karşılaştırıldığında ise 2 parametre (interkanin genişlik, sağ molar bukkal overjet) dışındaki tüm parametrelerdeki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak ölçümler arasındaki bu farklar klinik olarak kabul edilebilir düzeydedir.
3. Mandibular genişlik ve interorbital genişlik ölçümlerindeki fark hem istatistiksel olarak hem de klinik olarak anlamlıdır. En az güvenilir olan parametre mandibular iskeletsel genişlik ölçümü olarak bulunmuştur.

7. KAYNAKLAR

1. RONTGEN W.C. (1896) On a new kind of rays. *Science* **3**: 227-231.
2. BROADBENT B.H. (1931) A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod* **1**: 45-66.
3. GRABER T.M., VANARSDALL R.L., VIG W.L. (2005) Orthodontics: Current principles and techniques. 4th ed. St Louis: Mosby. p: 71-100.
4. QUINTERO J.C., TROSIEN A, HATCHER D, KAPILA S. (1999) Craniofacial imaging in othodontics: historical perspective, current status, and future developments. *Angle Orthod* **69**: 491-506.
5. BRENNAN J. (2002) An introduction to digital radiography in dentistry. *J Orthod* **29**: 66-69.
6. ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby.
7. ÖZTÜRK Y. (1983). Normal kapanışlı erişkin Türklerin Björk'ün sefalometrik analiz normlarına göre incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* **17**: 158-166.
8. RICKETTS R.M., BENCH R.W., HILGERS J.J., SCHULHOF R. (1972) An overview of computerized cephalometrics. *Am J Orthod* **61**: 1-28.
9. MULLER L. (1970) Cephalometrie et orthodontie. *Soc des Publ Med et Dent*, Paris. p: 7-10. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
10. ALLEN W.I. (1963) Hictorical aspects of roentgenographic cephalometry. *Am J Orthod* **49**: 451-458. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
11. CARREA J. (1924) Le radio – facies a profil delinee en orthodontometrie. *Semaine Dentaire*: 412-419. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.

12. TWEED C.H. (1946) The Frankfort mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning and prognosis. *Am J Orthod* **32**: 175-230. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
13. DOWNS W.B. (1948) Variations in facial relationships. Their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod* **34**: 812-840. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
14. STEINER C.C. (1953) Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* **39**: 729-755. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
15. SASSOUNÍ V. (1958) Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Am J Orthod* **44**: 433-463. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Yargıçoğlu Matbaası, Ankara. p: 3-8.
16. RICKETTS R.M. (1960) A foundation for cephalometric communication. *Am J Orthod* **46**: 330-357.
17. JARABAK J.R., FIZZELL J.A. (1972) Technique and Treatment with Lightwire Edgewise Appliances. 2nd ed. St Louis, Mosby. Alınmıştır: ATHANASIOU, A.E. (1997). Orthodontic Cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby, London. p: 100.
18. HASUND A. (1974) Klinische kephalometrie für die Bergen-Technik. Kieferorthopädische Abteilung des Zahnärztlichen Institutes der Universität in Bergen, Bergen. Alınmıştır: ATHANASIOU, A.E. (1997) Orthodontic Cephalometry. 2nd Edition. St Louis: Mosby, London. p: 100.
19. JACOBSON A. (1975) The 'Wits' appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod* **67**: 125-138.
20. MCNAMARA J.A. (1984) A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* **86**: 449-469.
21. MIYASHITA K. (1996) Contemporary cephalometric radiography. Osaka: Quintessence Publishing Co.

