

2023

UZMANLIK TEZİ

Şenol KÖZ



T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**MANUEL, YAPAY ZEKA DESTEKLİ, AKILLI TELEFON
UYGULAMA DESTEKLİ SEFALOMETRİK ANALİZ
YÖNTEMLERİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Şenol KÖZ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Ankara, 2023

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**MANUEL, YAPAY ZEKA DESTEKLİ, AKILLI TELEFON
UYGULAMA DESTEKLİ SEFALOMETRİK ANALİZ
YÖNTEMLERİNİN GÜVENİLİRLİĞİNİN VE
TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Şenol KÖZ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Özge USLU AKÇAM

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Ankara, 2023

TEŞEKKÜR

Gerek ortodonti uzmanlık eğitim sürecimde gerekse bu tezin oluşmasında bilgi ve deneyimlerini paylaşan, bana her zaman yol gösteren, ilgisini üzerimden eksik etmeyen, tez danışmanım olduğu için kendimi şanslı hissettiğim, çok değerli Hocam Doç. Dr. Özge USLU AKÇAM'a,

Ortodonti eğitimime yaptıkları katkılar nedeniyle başta Prof. Dr. Metin ORHAN olmak üzere Ortodonti Ana Bilim Dalı Hocalarım Doç. Dr. Özer ALKAN'a, Doç. Dr. Yeşim KAYA'ya ve Dr. Öğretim üyesi Ebru KÜÇÜKKARACA'ya,

Ortodonti Ana Bilim Dalı'nda görev yapan araştırma görevlisi arkadaşlarıma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğretim üyelerine ve personeline, T.C. Sağlık Bakanlığı Tepebaşı Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi personeline,

Üzerimde büyük emekleri bulunan, haklarını ödeyemeyeceğim sevgili annem Adalet KÖZ'e, sevgili babam Ali KÖZ'e ve kardeşlerime,

Eğitim hayatım boyunca çocuklarımla sorumluluğunu üstlenerek üzerimdeki yükü hafifleten fedakar eşim Elif KÖZ'e, oğlum Burak Ali Köz'e ve kızım Beril KÖZ'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Sefalometri	3
2.1.1. Sefalometri Tanımı.....	3
2.1.2. Tarihçe	3
2.2. Sefalometrik Radyografilerin Kullanım Alanları ve Kısıtlamaları	4
2.2.1. Kullanım Alanları	4
2.2.2. Kısıtlamaları	4
2.2.2.1. İzdüşüm Hataları.....	5
2.2.2.2. İşaretleme Hataları.....	5
2.3. Sefalometrik Radyografi Çeşitleri.....	5
2.3.1. Geleneksel Sefalometrik Radyografi.....	5
2.3.2. Dijital Sefalometrik Radyografi	6
2.3.2.1. İndirekt Dijital Rayografi	6
2.3.2.2. Direkt Dijital Radyografi.....	6
2.3.2.3. Dijital Görüntü Kalitesini Etkileyen Faktörler	8
2.4. Sefalometrik Analiz Yöntemleri	9
2.4.1. Geleneksel (Manuel) Analiz Yöntemi.....	9
2.4.2. Bilgisayarlı Analiz Yöntemi.....	9
2.4.2.1. Birinci Nesil Sistemler.....	10

2.4.2.2. İkinci Nesil Sistemler	10
2.4.2.3. Üçüncü Nesil Sistemler	10
2.4.3. Yapay Zeka Destekli Sefalometrik Analiz	11
2.4.3.1. Yapay Zeka Terimi ve Tarihçesi	11
2.4.3.2. Yapay Zeka Kavramının Gelişimsel Süreci	12
2.4.3.3. Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Teknolojisinin Kullanımı	13
2.4.3.4. Sefalometrik Analiz için Kullanılan Yapay Zeka Programları ve Yazılım Türleri	15
2.4.4. Uygulama Destekli Sefalometrik Analiz.....	17
2.5. Farklı Sefalometrik Analizlerin Doğruluk ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirildiği Çalışmalar	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Örneklem Seçimi.....	22
3.2. Power Analiz Ölçümleri.....	22
3.3. Lateral Sefalometrik Radyografilerin Elde Edilmesi	23
3.4. Çalışmamızda Ölçümlerinden Faydalandığımız Sefalometrik Analizler	23
3.4.1. Björk Analizi	23
3.4.2. Steiner Sefalometrik Analizi	24
3.4.3. Tweed Analizi	25
3.4.4. Ricketts Analizi	25
3.4.5. Jarabak Analizi	26
3.4.6. Witts Analizi.....	27
3.4.7. McNamara Analizi	27
3.5. Çalışmamızda Kullanılan Sefalometrik Nokta ve Düzlemler	29
3.5.1. İskeletsel Noktalar (Şekil 3.1)	29
3.5.2. Dişsel Noktalar (Şekil 3.2)	29
3.5.3. Yumuşak Doku Noktaları (Şekil 3.3).....	32

3.5.4. Doğru ve Düzlemler (Şekil 3.4)	32
3.5.5. Sert Dokulara Ait Boyutsal Ölçümler (Şekil 3.5 ve 3.6).....	34
3.5.6. İskeletsel Açısal Ölçümler (Şekil 3.7).....	37
3.5.7. Dişsel Açısal Ölçümler (Şekil 3.8).....	37
3.5.8. Yumuşak Dokuya Ait Ölçümler (Şekil 3.9)	40
3.6. Çalışmada Kullanılan Sefalometrik Analiz Yöntemleri.....	40
3.6.1. Geleneksel (Manuel) Analiz Yöntemi.....	40
3.6.2. Yapay Zeka Destekli Sefalometrik Analiz Yöntemi.....	42
3.6.3. Uygulama Destekli Sefalometrik Analiz Yöntemi.....	44
3.7. İstatistik Yöntem	47
4. BULGULAR	50
4.1. Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi.....	50
4.1.1. İskeletsel Sagittal Yön Parametrelerine Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi	50
4.1.2. İskeletsel Vertikal Yön Parametrelerine ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi	52
4.1.3. Dişsel Parametrelere Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi	55
4.1.4. Yumuşak Doku Parametrelerine Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi	58
4.2. Manuel Ölçümlerin WebCeph ve OneCeph Uygulaması ile Yapılan Ölçümler ile Karşılaştırılması.	60
4.2.1. İskeletsel Sagittal Yön Parametrelerine Ait Ölçümler	60
4.2.2. İskeletsel Vertikal Yön Parametrelerine Ait Ölçümler	62
4.2.3. Dişsel Parametrelere Ait Ölçümler.....	65
4.2.4. Yumuşak Doku Parametrelerine Ait Ölçümler	67
4.3. Ölçümlerin Uyumunun Açısal ve Boyutsal Olarak Genel Değerlendirilmesi	69

4.4. Ölçümler Arası Uyumun Parametre Tiplerine Göre (Dişsel, İskeletsel ve Yumuşak Doku) Genel Değerlendirilmesi.....	70
4.5. Sefalometrik Analiz Yöntemlerinin Süre Açısından Değerlendirilmesi.	71
5. TARTIŞMA	73
5.1. Metodun Tartışması.....	73
5.2. Bulguların Tartışılması.....	77
5.2.1. Gözlemci İçi Güvenirliğin Tartışılması.....	77
5.2.2. Manuel Ölçümlerin WebCeph ve OneCeph Ölçümleri ile Karşılaştırılması	78
5.2.2.1. Sagittal Yön Ölçümleri	78
5.2.2.2. Vertikal Yön Ölçümleri	81
5.2.2.3. Dişsel Ölçümler	84
5.2.2.4. Yumuşak Doku Ölçümleri.....	87
5.2.3. Ölçümlerin Uyumunun Açısal ve Boyutsal Açidan Genel Değerlendirilmesi.....	89
5.2.4. Ölçümlerin Uyumunun Dişsel, İskeletsel ve Yumuşak Doku Açısından Genel Değerlendirilmesi	91
5.3. Sefalometrik Analiz Yöntemlerinin Süre Açısından Değerlendirilmesi.	92
6. SONUÇ	95
7. KAYNAKLAR.....	96
8. EKLER.....	104
EK-1. Etik Kurul Raporu	104
EK-2. Özgeçmiş	105

ÖZET

Manuel, Yapay Zeka Destekli, Akıllı Telefon Uygulama Destekli Sefalometrik Analiz Yöntemlerinin Güvenilirliğinin ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasının amacı yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programı ile akıllı telefon uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programının tekrarlanabilirliğinin ve güvenilirliğinin geleneksel yöntem olan manuel analiz yöntemiyle kıyaslanması ve analiz süreleri açısından değerlendirilmesidir.

Çalışmamızın materyalini 110 vakanın tedavi başı lateral sefalometrik radyografileri oluşturmaktadır. Sefalometrik analizler Manuel olarak, WebCeph programı ve OneCeph programı kullanılarak gerçekleştirilmiş; ölçümler güvenilirlik, tekrarlanabilirlik ve süre açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan iskeletsel ölçümler SN, SNA, SNB, ANB, GoGn/SN, Saddle açısı, Artiküler açı, Gonial açı, Posterior açılar toplamı ve Witts ölçümü iken; dişsel ölçümler U1-NA ve L1-NB uzaklığı, U1/NA ve L1/NB açısı, keserlerarası açı ve IMPA açısıdır. Çalışmamızda kullanılan yumuşak dokuya ait ölçümler ise Ls-E ve Li-E çizgisi uzaklıkları ve nasolabial açıdır. Tekrarlanabilirliğin ve gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirilmesi amacıyla rastgele seçilen 30 vakaya ait sefalometrik analizler her 3 yöntemle tekrar yapılmıştır. Yapılan analizler esnasında kronometre ile analiz süreleri kaydedilmiştir.

Araştırmamızda elde edilen veriler SPSS 22 paket programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Ölçüm yöntemleri arasındaki uyuma Inter Class Correlation yöntemi ile; gözlemci güvenilirliğine ise Intra Class Correlation yöntemi ile bakılmış, analiz süreleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Anlamlılık seviyesi olarak 0,05 kullanılmıştır.

Araştırmamızda SN ölçümü ve Nasolabial açı dışında tüm parametreler açısından WebCeph ve OneCeph programının Manuel analiz yöntemiyle yüksek uyumlu olduğu gözlenmiştir. Nasolabial açı her iki analiz yönteminde Manuel analiz yöntemiyle orta derecede uyum gösterirken; SN ölçümü açısından WebCeph programı

Manuel analiz yöntemiyle düşük uyumlu bulunmuştur. Analiz süresi en düşük WebCeph programında, en yüksek Manuel analiz yönteminde elde edilmiştir.

Sonuç olarak yapay zeka destekli WebCeph programı ve akıllı telefon uygulama destekli OneCeph programı Manuel analiz yöntemiyle yüksek derecede uyum göstermiştir ve çok daha kısa sürede analiz yapmaya imkan tanımışlardır. Uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programı ile ‘Altın standart’ olarak kabul edilen Manuel analiz yöntemi arasında daha yüksek uyum bulunması sebebiyle uygulama destekli OneCeph programının Manuel analiz yöntemine en iyi alternatif olduğu sonucuna varılabilir.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik, mobil uygulamalar, sefalometri, tekrarlanabilirlik, yapay zeka.

ABSTRACT

Evaluation Of The Reliability And Reproducibility of Manual, Artificial Intelligence-Supported, Smartphone Application-Supported Cephalometric Analysis Methods

The aim of this study is to compare the reproducibility and reliability of the artificial intelligence-supported WebCeph cephalometric analysis program and the application-supported OneCeph cephalometric analysis program with the traditional manual analysis method and to evaluate the analysis time.

The study material consists of pretreatment lateral cephalometric radiographs of 110 cases. Cephalometric analysis were performed manually, using WebCeph program and OneCeph program; measurements were evaluated in terms of reliability, repeatability and duration.

Skeletal measurements used in our research are SN, SNA, SNB, ANB, GoGn/SN, Saddle angle, Articular angle, Gonial angle, Sum of Posterior angles and Witts measurement; dental measurements are U1-NA distance, L1-NB distance, U1/NA angle, L1/NB-angle, IMPA and Interinsical angle. The soft tissue measurements used in our study are Ls-E line, Li-E line distance and nasolabial angle. In order to evaluate the repeatability and intra-observer reliability, cephalometric analyzes of 30 randomly selected cases were performed again using 3 methods. The analysis times were recorded with a stopwatch.

The data obtained in our research were analyzed by means of SPSS 22 package program. The correspondence between the measurement methods was examined by Inter Class Correlation method and the observer reliability was examined by Intra Class Correlation method, the average analysis times were calculated. p value 0.05 was used as the significance level.

In our research, it has been observed that the WebCeph program and OneCeph application are highly compatible with the Manual analysis method in terms of all parameters except SN measurement and Nasolabial angle. While the nasolabial angle showed moderate compatibility with the Manual analysis method in both analysis

methods, the WebCeph program was found to be low compatible with the manual analysis method in terms of SN measurement. The analysis time was obtained in the lowest WebCeph program and the highest in the manual analysis method.

As a result, WebCeph program and OneCeph application have shown a high degree of compatibility with the manual analysis method and have made it possible to perform analysis in a much shorter time. Due to the higher correlation between the application-supported OneCeph cephalometric analysis program and the Gold standard Manual analysis method, it can be concluded that OneCeph program is the best alternative to the Manual analysis method.

Keywords: Artificial intelligence, cephalometry, mobile application, reliability, repeatability.

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°	: Derece
CCD	: Charge Couple Device
CMOS	: Complimentary Metal Oxide Semiconductor
CRT	: Cathode Ray Tube
ICC	: Inter Class Corelation
JPEG	: Joint Photographic Experts Group
kVp	: Kilovoltage Peak
LCD	: Liquid Crystal Display
mA	: Mili Amper
mm	: Milimetre
p	: İstatistiksel anlamlılık
sn	: Saniye
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
ss	: Standart sapma
TFT	: Thin Film Transistor

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yapay zekanın tarihsel gelişimi.....	12
Şekil 3.1. İskeletsel noktalar.	28
Şekil 3.2. Dışsel noktalar.	30
Şekil 3.3. Yumuşak doku noktaları.....	31
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan doğru ve düzlemler.	33
Şekil 3.5. Witts ölçümü.....	34
Şekil 3.6. Sert dokulara ait boyutsal ölçümler.	35
Şekil 3.7. İskeletsel açısal ölçümler.....	36
Şekil 3.8. Dışsel açısal ölçümler.	38
Şekil 3.9. Yumuşak dokuya ait ölçümler.	39

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Manuel sefalometrik analiz yöntemi için kullanılan malzemeler.....	40
Resim 3.2. Manuel sefalometrik analiz yöntemi ile yapılmış ölçüm örneği.	41
Resim 3.3. WebCeph programı hasta kayıt ve radyografi yükleme ekranı.	42
Resim 3.4. WebCeph programı otomatik anatomik referans noktası tespiti.	43
Resim 3.5. WebCeph programı analiz sonuç ekranı.....	43
Resim 3.6. OneCeph Uygulaması hasta kayıt ekranı.	45
Resim 3.7. OneCeph uygulaması kalibrasyon ekranı.....	45
Resim 3.8. OneCeph uygulaması analiz seçim ekranı.....	46
Resim 3.9. OneCeph uygulaması anatomik referans noktaları işaretleme ekranı.	46
Resim 3.10. OneCeph uygulaması analiz sonuç ekranı.....	47

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. İskeletsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler.	48
Tablo 3.2. Dişsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler.	49
Tablo 3.3. Yumuşak doku ölçümlerine ait tanıtıcı istatistikler.	49
Tablo 4.1. İskeletsel sagittal yön parametrelerine ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.	52
Tablo 4.2. İskeletsel vertikal yön parametrelerine ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.	55
Tablo 4.3. Dişsel parametrelere ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.	58
Tablo 4.4. Yumuşak doku parametrelerine ait gözlemci içi korelasyon tablosu.	60
Tablo 4.5. İskeletsel sagittal yön parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler. ..	62
Tablo 4.6. İskeletsel vertikal yön parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler. .	64
Tablo 4.7. Dişsel parametrelere ait yöntemler arası istatistikler.	67
Tablo 4.8. Yumuşak doku parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler.	68
Tablo 4.9. Ölçümlerin açısal ve boyutsal olarak genel uyum istatistikleri.	70
Tablo 4.10. Parametre tiplerine göre (dişsel, iskeletsel ve yumuşak doku) analiz yöntemlerinin genel uyum istatistikleri.	71
Tablo 4.11. Analiz sürelerinin istatistiksel değerlendirmesi.	72

1. GİRİŞ

Maloklüzyon, dişlerin veya çenelerin dişsel, iskeletsel veya kötü alışkanlıklara bağlı olarak normal pozisyonda olmamasını ifade eden bir terimdir. Maloklüzyonlar ilk olarak 1890 yılında Edward Angle tarafından tanımlanmış ve Angle üst 1. büyük azı dişini sabit kabul ederek dişsel bir sınıflama ortaya koymuştur (1).