22. MOYERS R.E., BOOKSTEIN F.L. (1979) The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod* **75**: 599-617.
23. PROFFIT W.R., ACKERMAN J. L. Diagnosis and treatment planning in orthodontics. Alınmıştır: GRABER T.M., VANARSDALL R.L. (1994) *Orthodontics: Current principles and techniques*. St Louis: Mosby. p: 3-95.
24. BAUMRIND S., FRANTZ R.C. (1971) The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod* **60**: 111-127.
25. CORTELLA S., SHOFER F.S., GHAFARI J. (1997) Transverse development of the jaws: norms for the posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **112**: 519-522.
26. JACOBSON A. (1995) *Radiographic cephalometry from basics to videoimaging*. Chicago: Quintessence Publishing Co.
27. RICKETTS R.M. (2003) Frontal cephalometrics: Practical Applications, part 1. *World J Orthod* **4**: 297-316.
28. GRUMMONS D. (2001) Nonextraction emphasis: Space-gaining efficiencies, part I. *World J Orthod* **3**: 1-14.
29. RICKETTS R.M. (1980) The divine proportion: A new movement in orthodontics. *Proc Foundation Orthod Res* 29-34.
30. RICKETTS R.M. (1981) The golden divider. *J Clin Orthod* **15**:752-759.
31. GRUMMONS D.C. (1999) Maxillary asymmetry and frontal analysis. *Clinical Impressions* 8.
32. BERGMAN R. (1988) Practical application of the PA cephalometric headfilm. *Orthod Rev* **2**: 20-26.
33. RICKETTS R.M. (1981) Perspectives on the clinical application of cephalometrics. *Angle Orthod* **51**: 115-150.
34. GOTTLIEB E.L., NELSON A.H., VOGELS D.S. (1990) JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures: part 1, results and trends. *J Clin Orthod* **25**: 145-156.
35. KEIM R.G., GOTTLIEB E.L., NELSON A.H., VOGELS D.S. (2008) JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures: part 1, results and trends. *J Clin Orthod* **42**: 625-640.

36. GRUMMONS D.C., KAPPEYNE VAN DE COPPELLO M.A. (1987) A frontal asymmetry analysis. *J Clin Orthod* **21**: 448-465.
37. RICKETTS R.M., ROTH R.H., CHACONAS S.J., SCHULHOF R.J., ENGEL G.A. (1982) Orthodontic diagnosis and planning. Denver: Rocky Mountain Data Systems.
38. GHAFARI J., CATER P.E., SHOFER F.S. (1995) Effect on film-object distance on posteroanterior cephalometric measurements: Suggestions for standardized cephalometric methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **108**: 30-37.
39. YOON Y.J., KIM D.H., YU P.S., KIM H.J., CHOI E.H., KIM K.V. (2002) Effect of head rotation on posteroanterior cephalometric radiographs. *Angle Orthod* **72**: 36-42.
40. MAJOR P.W., JOHNSON D.E., HESSE K.L., GLOVER K.E. (1996) Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. *Angle Orthod* **66**: 51-60.
41. PIRTTINIEMI P., MIETTINEN J., KANTOMAA T. (1996) Combined effects of errors in frontal-view asymmetry diagnosis. *Eur J Orthod* **18**: 629-36.
42. ELIASSON S., WELANDER U., AHLQVIST J. (1982) The cephalometric projection. Part I: General considerations. *Dentomaxillofac Radiol* **11**: 117-122.
43. ZEPA I., HUGGARE J. (1998) Reference structures for assessment of frontal head posture. *Eur J Orthod* **20**: 694-699.
44. AHLQVIST J., ELIASSON S., WELANDER U. (1983) The cephalometric projection. Part II: Principles of image distortion in cephalography. *Dentomaxillofac Radiol* **12**: 101-108.
45. VAN AKEN J. (1963) Geometric errors in lateral skull x-ray projections. *Neder T Tand* **70**: 18-30.
46. AHLQVIST J., ELIASSON S., WELANDER U. (1986) The effect of projection errors on cephalometric length measurements. *Eur J Orthod* **8**: 141-148.

47. MALKOC S., SARI Z., USUMEZ S., KOYUTURK A.E. (2005) The effect of head rotation on cephalometric radiographs. *Eur J Orthod* **27**: 315-321.
48. BENCH R. (1989) Provocations and perceptions in cranio-facial orthopedics. Denver: Rocky Mountain Orthodontics.
49. MOORREES C.F.A. (1985) Natural head position. Alınmıştır: ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby. p: 141-160.
50. SOLOW B., TALLGREN A. (1971) Natural head position in standing subjects. *Acta Odont Scand* **29**: 591-607.
51. CHIERICI G. (1983) Radiologic assessment of facial asymmetry. Alınmıştır: ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby. p: 141-160.
52. FABER R.D. (1981) The differential diagnosis and treatment of crossbites. *Dent Clin North Amer* **25**: 53-68. Alınmıştır: ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby. p: 141-160.
53. MAJOR P.W., JOHNSON D.E., HESSE K.L., GLOVER K.E. (1994) Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *Angle Orthod* **64**: 447-454.
54. LEONARDI R., ANNUNZIATA A., CALTABIANO M. (2008) Landmark identification error in posteroanterior cephalometric radiography. *Angle Orthod* **78**: 761-765.
55. HOUSTON W.J.B. (1983) The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* **83**: 382-390.
56. HAGG U., COOKE M.S., CHAN T.C., TNG T.T., LAU P.Y. (1998) The reproducibility of cephalometric landmarks: an experimental study on skulls. *Aust Orthod J* **15**: 177-185.
57. EL-MANGOURY N.H., SHAHEEN S.I., MOSTAFA Y.A. (1987) Landmark identification in computerized posteroanterior cephalometrics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **91**: 57-61.

58. RICHARDSON M.E. (1967) The reproducibility of measurements on depressed posteroanterior cephalometric radiographs. *Angle Orthod* **37**: 48-51.
59. ATHANASIOU A.E., MIETHKE R.R., VAN DER MEIJ A.J.W (1999) Random errors in localization of landmarks in postero-anterior cephalograms. *Br J Orthod* **26**: 273-283.
60. VAN VLIJMEN O.J., BERGE S.J., BRONKHORST E.M., SWENNEN G.R., KATSAROS C., KUIJPERS-JAGTMAN A.M. (2009) A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg* **38**: 773-778.
61. RICKETTS R.M. (1961) Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod* **31**: 141–156.
62. SOLOW B. (1966) The pattern of craniofacial associations. *Acta Odont Scand* 24. Alınmıştır: ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby. p: 141-160.
63. INGERSLEV C.H., SOLOW B. (1975) Sex differences in craniofacial morphology. *Acta Odont Scand* **33**: 85-94.
64. MOYERS R.E., BOOKSTEIN F.L., HUNTER W.S. (1988) Analysis of the craniofacial skeleton: Cephalometrics. Alınmıştır: MOYERS R.E. Handbook of orthodontics. Chicago: Year Book Medical Publishers. p: 247-309
65. NAKASIMA A., ICHINOSE M. (1984) Size of the cranium in patients and their children with cleft lip. *Cleft Palate J* **21**: 193-201
66. ATHANASIOU A.E., DROSCHL H., BOSCH C. (1992) Data and patterns of transverse dentofacial structure of 6 to 15 year old children: A posteroanterior cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **101**: 465-471.
67. SVANHOLT P., SOLOW B. (1977) Assessment of midline discrepancies on the posteroanterior cephalometric radiograph. *Trans Eur Orthod Soc* **25**: 261-268.