Ortodontik tedavinin en önemli aşaması maloklüzyonun doğru teşhis edilmesidir. Doğru teşhis, hekimi doğru tedaviye götürür. Ortodontik tedavi kavramının oluşması sürecinde klinik muayene ve hastadan elde edilen alçı modellerle teşhis konulmuştur. Ne var ki bu modellerin iskeletsel yapı ve yumuşak doku hakkında fikir vermemesi ortodontik tedavinin teşhis ayağını eksik bırakmıştır. 1900'lerin başında diş hekimliğinde kullanılmaya başlayan x ışınlarının, ortodonti pratiğinde kullanıma girmesi 1919'da Ketchman ve Ellis ile olmuştur. 1931 yılında Broadbent, sabit sefalostatı tanıtarak ortodontiye yeni bir standart getirmiştir (2). Broadbent, kafanın profilden röntgenini alarak maloklüzyonları iskeletsel açıdan ele almıştır. Broadbent'in bu yorumunu Tweed (3), Downs (4), Steiner (5), Ricketts (6), McNamara (7) ve Arnett (8) gibi araştırmacılar geliştirerek günümüze kadar manuel sefalometrik ölçüm yöntemini getirmişlerdir.

2000'li yıllarla birlikte tüm dünyada gerçekleşen dijital devrim dişhekimliği alanını da etkilemiş ve dijital ortodonti kavramını ortaya çıkarmıştır. Buna paralel olarak yıllardır manuel çizim yöntemiyle yapılan sefalometrik analizler dijital ortamlarda çizim yapmaya olanak tanıyan programların geliştirilmesiyle oldukça hızlı ve hatasız şekilde yapılmaya başlanmıştır.

2010'lardan itibaren ise gelişen yapay zeka uygulamaları hekim hatalarını en aza indirme amacını güderek dakikalar içinde analiz yapmaya olanak tanımışlardır. Bunlardan en kabul görenlerinden biri WebCeph (AssembleCircle Corp. Güney Kore) programıdır.

Günümüzde ise tüm imkanları kullanımımıza sunan cep telefonları ve bunlara özel geliştirilen sefalometrik analiz programları analiz yapmak için bir bilgisayara sahip olma zorunluluğunu ortadan kaldırmışlardır. Telefonlarımıza indirdiğimiz,

erişimi kolay bu programlar vasıtasıyla kolaylıkla çok kısa zaman dilimlerinde sefalometrik analiz yapılabilir hale gelmiştir. Bunlardan en önemlisi Pavan Kumar Mamilapalli tarafından geliştirilen OneCeph (Dr. M.Pavan Kumar NXS Corp. Hyderabad, İndia) programıdır (9).

Çoğu klinisyen bilgisayarlı sefalometrik analizin güvenilirliğini kabul etse de yapay zeka destekli ve uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemlerine şüpheyile bakmışlardır. Bu konuda yapılan çalışmalar bu analiz yöntemlerinin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği konusundaki şüphelere açıklık getirmeye çalışmaktadır (9,10,11).

Dijital bilgisayarlı sefalometrik yazılımlarının artan kullanımı, yeni bilgisayarlı yazılımın doğruluğunu, güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendirme ve bunları geleneksel manuel analiz tekniği ile karşılaştırma ihtiyacını doğurmuştur. Seçilen tekniğin dijital mi yoksa akıllı telefon uygulaması mı olduğuna bakılmaksızın, güvenilir, güvenli, kesin ve yüksek tekrarlanabilirlik oranına sahip olması önemlidir (10).

Bu çalışmanın amacı yapay zeka destekli WebCeph (AssembleCircle Corp. Güney Kore) sefalometrik analiz programı ve akıllı telefon destekli OneCeph (Dr. M.Pavan Kumar NXS Corp. Hyderabad, İndia) uygulamasının geleneksel yöntem olan manuel sefalometrik analiz yöntemiyle doğruluğunun ve tekrarlanabilirliğinin karşılaştırılması ve analiz süreleri açısından değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sefalometri

2.1.1. Sefalometri Tanımı

Sefalometri, başın doğal baş konumunda standardize edilerek x ışınları yardımıyla alınan görüntüsüyle sert ve yumuşak dokularının değerlendirildiği radyografidir. Elde edilen radyografi üzerinde anatomik referans noktalar kullanılarak oluşturulan doğru ve düzlemlerin açısal, doğrusal ve oransal olarak değerlendirilmesine sefalometrik analiz adı verilir. Bu analizler ortodontik tanı açısından altın standart olarak değerlendirilir (11).

2.1.2. Tarihçe

X ışınları ilk olarak Conrad Röntgen tarafından keşfedilmiş (12) ve çok geçmeden tıp ve diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanılmıştır. X ışınlarının diş hekimliğinde ilk olarak Dr. Otto Walkhoff tarafından kullanıldığı bilinmektedir (13). 1919 yılında Ketchman ve Ellis ilk defa elde ettikleri sefalometrik röntgenleri ortodontik teşhis amacıyla kullanmışlardır (12). Pacini, 1922 yılında sefalometrik röntgenlerin insan gelişiminin değerlendirilmesinde kullanılabileceği fikrini ortaya atmış ve gonion, pogonion, nasion ve spina nazalis anterior noktalarını tanımlamıştır (14).

1931 yılında Broadbent sabit sefalotat tekniğini kullanarak alınan sefalometrik filmlerde standartı sağlamış ve bu sayede hastadan alınan sefalometrik radyografların birbiriyle kıyaslanması ve karşılaştırılmasına olanak tanımıştır (2).

Takip eden yıllarda Charles Tweed (3), Downs (4), Steiner (5), Ricketts (6) ve Mc Namara (7) gibi araştırmacılar farklı sefalometrik noktaları tanımlayarak geliştirdikleri analiz yöntemleriyle maloklüzyonları farklı boyut ve düzlemlerde tanımlamışlardır (6).

1980'li yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte radyografiler dijital ortama aktarılmış ve sefalometrik analizde dijital çağ başlamıştır. Bu sayede

hasta pozisyonuna baēlı hatalar, magnifikasyon gibi sorunlar elemine edilerek daha doēru analiz yapılmasına imkan tanınmıştır (15).

2.2. Sefalometrik Radyografilerin Kullanım Alanları ve Kısıtlamaları

2.2.1. Kullanım Alanları

Ortodontik anomalilerin teşhisinin ve tedavi planlamalarının yapılabilmesine imkan tanınması sebebiyle lateral sefalometrik radyografilerin kullanımı ortodonti pratiēinde önemli bir yere sahiptir. Sefalometrik radyografiler, morfolojik analizde yumuşak dokuların, sert dokuların ve dentisyonun sagittal ve vertikal yönde deēerlendirilmesinde kullanılır. Tedavi analizinde, tedavi süreci içerisinde veya sonrasında meydana gelen deēişikliklerin deēerlendirilmesinde kullanılır. Büyüme analizinde farklı zaman aralıklarında alınan iki veya daha fazla sefalogram ile büyüme analizinin yapılması ve deēişikliklerin karşılaştırılmasında kullanılır (16). Bu sebeple sefalometrik radyografiler büyüme gelişim, ortodontik tedavi takibi ve tedavi sonuçlarının deēerlendirilmesinde kullanılan önemli araçların başında gelmektedir (17).

2.2.2. Kısıtlamaları

Lateral sefalometrik radyografilerin en büyük dezavantajları 3 boyutlu kraniyofasiyal yapıların 2 boyutlu bir filme aktarılması sebebiyle sert ve yumuşak dokuların üst üste çakışması sonucu anatomik yapıların belirlenmesi konusunda yaşanan problemlerdir (18). Bu problemin giderilmesi için kraniyofasiyal yapıların sadece sagittal yönde deēil transversal ve vertikal yönden incelenmesi tavsiye edilmiştir. Ancak bu durumda hastaya verilen radyasyon miktarının artması da başka bir problemdir (18).

Bir başka kısıtlama da lateral sefalometrik radyografilerin çekilmesi sırasında oluşan standardizasyon problemidir. Radyografinin çekimi sırasında standardizasyon sağlanamazsa, bu radyografiler üzerinde çakıştırma ve birbiriyle kıyaslama yapılamaz (18). Bu sebeple kıyaslanacak radyografilerin aynı ortam koşulları altında, aynı

radıyografı cihazı kullanılarak ve aynı radyoloji teknısyenı tarafından standart şartlarda alınması tercih edılır.

2.2.2.1. İzdüşüm Hataları

Röntgen cihazından çıkan X ışınları saçılarak ilerleme sağlaması sonucu görüntülenecek obje ve film arasındaki mesafenin değışmesi, elde edilecek görüntünün boyutlarında değışime sebep olmaktadır. Bu nedenle aynı cismin röntgen üzerinde izdüşümü obje film arasındaki mesafeye bağı olarak farklı şekilde oluşabilmektedir (19). Ayrıca kraniyofasiyal yapılarıdaki asimetri veya hastanın başının hatalı konumlandırılması sonucu elde edilen radyografide çift görüntü oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu durum da teshişte hata yapılmasına sebep olabilir (20).

2.2.2.2. İşaretleme Hataları

Radyografi görüntü kalitesinin yeterli kalitede olmaması anatomik referans noktaların belirlenmesinde hataya yol açabilir. Bu durum bazı araştırmacılar tarafından hatalı analizin en önemli sebebi olarak gösterilmiştir (15,21,22).

2.3. Sefalometrik Radyografi Çeşitleri

2.3.1. Geleneksel Sefalometrik Radyografi

Geleneksel sefalometrik radyografi kafa ve yüz bölgesindeki sert ve yumuşak dokuların lateral yönden görüntülendiğı ağız dışı radyografidir. Bu radyografiler kafa doğal baş pozisyonunda, röntgen filmi hastanın midsagittal düzlemine paralel, X ışını ise filme dik gelecek şekilde elde edilir.

Lateral sefalometrik filmde elde edilen görüntü ne kadar gerçeğe yakın elde edilirse yapılan ölçümler o kadar daha doğru elde edilebilir. Bu nedenle görüntüsü elde edilecek obje, ışın kaynağı ve film arasındaki mesafe görüntünün gerçeğe en yakın elde edilmesinde önemli yer tutar. Röntgenden çıkan ışın demeti yayılarak ilerlediğinden görüntülenecek obje ve film arası mesafe ne kadar fazla olursa filmde oluşacak görüntü o kadar büyük olur. Bu duruma ‘magnifikasyon’ denir.

Magnifikasyonu en aza indirmek için ışın demeti yere paralel, filme dik gelmeli ve görüntülenecek obje film arası mesafe minimumda tutulmalıdır (23).

Röntgen filmi 4 tabakadan oluşur. Bunlar koruyucu tabaka, emülsiyon tabakası, yapıştırıcı tabaka ve baz tabakadır. Görüntü emülsiyon tabakasında oluşur. Bu tabakanın içerdiği gümüş halid kristalleri X ışınlarına karşı duyarlıdır ve banyo esnasında kimyasal reaksiyona girerek görüntüyü oluşturur. X ışınlarıyla direkt reaksiyona giren bölümler radyolusent; dokular tarafından absorbe edilerek filme daha az ulaşan X ışınlarına maruz kalan bölümler ise radyoopak görüntü verir.

Geleneksel yöntemin en büyük dezavantajı 3 boyutlu bir yapının 2 boyutlu filme aktarılması esnasında oluşan veri kayıpları ve distorsiyondur. Ayrıca kraniyofasiyal yapıların üst üste süperpoze olması görüntü kalitesini negatif yönde etkilemektedir (24). Bir başka dezavantaj ise farklı standartlarda alınan radyografilerin sağlıklı bir karşılaştırma yapılmasına engel olmasıdır. Bu sebeple doğru bir tedavi takibi ve karşılaştırması yapılamaz (16). Hastanın başının konumlandırılması yanlış olursa veya hasta başını herhangi bir tarafa çevirmişse çift görüntü oluşur bu durum da anatomik yapıların belirlenmesinde hatalara neden olabilmektedir (20).

2.3.2. Dijital Sefalometrik Radyografi

2.3.2.1. İndirekt Dijital Rayografi

Bu yöntemde geleneksel olarak elde edilen radyografinin dijital tarayıcıdan geçirilmesi sonucu görüntü elde edilir. Tarayıcıdan geçen ışık yoğunluğuna göre grinin tonlarında görüntü oluşur. Bu görüntü üzerinde anatomik referans noktalar işaretlenerek analiz yapılır (25). Geleneksel yöntemle elde edilen radyografinin taranmasıyla elde edilmesinden dolayı geleneksel yöntemde olduğu gibi süperpozisyon, çift görüntü, veri kaybı ve distorsiyon gibi dezavantajlara sahiptir. Buna ek olarak taramaya bağlı görüntü kayıpları da dezavantajları arasında sayılabilir.

2.3.2.2. Direkt Dijital Radyografi

Dijital teknolojinin gelişmesiyle beraber geleneksel yöntem yerini direkt dijital yönteme bırakmıştır. Dijital yöntemde görüntü, geleneksel yönteme göre çok daha

hızlı elde edilmektedir. Elde edilen görüntü kolaylıkla ve herhangi bir ek ücret gerektirmeksizin çoğaltılabilir. Bu yöntemin en önemli avantajı ise hiç kuşkusuz hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunun geleneksel yöntemle göre çok daha az olmasıdır (26). Bu görüntülerin arşivlenmesinin oldukça kolay ve saklama koşullarından etkilenmemesi bir başka avantajıdır. Bu yöntemle elde edilen görüntülerin hekimler arası transferi yine dijital ortamda saniyeler içerisinde gerçekleştirilebilmektedir. Alınan radyografik görüntüler üzerinde karşılaştırma yapılmasına olanak vermesi tedavi takibi açısından bir diğer avantajıdır. Ayrıca bu yöntemde banyo işlemine gerek duyulmaması banyo işlemine bağlı hataları ortadan kaldırdığı gibi banyo solüsyonlarının neden olduğu çevresel kirlenmeye de olumlu katkı sağlamaktadır.

Bu yöntemde film yerine sensörler kullanılır. Sert ve yumuşak dokulardan geçen X ışınları dokulardan kısmen veya tamamen emilerek sensörler üzerine farklı yoğunlukta ulaşır. Ulaşan ışınlar sinyallere dönüştürülerek dijital forma çevrilir ve bu şekilde monitörde görüntü oluşur. Bu görüntü piksel denilen hücrelerden oluşur. Piksellerin boyutu görüntü kalitesini etkileyen en önemli faktördür. Piksel boyutu küçüldükçe görüntünün kalitesi artar (27).

Direkt dijital görüntüleme sistemleri solid state dedektörler ve fosfor plaklar olarak 2'ye ayrılır:

Solid State Dedektörler

Solid state sistemlerin 3 tipi vardır. Bunlar:

CCD (Charge Couple Device): Silikon çip içerisinde bir elektronik devre içerir. X ışını sensöre geldiğinde elektronlar silikondan serbestlenir ve elektriksel bir şarj oluşur. Bu şekilde latent bir görüntü elde edilir. Bu latent görüntü data kablosu aracılığıyla bilgisayara aktarılır. Bu işlem için yapılmış yazılım programlarıyla bu latent görüntü radyografiye çevrilir (28).

CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor): CCD'lere benzer bir sistemdir. Farkları, içerdiği çipin semikondüktör olması ve oluşan elektriksel şarjın okunmasıdır. CCD'lere göre daha ucuzdur fakat daha gürültülü çalışır (29).

Düz Panel Dedektörler: Piksel boyutu 100 μm 'den küçük olan ve daha büyük matriks alanı içeren ağızdışı radyografi alımında kullanılan bir sistemdir. TFT (Thin Film Transistor) sensör ve amorf silikon kılıftan oluşur. Maliyeti yüksektir (30).

Fosfor Plaklar

Kablosuz ve yarı direkt bir sistemdir. Yüzeyi esnek ve X ışınlarına duyarlı fosfor bileşikler içeren polimer ile kaplıdır. Yüzeye gelen X ışını plak tarafından emilir, enerjiye çevrilir ve depolanır. Daha sonra plak tarayıcıya yerleştirilir, depolanan enerji burada görüntüye çevrilerek monitöre aktarılır. Hem intraoral hem de ekstraoral radyografi eldesinde kullanılabilir (31). Plagın fosfor tabakası tarayıcıdan çıktıktan sonra ışınlanmadan önceki haline döndüğünden bu plaklar tekrar kullanılabilir.

2.3.2.3. Dijital Görüntü Kalitesini Etkileyen Faktörler

Çözünürlük

Bir görüntünün çözünürlüğü o görüntüyü elde etmek için gereken piksel sayısı ile doğru orantılıdır. Piksel sayısı ne kadar artarsa görüntünün çözünürlüğü o kadar artar ve daha net bir görüntü elde edilir.

Çözünürlüğe etki eden bir diğer faktörde piksel boyutudur. Gözlerimiz 0.1 x 0.1 mm^2 den daha küçük farkları bile ayırt edebilmektedir. Bu nedenle piksel boyutunun bu miktardan daha düşük olması istenir (32).

Piksel sayısı ne kadar fazla ve piksel boyutu ne kadar küçük olursa elde edilen görüntü gerçeğe o kadar yakın olur.

Optik Yoğunluk

Filmin aldığı ve geçirdiği ışık miktarının oranı ile hesaplanır. Bilgisayarlarda parlaklık değeri bit ile ifade edilir. 8 bitlik bir sistemde siyahtan beyaza doğru giden 256 gri renk bulunur. O rakamı en koyu siyaha denk gelirken; 255 en açık beyaz rengi

ifade eder. Sistem ne kadar fazla gri ton içeriyorsa görüntü o kadar daha kaliteli olur (32).

Görüntüleme

Elde edilen görüntü sıralı dizilmiş hücrelerden oluşur. Görüntülemelerde genellikle 625 çizgiye sahip CRT (Cathode-Ray-Tube) ekranlar kullanılır. Bu çizgi sayısı arttıkça görüntü kalitesi de beraberinde artar. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte görüntü kalitesi sınırlı CRT ekranların yerini daha yüksek görüntü kalitesine sahip LCD (Liquid Crystal Display) ekranlar almıştır.

2.4. Sefalometrik Analiz Yöntemleri

2.4.1. Geleneksel (Manuel) Analiz Yöntemi

Bu yöntemde elde edilen sefalometrik radyografi üzerine ortodontik analiz için özel olarak üretilmiş transparan özellikte asetat kağıdı bant yardımıyla sabitlenir. Karanlık bir ortamda radyografi negatoskop üzerine konularak öncelikle anatomik referans noktaları belirlenir. Cetvel yardımıyla ölçülecek parametreleri oluşturan doğrular çizilir. Açısal parametreler açıölçer ile; boyutsal ölçümler ise cetvel ile yapılır. Ortodontik analiz için özel geliştirilmiş protraktörler hem açısal hem boyutsal ölçümleri yapmaları sebebiyle sıklıkla tercih edilir. Bu yöntem, her ne kadar altın standart olarak kabul edilse de uzun ve uğraştırıcı bir yöntem olması, tecrübe ve beceri gerektirmesi, radyografinin kaliteli olması, analizin yapıldığı ortamdan ve yorgunluk gibi insana bağlı faktörlerden etkilenmesi araştırmacıları alternatif yöntemlere yönlendirmiştir (33).

2.4.2. Bilgisayarlı Analiz Yöntemi

Bu yöntemde dijital hale getirilen veya dijital olarak elde edilen radyograflar bilgisayarlara yüklenir. Bu işlem için özel olarak üretilmiş bilgisayar programları vasıtasıyla anatomik noktalar işaretlenir ve bu programlar tarafından analiz otomatik olarak yapılır (34).

Bilgisayarlı analiz yöntemleri zaman içerisinde şu gelişimleri göstermiştir.

2.4.2.1. Birinci Nesil Sistemler

Bu sistemde anatomik noktaları belirleyerek bilgisayara aktarabilmek için dijitizer ve cursor denilen cihazlara ihtiyaç vardır. Dijitizer koordinat noktalarını kaydeder, cursor ise anatomik noktaları belirler. Dijitizer ve cursor çakıştığında bir elektrik akımı oluşur ve bu akım kablolar vasıtasıyla bilgisayara aktarılır. Bu şekilde görüntü oluşur. Dijitizer radyolusent, radyoopak veya transparan olabilir. Houston ve ark. yaptıkları çalışmada bu tekniği geleneksel yöntem ile karşılaştırmış ve bu yöntemin elle yapılan çizime göre daha güvenilir olduğunu bulmuşlardır (35).

Dijitizerler, offline ve online dijitizer olmak üzere 2 tiptir. Offline dijitizerde önce radyografinin dijitalasyonu yapılır, daha sonra bilgisayara aktarılır. Sonrasında da kayıt üzerinde analiz yapılır. Online dijitizerde ise belirlenen noktalar aynı anda bilgisayara aktarılır ve analiz eş zamanlı yapılır.

2.4.2.2. İkinci Nesil Sistemler

Bu sistemde radyografi kamera ve tarayıcılar vasıtasıyla dijitalize edilir. Dijitizer kullanımına gerek yoktur. Dijital kameraların içerdiği fotositler görüntünün çözünürlüğünde en önemli etkidir. Fotositler ışık enerjisini elektrik enerjisine çeviren ışığa duyarlı diyotlardır ve sayısının artması çözünürlüğü artıracaktır. Elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin işlenmesi, saklanması ve aktarılması daha büyük kapasiteli harddisklere ihtiyaç duyulmasına sebep olur (10).

2.4.2.3. Üçüncü Nesil Sistemler

Direkt olarak elde edilen dijital radyografi üzerinde analiz gerçekleştirilir. Banyo, dijitizer ve kamera içermemesi nedeniyle hem hızlı olması, hem de bunlara bağlı hataların elimine edilmesi sebebiyle günümüzde en popüler sistemlerdir.

Bilgisayarlı Analiz Programları

Bugün dünya genelinde en fazla kullanılan ve kabul gören bilgisayarlı seflometrik analiz programları şunlardır:

- Dolphin-Dolphin Imaging and Management Solution
- NemoCeph-Nemotec
- Quick Ceph- Quick Ceph Systems
- VistadentOC-Dentsply GAC International Inc.
- JOE Ceph-Rocky Mountain Orthodontics
- Dentofacial Planner-Dentofacial Software Inc.
- OrthoGo-Soredex
- FACAD-Ilexis AB
- OrisCeph-Soredex
- AudaCeph-Audax
- Onyx-Image Instruments GmbH
- CephX-CephX Technologies LTD

2.4.3. Yapay Zeka Destekli Sefalometrik Analiz

2.4.3.1. Yapay Zeka Terimi ve Tarihçesi

Yapay zeka kavramı, daha önce elde edilen verilerin kısmen veya tamamen özerklikle insan zekası gibi hesaplamaya yetkin hesaplama algoritmalarını tanımlar (36). Yapay zeka kavramı bilgisayarın ortaya çıkmasıyla birlikte gündeme gelse de veri depolama sorunu nedeniyle uzun süre yeterli gelişimi sağlayamamıştır. Görüntü ve ses tanıma, teşhise yönelik görüntülerin yorumlanması ve tedavi ihtiyacının belirlenmesi yapay zekanın tıp alanında kullanımlarının başında gelmektedir. Tedavi yönlendirmesi konusunda hala yeterli seviyeye ulaşılmasa da özellikle radyografilerin yorumlanması konusunda belirli ilerlemeler sağlanmıştır (37).

‘Yapay Zeka’ terimi ilk olarak 1955 yılında John McCarthy tarafında kullanılmıştır. McCarthy yapay zekayı makinelerin akıllı olarak sınıflandırılan görevleri yürütme yeteneği olarak tanımlamıştır (38). Yine 1950’lerde Alan Turing yaptığı çalışmalarda makinelerin insanlarla aynı düzeyde düşünme yeteneğine sahip olup olmayacağını araştırmaya başlamıştır. Turing, bir makinenin akıllı olup olmadığını belirlemek için kullanılabilecek bir test önermiştir (39). Test, yapay zekanın temel taşı olarak kabul görmüştür. Prof. Dr. Cahit Arf, Türkiye’de 1958’de düzenlenen bir konferansta “Makineler Düşünebilir mi?” "Bir makine nasıl düşünür?"

sorularını gündeme getirmiş; bunun uygulanabilir olduğunu iddia ederek kendisi için düşünebilecek bir makine yaratma fikrini ortaya atmıştır (39).

1950'lerde yapay zeka kavramının ardından 1980'lerde “makine öğrenimi” kelimesi, ardından derin öğrenme ve yapay sinir ağları terimleri tanıtılmıştır (Şekil 2.1). Yapay zekayı anlamak için makine öğrenimi, derin öğrenme ve sinir ağları gibi terimlere aşina olmak gerekir.



Şekil 2.1. Yapay zekanın tarihsel gelişimi.

Yapay zeka teknolojisi ortodontik tedaviden önce çekimli tedaviye karar verme ve ortognatik cerrahide kullanılmıştır. Arnett ve Bergman, ortodontik tedavi teşhis ve planlaması hakkında yazdıkları makalede yanlış tanının tedavi sonu yüz estetiğini daha da kötüleştirebileceğini vurgulamışlardır (8).

Ortodontide daha çok makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır. Anatomik referans noktaların tespiti ve tanımlamasında sıklıkla kullanılan algoritmalar, teknolojiye paralel geliştirildikçe ve hesaplama kaynakları arttıkça, doğruluk ve güvenilirlik açısından büyük gelişme göstermişlerdir. Cohen ve ark. 1984 yılında otomatik sefalogram yer işaretlemesinde ilk girişimi yapmıştır (40).

2.4.3.2. Yapay Zeka Kavramının Gelişimsel Süreci

Yapay zeka kavramının gelişimsel süreci;

- Tek katmanlı sinir ağları
- Çok katmanlı sinir ağları
- Makine Öğrenimi
- Derin öğrenme şeklinde olmuştur (41).

Makine öğrenmesi, elde edilen verilerden anlamlı sonuçlar çıkaran ve bu sonuçlara dayanarak benzer durumlarda tahminde bulunabilen bir yapay zeka yöntemidir. Makine öğrenmesi tersine bir öğrenme sürecini içerir. Bilgisayara öğreneceği konu hakkında veriler girilir ve sonucu gösterilir. Girilen veriler bir büyük veride (big data) depolanır ve bilgisayara benzer bir veri geldiğinde big datadan faydalanarak sonucu tahmin eder (42).

3 ana kategoriye ayrılır:

- Denetimli öğrenme
- Denetimsiz öğrenme
- Takviyeli öğrenme

Araştırmalar son yıllarda gelişmiş bir makine öğrenimi yöntemi olan ‘Derin Öğrenme’ üzerine yoğunlaşmıştır. Makine öğrenmesinin bir alt alanı olan Derin Öğrenme, elde edilen ham verilerden nesne tespit, tahmin ve sınıflamasına destek olur. Alanımızda en çok kullanılan derin öğrenme türü evrimsel sinir ağlarıdır. Bu tür, görüntü analizi konusunda en çok kullanılan derin öğrenme türüdür. Ana olarak 3 katmandan oluşur. Bunlar evrimsel katman, havuzlama katmanı ve tam bağlantılı katmanlardır (42).

2.4.3.3. Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Teknolojisinin Kullanımı

Yapay zeka tekniğinin temel amacı, diş hekimlerinin çalışmalarını daha kesin ve doğru hale getirmektir. Görüntü segmentasyonu, hacimsel tıbbi görüntü analizinde ve otomatik veya yarı otomatik bilgisayar destekli teşhis sistemlerinde hayati öneme sahiptir. Manuel sefalometrik analizden yapay zeka tabanlı sefalometrik analize geçiş, zamandan tasarruf ederek ve hataları en aza indirerek analizin tanısal değerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Sistemik ve rastgele hatalar, sefalometrik analizde en yaygın hata türleridir. Dijital veya taranmış bir sefalometrik görüntü veri tabanına kaydedilir ve otomatik sefalometrik analize yazılım tarafından eklenir. Tasarımda kullanılacak anatomik referans noktaları belirlendikten sonra, otomatik sefalometrik analiz, anatomik referans noktalarını bilgisayara bağlı bir sayısallaştırıcıya aktarır. Anatomik referans noktaların kesinleştirilmesinden sonra yazılımla ölçülen mesafeler ve açılar aracılığıyla sefalometrik analiz tamamlanır. Yapay zeka destekli sefalometrik

alışmalar, znel hataları azaltarak analiz süresini en aza indirir ve tanısal değeri artırır. Yazılım artık genel olarak sefalometrik değerlendirmeler için kullanılırken, anatomik referans noktalarını belirlemek hala bir ortodonti uzmanının yardımını gerektiren önemli bir iştir. Bu analizin kalite düzeyi öncelikle uzmanın deneyimi ile belirlenir. Sefalometrik anatomik referans noktaların yanlış tanımlanması yoluyla kullanılması yanlış ortodontik tedavi kararlarına neden olabilir, özellikle kalite güvencesi için tamamen otomatik ve doğru sefalometrik anatomik referans noktaların saptanması tercih edilir.

Ortodontide yapay zeka destekli geliştirilen programlar, makine öğrenimiyle lateral sefalometrik radyograflar üzerinde anatomik referans noktaları belirleyerek sefalometrik analiz yapabilmektedir. Bu konuda ilk alışma Levy Mendel ve ark. tarafından (43) 80’li yıllarda yapılmış ve takip eden çalışmalarda geleneksel sefalometrik analiz ile karşılaştırmaları yapılarak sonuçların oldukça doğru tespit edildiği bildirilmiştir (44).