68. DROSCHL H. (1984) Die fernroentgenwerte unbehandelter kinder zwischen 6. und 15. lebensjahr. Alınmıştır: ATHANASIOU A.E. (1997) Orthodontic cephalometry. 2nd ed. St Louis: Mosby. p: 141-160.
69. COSTARAS M., PRUZANSKY S., BROADBENT B.H. JR. (1982) Bony interorbital distance (BIOD), head size, and level of cribriform plate to orbital height. Part I: Normal standarts for age and sex. *J Craniofac Genet Dev Biol* **2**: 5-18.
70. GRAYSON B.H., MCCARTHY J.G., BOOKSTEIN F. (1983) Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry. *Am J Orthod* **84**: 217-224.
71. UZEL İ., ENACAR A. (1984) Ortodontide Sefalometri. I.Baskı. Ankara: Yargıçoğlu Matbaası.
72. SASSOUNI V. (1955) A roentgenographic cephalometric analysis of cephalofacial dental relationships. *Am J Orthod* **41**: 735-764.
73. SASSOUNI V. (1958) Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Am J Orthod* **44**: 433-463.
74. HEWITT A.B. (1975) A radiographic study of facial asymmetry. *Br J Orthod* **21**: 37-40.
75. CHENEY E.A. (1961) Dentofacial asymmetries and their clinical significance. *Am J Orthod* **47**: 814-829.
76. LETZER G.M., KRONMAN J.H. (1976) A posteroanterior cephalometric evaluation of craniofacial asymmetry. *Angle Orthod* **37**: 205-211.
77. MULICK J.F. (1965) An investigation of craniofacial asymmetry using the serial twin study method. *Am J Orthod* **51**: 112-129.
78. SHAH S.M., JOSHI M.R. (1978) An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex. *Angle Orthod* **48**: 141-148.
79. THOMPSON J.R. (1943) Asymmetry of the face. *J Am Dent Assoc* **30**: 1859-1868.
80. FORSYTH D.B., SHAW W.C., RICHMOND S. (1996) Digital imaging of cephalometric radiography, part 1: Advantages and limitations of digital imaging. *Angle Orthod* **66**: 37-42.

81. SANTORO M., JARJOURA K., CANGIALOSI T.J. (2006) Accuracy of digital and analogue cephalometric measurements assessed with the sandwich technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **129**: 345-51.
82. GREGSTON M.D., KULA T., HARDMAN P., GLAROS A., KULA K. (2004) A Comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: Hard tissue. *Semin Orthod* **10**: 204-211.
83. McCLURE S.R., SADOWSKY P.L., FERREIRA A., JACOBSON A. (2005) Reliability of digital versus conventional cephalometric radiology: A comparative evaluation of landmark identification error. *Semin Orthod* **11**: 98-110.
84. BERCO M., RIGALI P.H. JR, MINER R.M., DELUCA S., ANDERSON N.K., WILL L.A. (2009) Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **136**: 17.e1-17.e9.
85. DE OLIVEIRA A.E., CEVIDANES L.H., PHILLIPS C., MOTTA A., BURKE B., TYNDALL D. (2009) Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **107**: 256-265.
86. HASSAN B., NIJKAMP P., VERHEIJ H., TAIRIE J., VINK C., STELT P.V., BEEK H.V. (2011) Precision of identifying cephalometric landmarks with cone beam computed tomography in vivo. *Eur J Orthod* **March 29**: 1-7.
87. CHEN Y.J., CHEN S.K., CHANG H.F., CHEN K.C. (2000) Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod* **70**: 387-392.
88. RUDOLPH D.J., SINCLAIR P.M., COGGINS J.M. (1998) Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **113**: 173-179.

89. BRUNTZ L.Q., PALOMO J.M., BADEN S., HANS M.G. (2006) A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **130**: 340-348.
90. BAUMRIND S, FRANTZ R.C. (1971) The reliability of head film measurements 2. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod* **60**: 505-517.
91. SANDLER P.J. (1988) Reproducibility of cephalometric measurements. *Br J Orthod* **15**: 105-110.
92. LIU J.K., CHEN Y.T., CHENG K.S. (2000) Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **118**: 535-540.
93. FORSYTH D.B., SHAW W.C., RICHMOND S., ROBERTS C.J. (1996) Digital imaging of cephalometric radiographs , part 2: image quality. *Angle Orthod* **66**: 43-50
94. GRAVELY J.F., BENZIES R.M. (1974) The clinical significance of tracing error in cephalometry. *Br J Orthod* **1**: 95-101.
95. AHLQVIST J., ELIASSON S., WELANDER U. (1988) The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *Eur J Orthod* **10**: 353-361.
96. NAOUMOVA J., LINDMAN R. (2009) A comparison of manual traced images and corresponding scanned radiographs digitally traced. *Eur J Orthod* **31**: 247-253.
97. GERBO L.R., POULTON D.R., COVELL D.A., RUSSELL C.A. (1997) A comparison of a computer-based orthognathic surgery prediction system to postsurgical results. *Int J Adult Orthodon Orthognat Surg* **12**: 55-63.
98. CSASZAR G.R., BRÜKER-CSASZAR B., NIEDERDELLMANN H. (1999) Prediction of soft tissue profiles in orthodontic surgery with the Dentofacial Planner. *Int J Adult Orthodon Orthognat Surg* **14**: 285-290.
99. LOH S., YOW M. (2002) Computer prediction of hard tissue profiles in orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognat Surg* **17**: 342-347.
100. FERREIRA J.T., TELLES Cde.S. (2002) Evaluation of the reliability of computerized profile cephalometric analysis. *Braz Dent J* **13**: 201-204.