Otomatik sefalometrik analizde bilgisayara yüklenen radyografi üzerinde bu işlem için özel olarak geliştirilen yazılım tarafından anatomik referans noktalar belirlenir. Akabinde açısal ve boyutsal ölçümler yazılım tarafından yapılır.

Otomatik sefalometrik analizin geliştirilme amacı hem geleneksel analiz yöntemlerinde yapılan hataların giderilmesi; hem de hızlı bir analiz yapma isteğidir (45). Bilgisayarlı sefalometrik analiz programları açısal ve boyutsal ölçümleri hatasız yapabilse de anatomik referans noktaların tespitinde hata yapmaya açık bir sistemdir. Yapılan çalışmalarda anatomik referans noktaların tespitinde yapılan hataların, aı ve boyutsal ölçümlerde yapılan hatalara göre 5 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (46). Yine geleneksel yönteme göre hızlı olsa da bilgisayarlı sefalometrik analiz de zaman alıcı bir işlemdir (45). Bu nedenle hem anatomik referans noktaların tespitindeki hataları giderebilmek hem de sefalometrik analizi hızlı yapabilmek için referans noktaların otomatik olarak tespitine imkan tanıyan tam otomatik sefalometrik analizler geliştirilmiştir (47).

Anatomik referans noktaların otomatik olarak tespitinde karşılaşılan en büyük problemler radyografinin yeterli görüntü kalitesine sahip olmaması, hastaların

anatomik yapılarındaki farklılıklar, birbiri üzerine süperpoze olan yapılar ve radyografinin gri renk skalasına bağlı farklılıklar olarak sayılabilir (46).

2.4.3.4. Sefalometrik Analiz için Kullanılan Yapay Zeka Programları ve Yazılım Türleri

Yapay zeka birçok kategoriye sahip geniş bir konu olsa da, hesaplama açısından iki ana tür vardır: Sembolik yapay zeka ve makine öğrenimi.

Sembolik Yapay Zeka

Sembolik yapay zeka, yapay zeka araştırmalarında sorunların, mantığın ve araştırmanın ileri düzey "sembolik" (insan tarafından okunabilir) temsillerine dayanan tüm yöntemlerin toplanması için kullanılan terimdir. Sembolik yapay zeka, 1950'lerin ortalarından 1980'lerin sonuna kadar yapay zeka araştırmalarının en çok kullanılan biçimidir (48).

Makine Öğrenimi

1952'de Arthur Samuel tarafından tanımlanan bir terimdir. Sembolik Yapay Zeka ile Makine Öğrenimi arasındaki temel fark, makine öğreniminde özelliklerin, insanlar tarafından tasarlanan bir kurallar sisteminden ziyade açıklamalardan bilgi edinmesidir. Makine öğreniminin amacı, makinelerin kayıtlardan bilgi edinmesini ve insanların yardımı olmadan çözümler bulmasını kolaylaştırmaktır. En yaygın kullanılan Makine Öğrenimi hedeflenen sonuçlara göre; gözetimli öğrenme, gözetimsiz öğrenme, pekiştirmeli öğrenme, yarı gözetimli öğrenme ve öğrenmeyi öğrenme gösterilebilir (49). Algoritmanın öğrenme tarzına bağlı olarak, Makine Öğrenimi üç kategoriye ayrılabilir:

- Organize öğrenme tanımlanmış bir sonuca dayalı tahmin ve sınıflandırmayı ifade eder.
- Örgütlenmemiş öğrenme tasarımları bulmak için kullanılır ve tanımlanamayan sonuçla gizli yapılandırmaları ifade eder.
- Desteklenir öğrenme önceki sürümlerden türetilen makineleri ifade eder. Değiştirilmiş bilgilerle yeni bir algoritma oluşturur (50).

Derin Öğrenme

Derin öğrenme, bir bilgisayarın verilerdeki özellikleri tanıdığı bir makine öğrenimi türüdür. Derin Öğrenmenin ilk versiyonu, 1900' lerde geliştirilen yapay zeka sistemidir. Hesaplama teknolojisi ve gücü katlanarak arttıkça, daha zorlu ve karmaşık sorunları çözmek için daha zor ve daha derin sinir ağı modelleri gereksinimi oluşmuştur. Bu gereksinim derin öğrenme kavramını ortaya çıkarmıştır (51).

Yapay Sinir Ağı

Yapay sinir ağı, verileri harici bir uyarana yanıt olarak işleyen ve tamamen bağlı yönetim öğeleri olan yapay nöronlardan oluşan algoritmik bir sistemdir. Yapay nöron, biyolojik sinir ağlarının mesaj asimilasyon ve salma davranışını taklit etmek için aritmetik yapıları kullanan basitleştirilmiş bir modeldir (52). Yapay nöronlar, tıpkı biyolojik tamamlayıcıları gibi, aralarındaki veri hareketini birbirine bağlayan ara bağlantılarla birbirine bağlanır. İnhibitör veya uyarıcı sinapslar veya ara bağlantılar, uyarıyı bir işleme elemanından diğerine iletir. Sinir ağlarının geleneksel programcılara göre bir avantajı vardır. Hesaplamalı bir çözümün olmadığı veya mevcut çözümün bulunamayacak kadar karmaşık olduğu sorunları çözebilirler (53).

Evrişimsel Sinir Ağı

Evrişimsel sinir ağı, nesneleri çeşitli yönlerine göre ayırabilen ve önem atfedebilen bir derin öğrenme sistemi kullanır. Derin Öğrenme, Evrişimsel Sinir Ağının bir görüntünün farklı yönlerini öğrenme veya görüntünün zarafetini normal sınıflandırma algoritmalarından daha iyi idare etmesi beklenme yeteneğini ifade eder. Evrişimsel Sinir Ağının işlevi, resimleri, temel ayrıntıları korurken yönetilmesi daha kolay olan bir şablona sıkıştırmaktır. Daha derin bir dış hekimliği anlayışıyla Evrişimsel Sinir Ağı, patolojileri tespit etmek, sefalometrik yer işaretlerini, segment dişlerini ve diğer yapıları otomatik olarak tanımlamak için programlar oluşturabilir (54).

Günümüzde yapay zeka teknolojisini kullanan birçok sefalometrik analiz programı geliştirilmiştir. Bunlar:

- WebCeph
- AudaCeph
- Carestream
- CephX
- Dental Imaging
- OrthoDX
- WeDoCeph
- CS Imaging V8

2.4.4. Uygulama Destekli Sefalometrik Analiz

Günümüzde akıllı telefonları sadece telefon olarak görmek mümkün değildir. Teknolojideki baş döndürücü gelişmeler sonucu cep telefonları avucumuzda tuttuğumuz bilgisayarlar haline gelmiştir. Hayatımızı kolaylaştıracak birçok faydasının yanında diş hekimliği alanında da birçok imkanı klinisyenlerin faydasına sunmuştur. Bu imkanların en önemlilerinden biri de sefalometrik analiz yazılımlarıdır. Uygulama marketlerinden çoğu ücretsiz indirilebilen bu uygulamalarla ortodontistler tarafından sefalometrik analizler yapılabilmekte ve aynı zamanda analiz sonuçlarını başka cihazlar ve diğer hekimlerle paylaşabilmektedir.

Dr. Pavan Kumar Mamilapalli en sık kullanılan analizleri basitleştirilmiş bir arayüzle hızlı ve güvenilir sefalometrik analiz yapma amacıyla ‘OneCeph’ isimli sefalometrik analiz programını geliştirmiş ve Google Play Store üzerinden ortodontistlerin kullanımına sunmuştur. Dr. Kumar, geliştirdiği uygulamanın sefalometrik analizin karmaşık ve zaman alıcı kısmını basitleştirdiğini ve uygulayıcının analiz yapma yeteneğini geliştirdiğini iddia etmektedir (9).

OneCeph uygulamasının en büyük avantajı ücretsiz olarak edinilebilmesi ve internet bağlantısı olmadan da çalışabilmesidir. Ayrıca program bünyesinde analizlerin kayıt edilebilmesine imkan tanımasından dolayı ek bir depolama alanına ihtiyaç duymaz. OneCeph uygulamasının en büyük dezavantajı olarak da benzer proramlarda olduğu gibi 2 boyutlu görüntü analizi yapması gösterilebilir.

Shettigar ve ark. OneCeph uygulamasını Dolphin programıyla karşılaştırmış ve tanıda doğru sonuçlar verdiğini iddia etmiştir (55). Barbhuiya ve ark. manuel analiz

yöntemi ile OneCeph uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemi karşılaştırılmış ve sonuçlar klinik olarak birbiriyle uyumlu bulunmuştur (56). Mahto ve ark. nın yaptıkları çalışmada manuel analiz yöntemi ve yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programı ile karşılaştırmış sonuçlarını birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (57).

2.5. Farklı Sefalometrik Analizlerin Doğruluk ve Tekrarlanabilirliğinin Değerlendirildiği Çalışmalar

Guedes ve ark. 2010 yılında yayınladıkları çalışmalarında 50 adet lateral sefalometrik radyografiyi geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ile ve Cef-X bilgisayarlı analiz yöntemi ile analiz etmiş ve sonuçları birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (58).

Paixao ve ark. 2010 yılında yayınladıkları çalışmada 50 adet lateral sefalometrik radyografiyi geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ve Dolphin bilgisayarlı sefalometrik analiz yöntemiyle karşılaştırmış, 8 açısal 6 boyutsal parametrenin ölçüldüğü çalışmada iki yöntemi birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (59).

İşeri ve ark. nın yaptıkları çalışmada geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ve dijitalizerlerin kullanıldığı 1. Nesil bilgisayar destekli analiz programıyla 50 adet lateral sefalometrik radyografi karşılaştırmış ve iki yöntem arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulamamışlardır (60).

Sarı ve ark. nın yaptıkları çalışmada ise geleneksel analiz yöntemi ile JOE ve Quick Ceph isimli bilgisayarlı analiz programlarını karşılaştırmış ve nasolabial açı dışında ilgili analizler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulamamışlardır (61).

Sayinsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları çalışmada 30 adet lateral sefalometrik radyografiyi tarayıcı ile dijitalize edilmiş, Manuel sefalometrik analiz yöntemi ve Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile karşılaştırılmıştır. 18 açısal 13 boyutsal ölçümün yapıldığı çalışmada ölçümler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına baktığımızda yüksek ölçümcü içi ve ölçümcüler arası uyum bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları her iki yönteminde birbiriyle uyumlu

olduğunu gösterse de FMA ve Nasolabial açı ölçümleri göreceli olarak düşük bulunmuştur (62).

Goracci ve ark. nın yaptıkları çalışmada 20 adet lateral sefalometrik radyografiyi manuel sefalometrik analiz yöntemi, bilgisayar destekli NemoCeph programı ve uygulama destekli SmileCeph analiz programıyla karşılaştırılmış; 6 açısal 5 boyutsal olmak üzere 11 parametrenin ölçüldüğü çalışmada her üç analiz yönteminde sonuçları birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (63).

Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptığı çalışmada 50 adet lateral sefalometrik radyografi kullanılarak Dolphin bilgisayarlı analiz programı ve OneCeph uygulama destekli analiz programıyla 15 açısal parametre kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bazal düzlem açısı, SNB, IMPA, FMA açı ölçümleri düşük; diğer ölçümleri yüksek uyumlu bulmuşlardır (55).

Shrestha ve Kandel, 2020 yılında yayınladıkları çalışmada 35 adet lateral sefalometrik radyografide geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ve OneCeph uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemini karşılaştırmıştır. 10 açısal ve 8 boyutsal ölçümün doğruluk ve sefalometrik analiz zamanı açısından karşılaştırıldığı çalışmada, iki analiz yöntemi L1-NB boyutsal ölçümü dışında doğruluk açısından birbirleriyle uyumlu bulunmuştur. Ayrıca OneCeph uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemini manuel analiz yöntemin den anlamlı olarak hızlı bulmuşlardır (64).

Mahto ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları çalışmada 30 adet lateral sefalometrik radyografide geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ve yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programı 18 anatomik referans nokta kullanılarak 8 açısal, 4 lineer ölçüm ile değerlendirilmiştir. Her iki analiz yönteminin sonuçları birbirleriyle uyumlu bulunmuştur (57).

Aksakallı ve ark. nın 2016 yılında yayınladıkları çalışmada 20 adet lateral sefalometrik radyografi kullanılarak bilgisayar destekli Dolphin, uygulama destekli CephNinja ve SmartCeph Pro sefalometrik analiz programları karşılaştırmıştır ve açısal ölçümleri lineer ölçümlerden daha uyumlu bulduklarını bildirmişlerdir (65).

Abdul Kader ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları bir araştırmada 40 adet lateral sefalometrik radyografide Tweed analizi özelinde geleneksel manuel sefalometrik

analiz yöntemi ve uygulama destekli OneCeph analiz programı karşılaştırılmış ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (66).

Barbhuiya ve ark. nın 2021 yılında yayınladıkları çalışmada 20 adet lateral sefalometrik radyografide geleneksel manuel sefalometrik analiz yöntemi ile OneCeph uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemi 20 açısal 3 boyutsal ölçüm açısından karşılaştırılmış ve sonuçlar klinik olarak birbiriyle uyumlu bulunmuştur (56).

Livas ve ark. nın yaptıkları çalışmada 50 adet lateral sefalometrik radyografide bilgisayar destekli Viewbox analiz programı ile uygulama destekli OneCeph ve CephNinja analiz programları 7 açısal 2 boyutsal ölçüm açısından karşılaştırılmış ve sonuçları birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (67).

Sreedevi ve ark. 2022 yılında yayınladıkları çalışmada 35 adet lateral sefalometrik radyografide OneCeph uygulama destekli sefalometrik analiz yöntemi ile FACAD bilgisayarlı sefalometrik analiz yöntemini 7 açısal 7 boyutsal ölçüm açısından karşılaştırmış ve sonuçlar birbirleriyle uyumlu bulunmuştur (68).

Polat-Özsoy ve ark. nın gerçekleştirdiği çalışmada 30 adet lateral sefalometrik direkt dijital radyografide bilgisayarlı sefalometrik analiz programı ve radyografilerin çıktıları üzerinde geleneksel manuel sefalometrik analiz yönteminin tekrar edilebilirliği ve güvenilirliği değerlendirilmiştir. SNB, Wıttıs ölçümü, Cd-A, Cd-Gn, FMA, SN-PP, U1-NA (mm), U1-FH, L1-NB boyutsal ve Li-E düzlemi boyutsal ölçümü için iki yöntem arasında istatistiksel olarak fark bulmuşlardır (69).

Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları çalışmada 40 adet lateral sefalometrik radyografi üzerinde Dolphin bilgisayarlı sefalometrik analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulaması 8 açısal, 4 boyutsal parametre ve süre açısından karşılaştırılmıştır. Dolphin programı ve CephNinja uygulaması birbiriyle tam uyumlu bulunurken, CephX uygulaması GoGn/SN, U1/NA (açı-mm) ve L1/NB (açı-mm) ölçümleri açısından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (70).

Çoban ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları çalışmada 105 adet lateral sefalometrik radyografi üzerinde Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile yapay zeka destekli WebCeph programı 12 açısal ve 10 boyutsal parametre açısından

karşılaştırılmıştır. SNB, U1/NA açısı, İnterinsizal Açı ve Li-E çizgisi uzaklıkları ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğu ifade edilmiştir (71).

Çelik ve ark. nın 2009 yılında yayınladıkları çalışmada 125 adet lateral sefalometrik radyografi üzerinde Manuel analiz yöntemi, Vistadent 2.1 AT ve JOE bilgisayarlı analiz programları karşılaştırılmıştır. Nasolabial açı tekrarlanabilirlik açısından düşük uyumlu bulunurken; U1-NA uzaklığı ölçümü güvenilirlik açısından düşük uyumlu bulunmuştur (72).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmamızın materyalini Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezine ortodontik tedavi olmak üzere başvurmuş hastaların tedavi öncesi alınan lateral sefalometrik radyografileri oluşturmaktadır. Çalışma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (09.06.2022-10).

3.1. Örneklem Seçimi

Çalışma grubunda kullanılan lateral sefalometrik radyografiler, kraniyofasiyal yapıların anatomisini gösterecek yeterlilikte, diagnostik kalitesi yüksek görüntüler arasından seçilmiş ve çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri şöyledir:

1. Bireylerin kraniyofasiyal deformitesi bulunmamalı,
2. Daha önce ortodontik tedavi veya ortognatik cerrahi tedavisi görmemiş olmalı,
3. Gömülü diş, eksik diş veya herhangi bir patoloji bulunmamalı,
4. Üçüncü molar dişleri dışında daimi dişlenme tamamlanmış olmalı,
5. Bireylerde kraniyofasiyal bölgede büyük asimetri bulunmamalı,
6. Görüntünün elde edilmesi sırasında dişler maksimum interküspitasyonda olmalı,
7. Radyografik görüntü kalitesi çalışmada kullanılacak anatomik noktaların tespitinde yeterli olmalıdır.

3.2. Power Analiz Ölçümleri

Örnek hacmi hesaplanırken G-Power 3 programı (G*Power; Franz Faul, Universität Kiel, Germany) kullanılmış; hata payı $\alpha=0.05$, etki büyüklüğü 0.3, testin gücü 0.80 alınarak yapılan hesaplamada toplam minimum 90 adet lateral sefalometrik radyografi gerektiği tespit edilmiştir. Veri kaybının önlenmesi amacıyla tespit edilen örneklem sayısı %20 artırılarak 400 lateral sefalometrik radyografi içinden 110 adet lateral sefalometrik radyografi dahil edilme kriterleri dikkate alınarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 110 hastanın yaş ortalaması 14 yıldır. Çalışmamıza dahil edilen bireyler 47 erkek, 63 kızdan oluşmaktadır. Çalışmamızda iskeletsel veya dişsel herhangi bir maloklüzyon ayrımı yapılmamıştır.

Çalışmamızda uygulayıcının yorgunluğu gözönüne alınarak her gün 5 adet manuel analiz, 5 adet yapay zeka destekli analiz ve 5 adet uygulama destekli analiz yapılmıştır. İki analiz arasında 30 dakika dinlenme arası verilmiştir.

3.3. Lateral Sefalometrik Radyografilerin Elde Edilmesi

Çalışmamızda kullanılan lateral sefalometrik radyografiler Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezinde aynı teknisyen tarafından Planmeca Promax 2D (Planmeca OY Asentajankatu 6, 00880 Helsinki, Finlandiya) cihazla 66 kvP ve 10 mA olacak şekilde 6.7 s süresince ışınlanarak standart şartlarda elde edilmiştir.

Elde edilen lateral sefalometrik radyografilerin standardizasyonunun sağlanabilmesi için aynı sefalostatın kulak çubukları bilateral olarak hastaların kulak deliklerine yerleştirilmiş, hastanın midsagital düzlemi filme paralel ve X ışınlarının dik geleceği şekilde konumlandırılmıştır.

Elde edilen dijital kayıtlar JPEG formatında MacBook Air 2017 cihazına kaydedilmiştir. Manuel analiz yönteminin uygulanabilmesi amacıyla film çıktıları Konica Minolta Drypro Model 771 (Konica Minolta Medical Imaging USA, Inc. 411 Newark Pompton Turnpike Wayne, nj 07470) radyografik baskı makinesinde magnifikasyon 1:1 olacak şekilde elde edilmiştir.

3.4. Çalışmamızda Ölçümlerinden Faydalandığımız Sefalometrik Analizler

3.4.1. Björk Analizi

1947 yılında Arne Björk tarafından tanıtılmıştır. Referans düzlemi Sella-Nasion düzlemidir. Arka kafa kaidesi olarak diğer analizlerin aksine tespiti daha kolay olan Sella-Artikülare mesafesini kullanır. Björk, maksilla ve mandibulanın büyüme

yönlerini kesin olarak belirlemiştir. Çenelere uyguladığı implantlarla standart mesafeden sefalometrik röntgenler alarak çenelerin büyüme yönlerini göstermiştir.

Björk analizi 19 sefalometrik nokta ve 34 açı ölçümünü içerir. Yaptığı ölçümlerle çenelerin kraniuma göre prognatizmini tarif etmiştir. Björk analizine ait bazı ölçümler pr-n-ss, CL/ML, ILs/NL, ILi/ML, ss-n-Pg, ss-n-sm, NL/OLs, OLi/ML, NL/ML, Kraniyel ilişkilere ait ölçümler ve büyüme alanları ile ilgili ölçümlerdir. (73).

Bu ölçümler içinden Saddle açısı ve Gonial açı ölçümleri çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.2. Steiner Sefalometrik Analizi

Edward Angle'ın öğrencisi Cecil Steiner tarafından 1953 yılında tanıtılan, ilerleyen yıllarda eklemeler yaparak son şekli verilen analizdir (5). Steiner analizini oluştururken, tedavi başı ve sonu sefalometrik röntgenlerden elde ettiği tecrübelerden faydalanmıştır. Analizi iskeletsel, dental ve yumuşak doku ölçümlerini içerir. Steiner daha önceki analizlerde referans alınan Frankfurt horizontal düzleminin radyografi elde edilmesi esnasındaki hatalardan dolayı güvenilir bir referans düzlemi olmadığını iddia etmiştir. Bu nedenle Sella-Nasion düzlemini referans olarak alır. Steiner bu noktaların büyümeden en asgari düzeyde etkilenen noktalar olduğunu ve tespitlerinin kolay olduğunu savunmakta ve bu sebeple daha doğru bir referans düzlemi olduğunu düşünmektedir. Steiner analizi, keser diş konumlarının açısal ve boyutsal olarak belirlenmesi dolayısıyla daha doğru analiz yapılmasına imkan tanımaktadır. Steiner 'C' noktasını kondil merkezi olarak kabul etmiş ve sentrik oklüzyonda aldığı radyografileri karşılaştırarak mandibuler hareketlerin dinamik analizine imkan tanımıştır. (74).

Analize ait iskeletsel ölçümler SNA, SNB, ANB, SND, SN-Okluzal düzlem, GoGn/SN açılarıdır. Analizdeki dişsel ölçümler U1/NA açısı, U1-NA uzaklığı, L1/NB açısı, L1-NB uzaklığı ve İnterinsizal açıdır. 'A' ve 'B' noktalarının alveoler noktalar olması ve diş hareketlerinden etkilenmesi analize şüpheyle bakılmasına neden olmuştur. Analizin yumuşak doku ölçümleri Üst dudak-S doğrusu ve Alt dudak-S doğrusu uzaklığıdır.

Bu ölçümler içerisinde SNA, SNB, ANB, GoGn/SN, U1/NA açısı, U1-NA uzaklığı, L1/NB açısı, L1-NB uzaklığı, İnterinsizal açı ölçümleri çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.3. Tweed Analizi

Charles Tweed tarafından 1953 yılında tanıtılan analizdir. Tweed de Edward Angle'ın öğrencisidir. Tweed analizi ve tedavi felsefesinin amacı düz bir profil elde etmektir. Çekimsiz yapılan ortodontik tedavilerde nüks oranının fazla olduğunu farketmesiyle bu durumu araştırmaya başlamış ve bazı vakalarda diş çekimi yapılmasının gerektiğini iddia etmiş ve kendi analizini tanıtmıştır. Tweed başarılı tedavi edilmiş ve stabil kalmış vakalarda alt keser dişlerin mandibula alt kenarına dik açıyla yerleşmiş olduğunu görmüş, ideal alt keser konumunun bu şekilde olması gerektiğini savunmuştur. Bu durumda ise 2. ve 3. Molar dişlerin gömük kalması ihtimali nedeniyle diş çekimi yapılması gerektiğini savunmuştur.

Temelde 3 düzlem ve bunların oluşturduğu üçgenin iç açılarını kullanır. Bu düzlemler Frankfurt Horizontal düzlemi, Mandibüler Düzlem ve alt keser uzun aksı düzlemidir. Düzlemlerin oluşturduğu üçgene 'Tweed Üçgeni' denir. Bu üçgenin iç açıları ise FMA, FMIA ve IMPA açılarıdır. Tweed bunlara sonradan ANB açısını da eklemiştir.

Tweed FMA açısını 25, FMIA açısını 67, IMPA açısını ise 88 derece olarak norm almıştır. Tweed tedavi açısından en önemli açıyı FMA açısı olarak görür. Çünkü bu açının ortodontik tedavi ile değiştirilmesi çok güçtür. Bu sebeple 30 derecenin üstünde FMA açısı olan vakalarda diş çekimi ve alt keser retrüzyonu önerir (75).

Tweed analizine ait bu ölçümler içerisinde FMA açısı ve IMPA açısı ölçümleri çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.4. Ricketts Analizi

Ricketts tarafından 1966 yılında tanıtılan analizdir. Ricketts, lateral sefalometrik radyografilerin yanı sıra posteroanterior radyografilerden de faydalanmıştır. Referans düzlemi Frankfurt Horizontal Düzlemdir. Geliştirdiği

‘Bioprogressive’ tedavi felsefesinde sefalometri önemli yer tutar. Tedavi planlamasında bireyin büyüme ve gelişiminin öngörülmesi ve bunun maksimum derecede göz önünde bulundurulması gerektiğini savunur.

Oldukça detaylı bir sefalometrik analiz olan Ricketts analizinin en çok kullanılan kısmı yumuşak doku analizi kısmıdır. Ricketts yumuşak doku pogonion noktasından pronasale noktasına bir doğru çizer ve bu doğruyu ‘Estetik doğrusu’ (E çizgisi) olarak tarif eder. Ricketts üst ve alt dudağın en ön noktalarının bu doğruya teğet geçmesi gerektiğini savunur. Çocuklarda dudaklar bu doğruya teğettir. Yaş ilerledikçe pronasale ve pogonionun öne doğru hareketiyle dudaklar bir miktar bu doğrunun gerisinde kalmaktadır. Ayrıca Ricketts üst dişlerin her 3 mm retraksiyonunda dudağın 1 mm kalınlaştığını söylemektedir (76).

Ricketts analizi ölçümleri Fasiyal aks açısı, Yüz derinliği açısı, Mandibuler düzlem açısı, Fasiyal açı, Alt yüz yüksekliği, Konveksite açısı, L1-APg, U6-Ptv, L1 inklınasyon açısı, Ls-E çizgisi ve Li-E Çizgisi uzaklıklarıdır.

Bu ölçümler içerisinde Ls-E çizgisi ve Li-E çizgisi uzaklığı ölçümleri çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.5. Jarabak Analizi

Joseph Jarabak tarafından 1972’de tanıtılmıştır. Kraniyofasiyal büyümenin tedavi öncesi ve sonrasında oklüzyonu ne şekilde etkileyeceği yönünde tahminlerde bulunur. Analiz iskeletsel ölçümlere dayanır ve 5 anatomik referans nokta kullanılır. Bunlar Sella, Nasion, Gonion, Menton ve Artikülar dir. Bu noktalar birleştirildiğinde yüzde bir çokgen oluşur. Bu çokgenin kenarları baz alınarak ön-arka yüz yükseklik oranları ve alt yüz yüksekliğinin gelişimi hakkında tahminde bulunur. Jarabak’a göre üst yüz/alt yüz oranı 45/55 olmalıdır.

Jarabak analizi açısal olarak Saddle açısı, Artiküler açı, Gonial açı, Posterior açılar toplamı (SUM); boyutsal olarak ise Anterior kraniyal kaide uzunluğu, Posterior kraniyal kaide uzunluğu, Ramus uzunluğu, Mandibuler gövde uzunluğu, Ön yüz yüksekliği ve Posterior yüz yüksekliğinin Anterior yüz yüksekliğine oranı ölçümlerini içerir (77).

Bu ölçümler içerisinde Saddle açısı, Artiküler açı, Gonial açı ve Posterior açılar toplamı (SUM) ölçümleri çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.6. Witts Analizi

Jakobson tarafından 1975’ te tanıtılmıştır. Jakobson, maksilla ve mandibulanın kafa kaidesine göre konumunda kullanılan ANB açısının kullanılmasının sakıncalı olduğunu iddia eder. Referans düzlemi olarak oklüzal düzlemi almış ve A ve B noktalarından oklüzal düzleme dikmeler indirmiş ve buna göre maksilla ve mandibulanın konumunu tarif etmiştir (78). A noktasından indirilen dikmenin B noktasından indirilen dikmenin önünde olması durumunda pozitif değerden bahsedilirken; geride olması durumunda negatif değerden bahsedilir. Pozitif değer arttıkça iskeletsel Sınıf 2 ilişkiden; negatif değer arttıkça iskeletsel Sınıf 3 ilişkiden söz edilir.

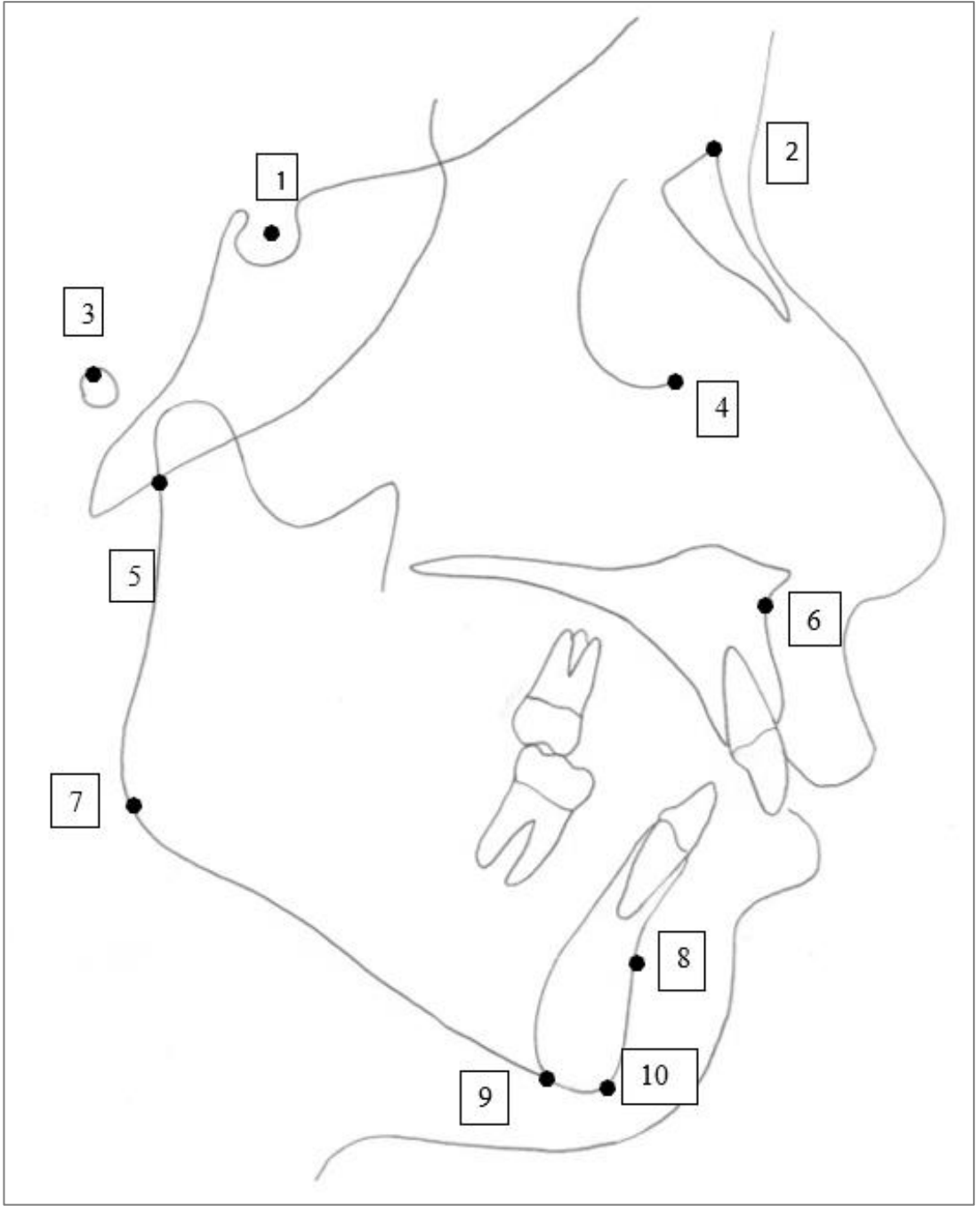
Witts analizi ölçümü, çalışmamızda kullanılmıştır.