101. ONGKOSUWITO E.M., KATSAROS C., VAN'T HOF M.A., BODEGOM J.C., KUIJPERS-JAGTMAN A.M. (2002) The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *Eur J Orthod* **24**: 655-665.
102. CHEN S.K., CHEN Y.J., YAO J.C., CHANG H.F. (2004) Enhanced speed and precision of measurement in a computer-assisted digital cephalometric analysis system . *Angle Orthod* **74**: 501-507.
103. CHEN Y.J., CHEN S.K., YAO J.C., CHANG H.F. (2004) The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod* **74**: 155-161.
104. MILLS J.R.E. (1970) The application and importance of cephalometry in orthodontic treatment. *The Orthodontist* **2**: 32-42.
105. VIG K.D., ELLIS E. (1990) Diagnosis and treatment planning for the surgical-orthodontic patient . *Dental Clinics of North America* **34**: 316-384.
106. STEINER C.C. (1959) Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthodontist* **29**: 8-29.
107. AL-AZEMI R., ARTUN J. (2011) Posteroanterior cephalometric norms for an adolescent Kuwaiti population. *Eur J Orthod* March **14**: 1 of 6.
108. CETLIN N.M., TEN HOEVE A.T. (1983) Nonextraction treatment. *J Clin Orthod* **17**: 396-413.
109. VANARSDALL R.L.JR. (1999) Transverse dimension and long-term stability. *Semin Orthod* **5**: 171-180.
110. MCNAMARA J.A.JR., BACCETTI T., FRANCHI L., HERBERGER T.A. (2003) Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthodontist* **73**: 344-353.
111. POLAT-OZSOY O., GOKCELIK A., TOYGAR-MEMIKOGLU U. (2009) Differences in cephalometric measurements: A comparison of digital versus hand-tracing methods. *Eur J Orthod* **31**: 254-259.

112. GEELAN W., WENZEL A., GOTFREDSEN E., KRUGER M., HANSSON L.G. (1998) Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor displayed images obtained by the storage phosphor technique. *Eur J Orthod* **20**: 331-40.
113. OLIVER R.G. (1991) Cephalometric analysis comparing five different methods. *Br J Orthod* **18**: 277-283.
114. NIMKARN Y., MILES P.G. (1995) Reliability of computer-generated cephalometrics. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* **10**: 43-52.
115. JACKSON P.H., DICKSON G.C., BIRNIE D.J. (1985) Digital image processing of cephalometric radiographs: a preliminary report. *Eur J Orthod* **12**: 122-132.
116. COHEN A.M., LINNEY A.D. (1986) A low cost system for computer-based cephalometric analysis. *Br J Orthod* **13**: 105-108.
117. LOWEY M.N. (1993) The development of a new method of cephalometric and study cast mensuration with a computer controlled, video image capture system: Part I. *Br J Orthod* **20**: 203-214.
118. TURNER P.J., WEERAKONE S. (2001) An evaluation of the reproducibility of landmark identification using scanned cephalometric images. *J Orthod* **28**: 221-229.
119. COLLINS J., SHAH A., McCARTHY C., SANDLER J. (2007) Comparison of measurements from photographed lateral cephalograms and scanned cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**: 830-833.
120. HAGEMANN K., VOLLMER D., NIEGEL T., EHMER U., REUTER I. (2000) Prospective study of the reproducibility of cephalometric landmarks on conventional and digital lateral headfilms. *J Orofac Orthop* **61**: 91-99.
121. GIJBELS F., BOU S.C., WILLEMS G., BOSMANS H., SANDERINK G., PERSOONS M (2001) Diagnostic yield of conventional and digital cephalometric images: a human cadaver study. *Dentomaxillofac Radiol* **30** : 101 – 105.