3.4.7. McNamara Analizi

McNamara tarafından 1984 yılında tanıtılmıştır (79). Sık kullanılan sefalometrik analizlerden biridir. Maksillanın kranial kaideye göre konumu, Maksillo-mandibuler ilişki, mandibulanın kranial kaideye göre konumu, dentisyon ve havayoluna ait ölçümleri içerir. Çok sayıda boyutsal ölçüm içermesi nedeniyle özellikle ortognatik cerrahi işlemlerini kolaylaştırdığı iddia edilmektedir. Ancak daha çok boyutsal ölçümler içermesi radyografi çekimi sırasındaki hatalar ve buna bağlı magnifikasyon sorunları nedeniyle analizi dezavantajlı kılmaktadır. Referans düzlemi olarak Frankfurt horizontal düzleminine Nasion noktasından indirilen dikme ile oluşturulan Nasion perpendikulare düzlemini kullanır.

Analize ait açısal ölçümler SNA, Mandibuler Düzlem Açısı, Yüz Aksı Açısı ve Nasolabial açı iken; boyutsal ölçümler NPer-A, Efektif Orta Yüz Uzunluğu (Cd-A), Efektif Mandibuler Uzunluk (Cd-Gn), Maksillomandibuler fark, Alt Yüz Yüksekliği (ANS-Me), NPer-Pg, U1-A uzaklığı, L1-APg, Üst Farinks ve Alt Farinks mesafesidir.

Bu ölçümler içerisinde Nasolabial açı ölçümü çalışmamızda kullanılmıştır.



Şekil 3.1. İskeletsel noktalar.

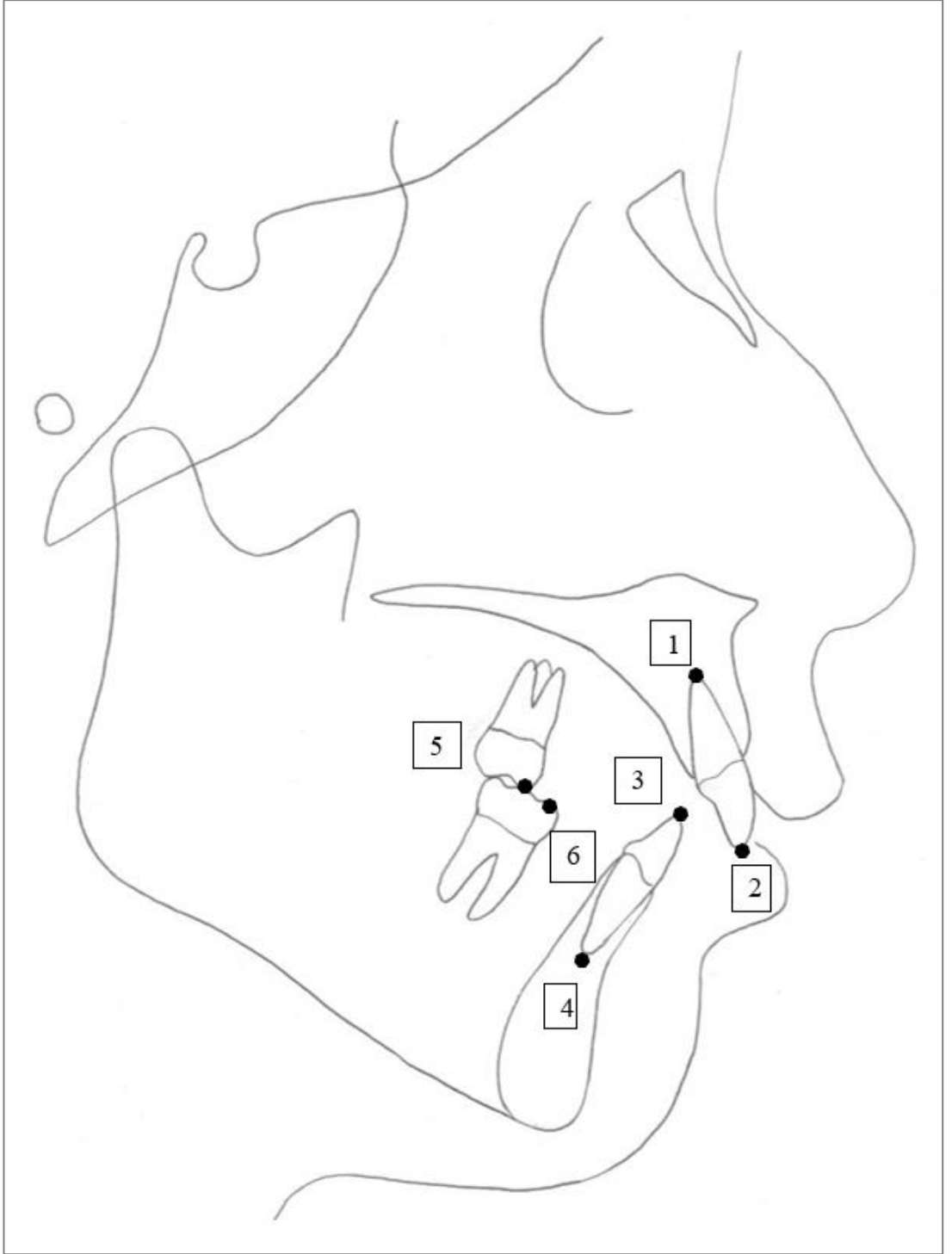
3.5. Çalışmamızda Kullanılan Sefalometrik Nokta ve Düzlemler

3.5.1. İskeletsel Noktalar (Şekil 3.1)

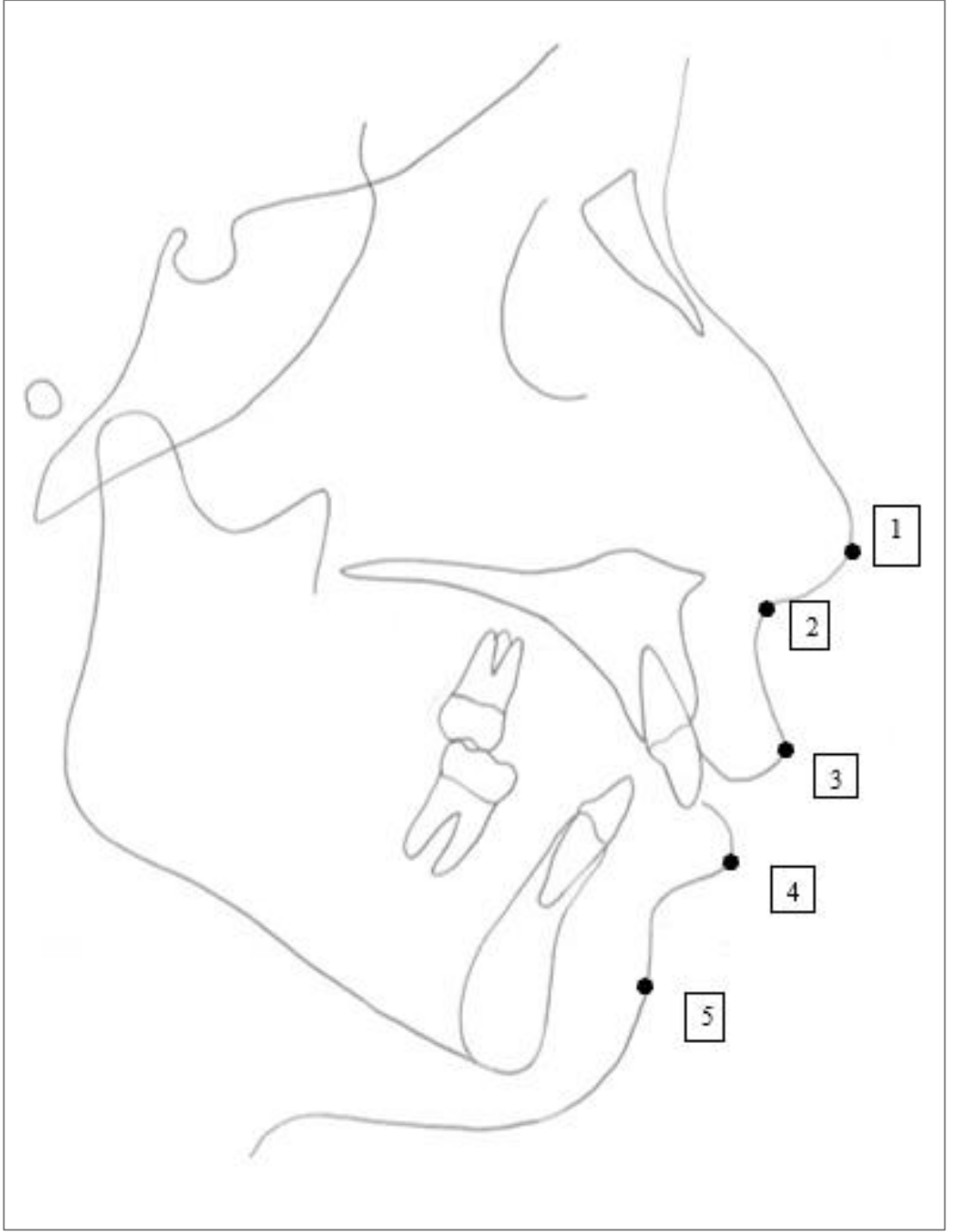
1. Sella: Sella Turcica'nın geometrik orta noktası.
2. Nasion: Frontal ve Nasal kemiği birleştiren suturun en ön ve en derin noktası.
3. Porion: Dış kulak yolunun en üst noktası.
4. Orbitale: Göz çukurunun alt kenarının en derin noktası.
5. Artikulare: Kafa kaidesinin alt sınırı ile alt çene kemiğinin arka duvarının kesişim noktası.
6. A Noktası: Üst çene kemiğinin anterior nazal spina altında kalan en derin noktasıdır.
7. Gonion: Alt çene kemiğinin arka ve alt kenarlarını birleştiren doğruların kesişim noktasının açıortayının izdüşümü
8. B Noktası: Alt çene kemiğinin ön tarafındaki en derin nokta
9. Menton: Alt çene kemiğinin simfiz bölgesinin en alt noktası
10. Gnation: Alt çene kemiğinin en ön ve en alt noktası

3.5.2. Dişsel Noktalar (Şekil 3.2)

1. Üst Keser Apeks: Üst birinci kesici dişin kök ucu noktası
2. Üst Keser İnsizal: Üst birinci kesici dişin kesici kenarı
3. Alt Keser İnsizal: Alt birinci kesici dişin kesici kenarı
4. Alt Keser Apeks: Alt birinci kesici dişin kök ucu noktası
5. Üst birinci büyük azı dişinin mesiobukkal tüberkülü
6. Alt birinci büyük azı dişinin mesiobukkal tüberkülü



Şekil 3.2. Dişsel noktalar.



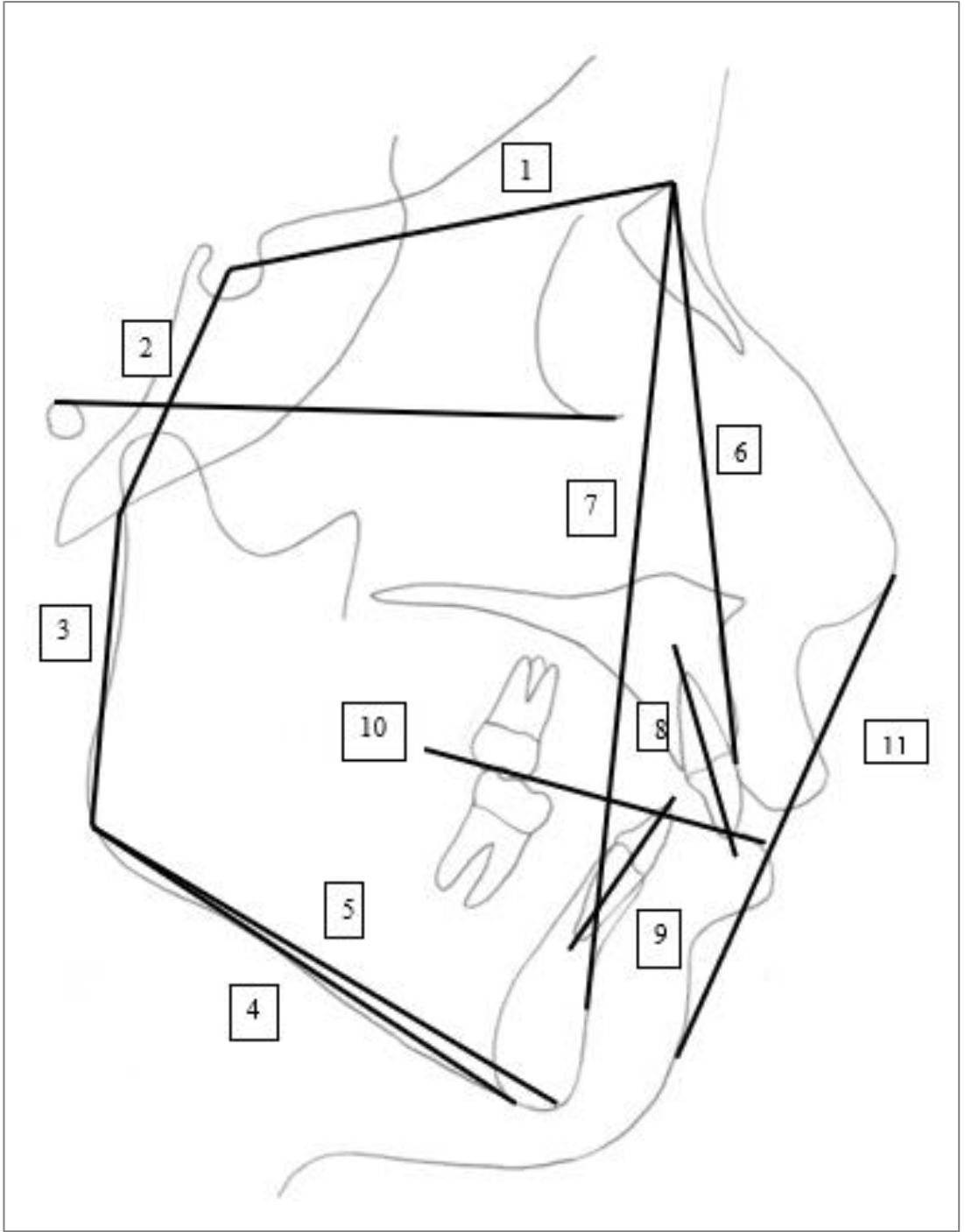
Şekil 3.3. Yumuşak doku noktaları.

3.5.3. Yumuşak Doku Noktaları (Şekil 3.3)

1. Pronasale: Burnun sagittal yönde en ön noktası.
2. Subnasale: Burunun alt kenarının dudağın üst sınırı ile birleştiği nokta
3. Labium Superior: Üst dudağın en ön noktası
4. Labium Inferior: Alt dudağın en ön noktası
5. Yumuşak doku pogonion: Alt çene yumuşak dokusunun sagittal yönde en ön noktası

3.5.4. Doğru ve Düzlemler (Şekil 3.4)

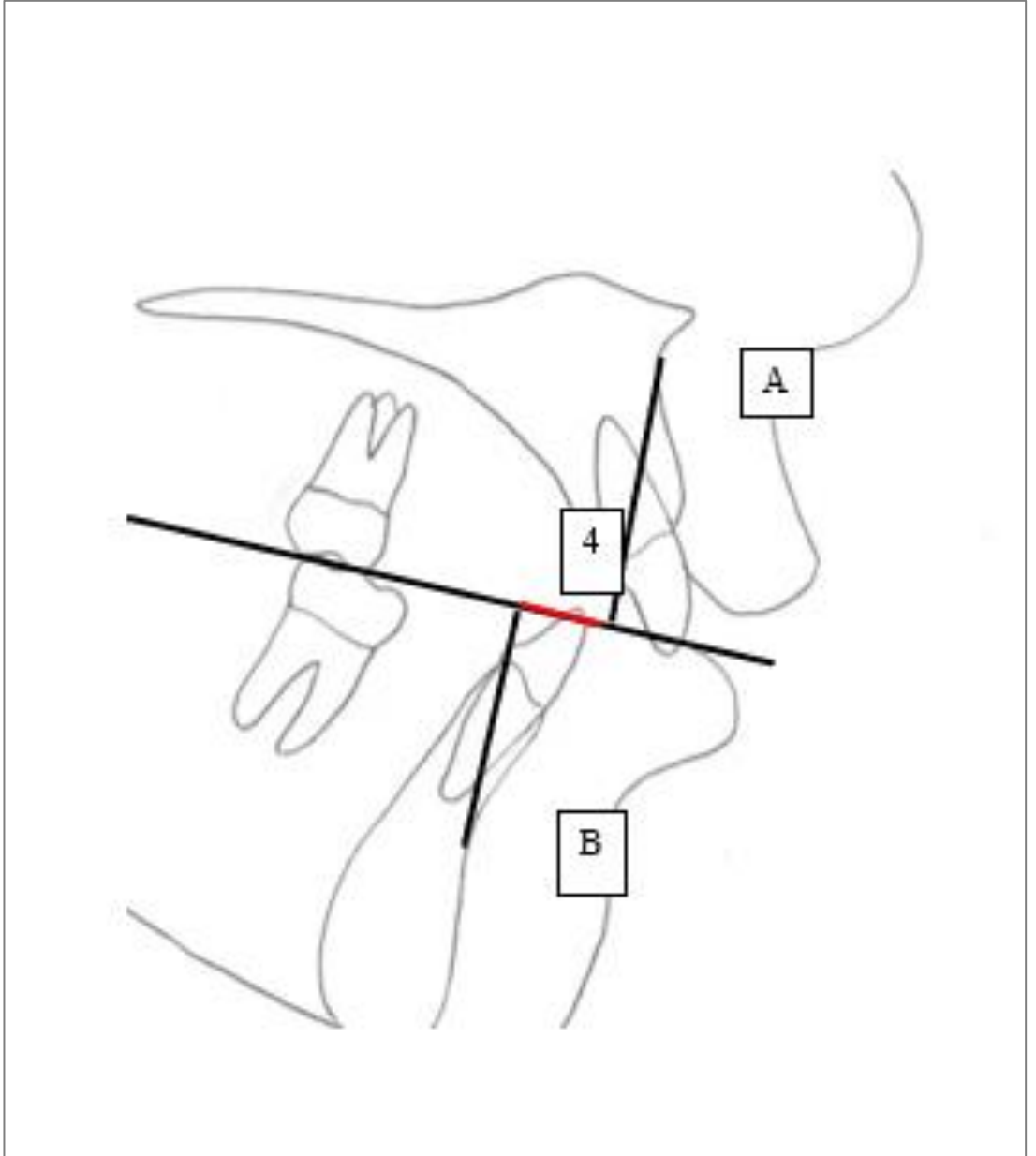
1. S-N: Sella ile Nasion noktaları arasındaki düzlemdir
2. S-Ar: Sella ile Artikulare noktaları arasındaki doğrudur
3. Ar-Go: Artikulare ile Gonion noktaları arasındaki doğrudur.
4. Go-Me: Gonion ile Menton noktaları arasındaki doğrudur
5. Go-Gn: Gonion ile Gnathion noktaları arasındaki doğrudur.
6. NA: Nasion ile A noktası arasındaki doğrudur.
7. NB: Nasion ile B noktası arasındaki doğrudur.
8. Üst Keser Uzun Aksı: Üst birinci keser dişin insizal noktası ile apeks noktasını birleştiren doğrudur.
9. Alt Keser Uzun Aksı: Alt birinci keser dişin insizal noktası ile apeks noktasını birleştiren doğrudur.
10. Oklüzal Düzlem: Alt ve üst 1. molar dişlerin mesiobukkal tüberkül tepelerinin ve alt ve üst santral kesici dişlerin kesici kenarlarının uç noktalarının orta noktalarından geçen düzlemdir.
11. E Düzlemi: Pronasale ile yumuşak doku pogonion arasındaki doğrunun oluşturduğu düzlemdir



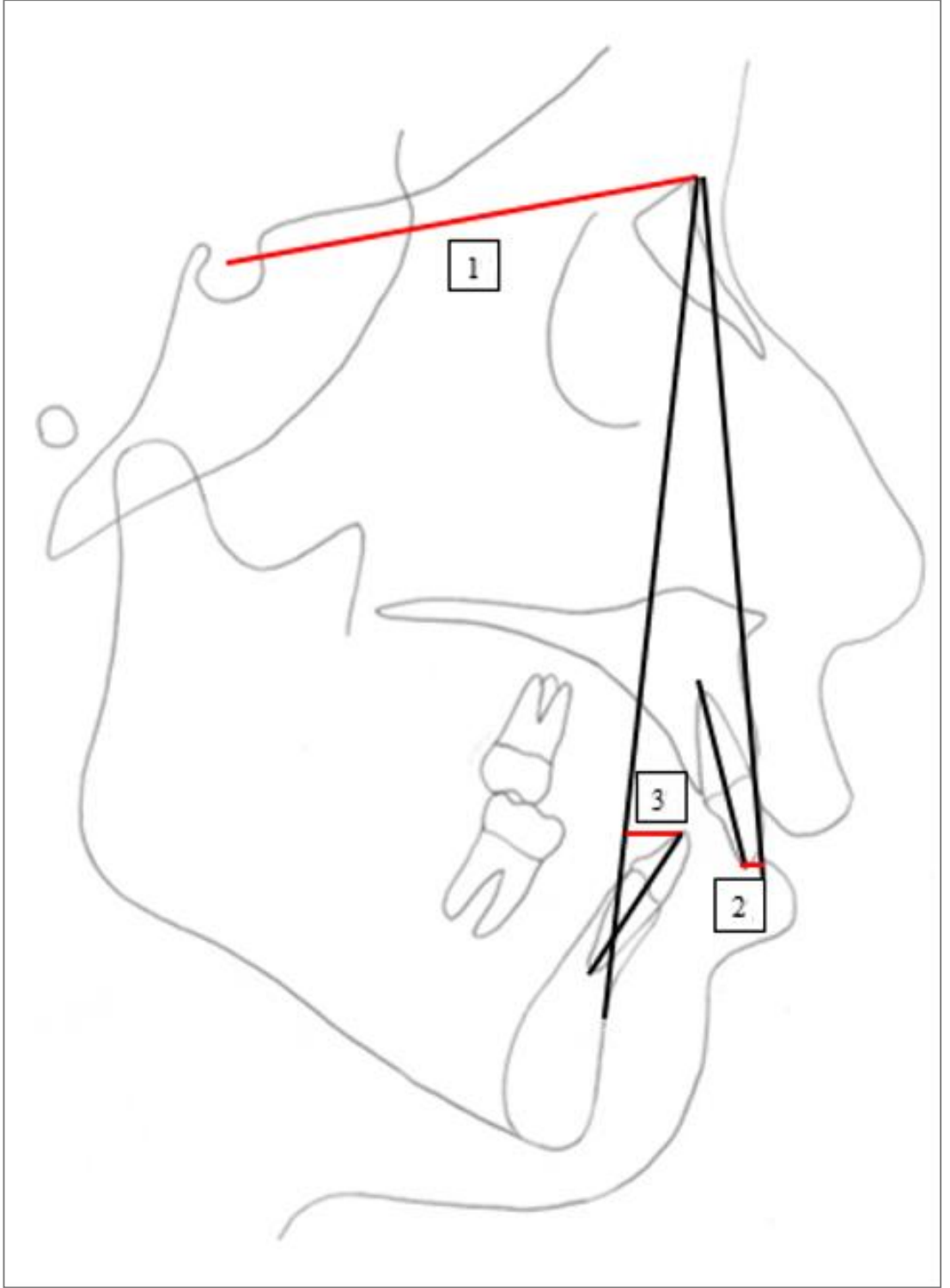
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan doğru ve düzlemler.

3.5.5. Sert Dokulara Ait Boyutsal Ölçümler (Şekil 3.5 ve 3.6)

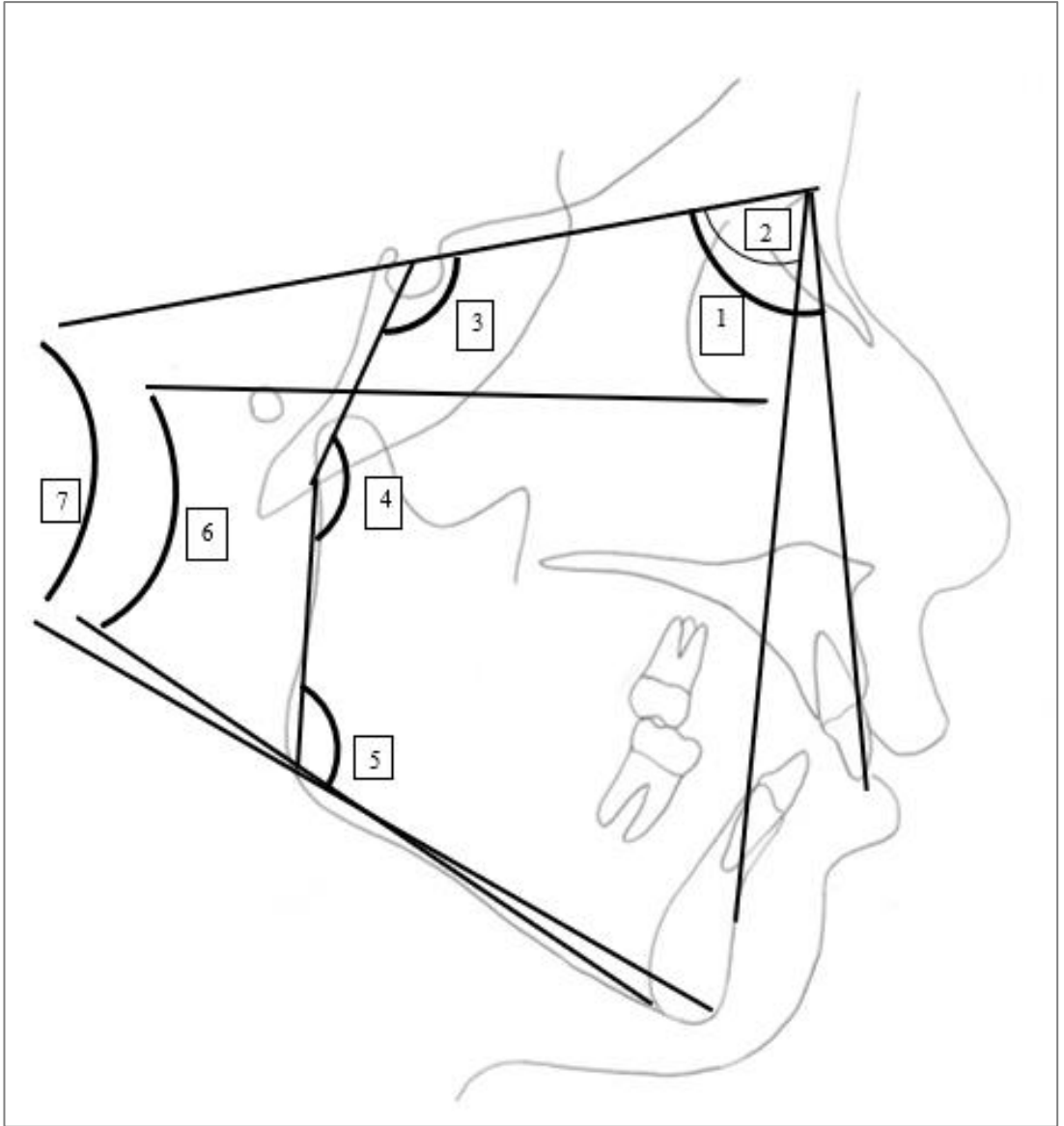
1. S-N: Sella ile Nasion noktaları arasındaki mesafe
2. U1-NA Uzaklığı: Üst birinci keser dişin kronunun sagittal yönde en ön noktasının N-A doğrusuna olan mesafesi
3. L1-NB Uzaklığı: Alt birinci keser dişin kronunun sagittal yönde en ön noktasının N-B doğrusuna olan mesafesi
4. Witts: Oklüzal düzleme A ve B noktalarından indirilen dikmeler arasındaki mesafe



Şekil 3.5. Witts ölçümü.



Şekil 3.6. Sert dokulara ait boyutsal ölçümler.