122. DUARTE H., VIECK R., SIQUEIRAD F., ANGELIERI F., BOMMARITO S., DALBEN G., SANNOMIYA E.K. (2009) Effect of image compression of digital lateral cephalograms on the reproducibility of cephalometric points. *Dentomaxillofac Radiol* **38**: 393-400.
123. SAYINSU K., IŞIK F., TRAKYALI G., ARUN T. (2007) An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *Eur J Orthod* **29**: 105-108.
124. KVAM E, KROGSTAD O. (1969) Variability in tracings of lateral head plates for diagnostic orthodontic purposes. A methodological study. *Acta Odont Scand* **27**: 359-365.
125. YU S.H., NAHM D.S., BAEK S.H. (2008) Reliability of landmark identification on monitor-displayed lateral cephalometric images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **133**: 790e1-790e6.
126. GOSSETT C.B., PRESTON C.B., DUNFORD R., LAMPASSO J. (2005) Prediction accuracy of computer-assisted surgical visual treatment objectives as compared with conventional visual treatment objectives. *J Oral Maxillofac Surg* **63**: 609-617.
127. COOKE M.S., WEI S.H.Y. (1991) Cephalometric errors: a comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Aust Dent J* **36**: 38-43.
128. UYSAL T., BAYSAL A., YAGCI A. (2009) Evaluation of speed, repeatability and reproducibility of digital radiography with manual versus computer-assisted cephalometric analyses. *Eur J Orthod* **31**: 523-528.
129. SEKIGUCHI T, SAVARA B.S. (1972) Variability of cephalometric landmarks used for face growth studies. *Am J Orthod* **61**: 603-618.
130. CELIK E., POLAT-OZSOY O., TOYGAR-MEMIKOGLU U. (2009) Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *Eur J Orthod* **31**: 241-246.
131. TSOROVAS G., KARSTEN A.L.A. (2010) A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without

- advanced features-accuracy and time demands. *Eur J Orthod* **32**: 721-728.
132. DVORTSIN D.P., SANDHAM A., PRUIM G.J., DIJKSTRA P.U. (2008) A comparison of the reproducibility of manual tracing and on-screen digitization for cephalometric profile variables. *Eur J Orthod* **30**: 586-591.
133. UYSAL T., SARI Z. (2005) Posteroanterior cephalometric norms in Turkish adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **127**: 324-332.
134. KISH L. (1965) Survey sampling. John Wiley & Sons, Inc., New York.
Alınmıştır: SAYINSU K., IŞIK F., TRAKYALI G., ARUN T. (2007) An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *Eur J Orthod* **29**: 105-108.
135. FAYERS P., HAYS R (2005) Assessing agreement levels. In: Quality of life in clinical trials: methods and practice Oxford University Press, Oxford. pp: 114-127. Alınmıştır: TSOROVAS G., KARSTEN A.L.A. (2010) A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features-accuracy and time demands. *Eur J Orthod* **32**: 721-728.
136. COHEN J.M. (2005) Comparing digital and conventional cephalometric radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **128**: 157-160.
137. KUBLASHVILI T., KULA K., GLAROS A., HARDMAN P., KULA T. (2004) A comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: 2.Soft tissue. *Semin Orthod* **10**: 212-219.