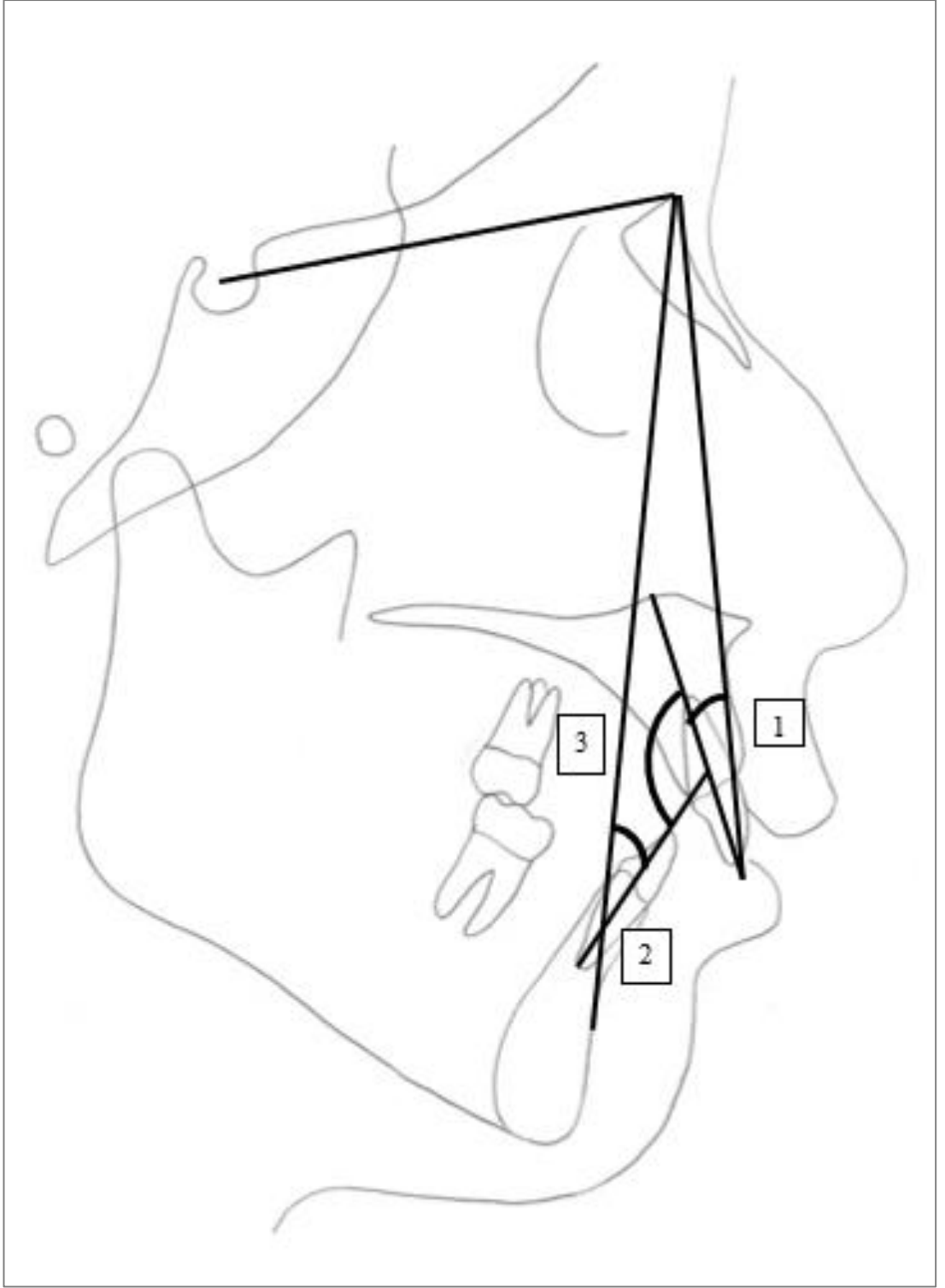
Şekil 3.7. İskeletsel açısal ölçümler.

3.5.6. İskeletsel Açısal Ölçümler (Şekil 3.7)

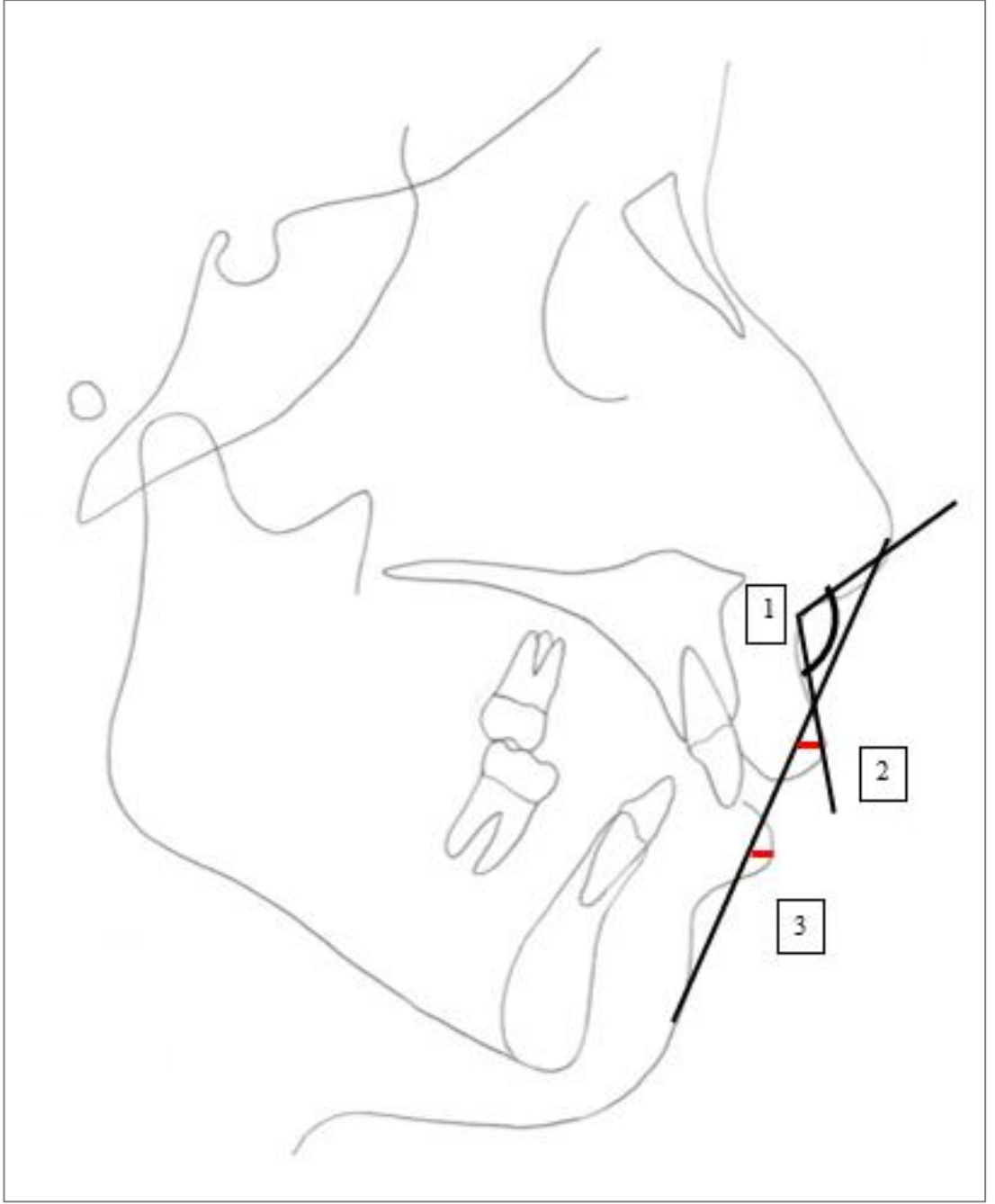
1. SNA: Sella-Nasion doğrusu ile Nasion-A noktaları arasındaki doğru arasında oluşan açı
2. SNB: Sella-Nasion doğrusu ile Nasion-B noktaları arasındaki doğru arasında oluşan açı
3. Saddle Açısı: Sella, Nasion ve Artikulare noktaları arasında oluşan açı.
4. Artiküler Açısı: Sella, Artikulare ve Gonion noktaları arasında oluşan açı.
5. Gonial Açısı: Artikulare, Gonion ve Menton noktaları arasında oluşan açı
6. FMA Açısı: Porion-Orbitale doğrusu ile Gonion-Menton doğrusu arasında oluşan açı
7. GoGn/SN Açısı: Sella-Nasion doğrusu ile Gonion-Gnation doğrusu arasında oluşan açı

3.5.7. Dişsel Açısal Ölçümler (Şekil 3.8)

1. U1/NA açısı: Üst birinci kesici dişin uzun eksenini ile N-A doğrusu arasındaki açı
2. L1/NB açısı: Alt birinci kesici dişin uzun eksenini ile N-B doğrusu arasındaki açı
3. İnerinsizal Açısı: Üst birinci kesici dişin uzun eksenini ile Alt birinci kesici dişin uzun eksenini arasında kalan açı



Şekil 3.8. Dişsel açısal ölçümler.



Şekil 3.9. Yumuşak dokuya ait ölçümler.

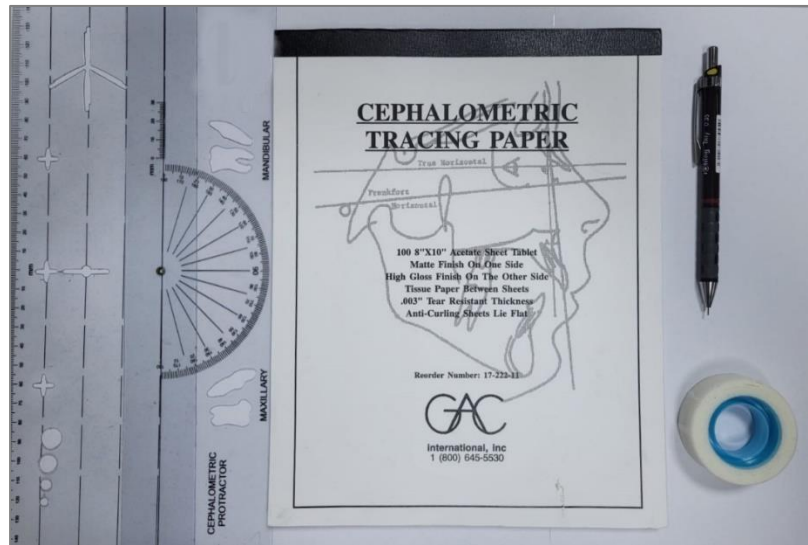
3.5.8. Yumuşak Dokuya Ait Ölçümler (Şekil 3.9)

1. Nasolabial Açığı: Pronasale, Subnasale ve Labium Superior noktaları arasında kalan açıdır.
2. Ls-E çizgisi uzaklığı: Labium Superior noktasının E düzlemine olan mesafesidir.
3. Li-E çizgisi uzaklığı: Labium Inferior noktasının E düzlemine olan mesafesidir.

3.6. Çalışmada Kullanılan Sefalometrik Analiz Yöntemleri

3.6.1. Geleneksel (Manuel) Analiz Yöntemi

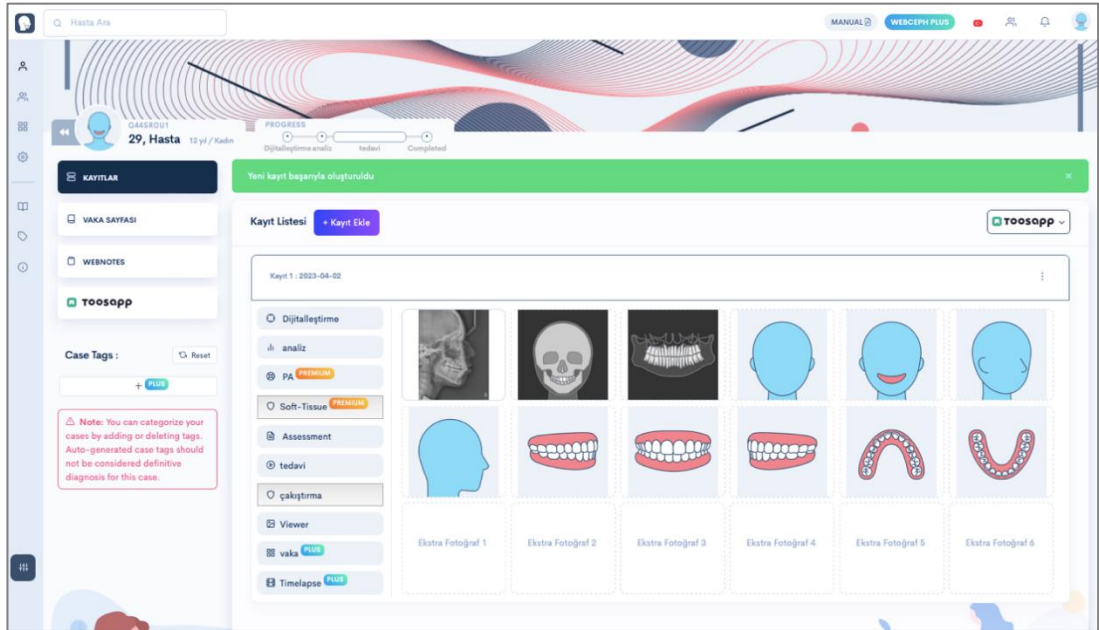
Radyografik baskı cihazıyla elde edilen filmler üzerine ortodontik analiz için özel olarak üretilmiş 0.003 inch kalınlığında 8''x10'' inch boyutlarında transparan asetat kağıdı (GAC International Inc. Bohemia, NY, USA) yine transparan bantla sabitlenmiştir (Resim 3.1). Sonrasında film karanlık çizim odasında negatoskop üzerine yerleştirilerek 0.3 mm kalınlığa sahip Rotring çizim kalemi ile sert ve yumuşak doku çizimleri yapılarak araştırmada kullanılacak anatomik noktalar dikkatlice işaretlenmiştir (Resim 3.2). İşaretlenen noktalar protraktör aracılığıyla birleştirilerek çalışmada kullanılacak doğrular elde edilmiştir. Yine prokraktör yardımıyla ilgili açısal ve doğrusal ölçümler yapılmıştır.



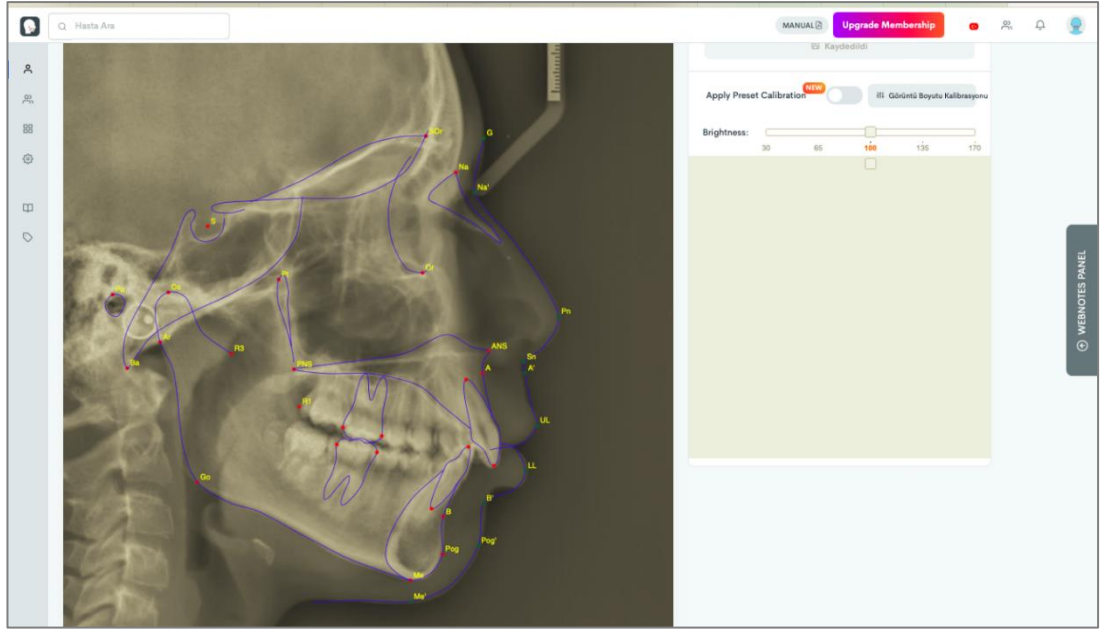
Resim 3.1. Manuel sefalometrik analiz yöntemi için kullanılan malzemeler.

3.6.2. Yapay Zeka Destekli Sefalometrik Analiz Yöntemi

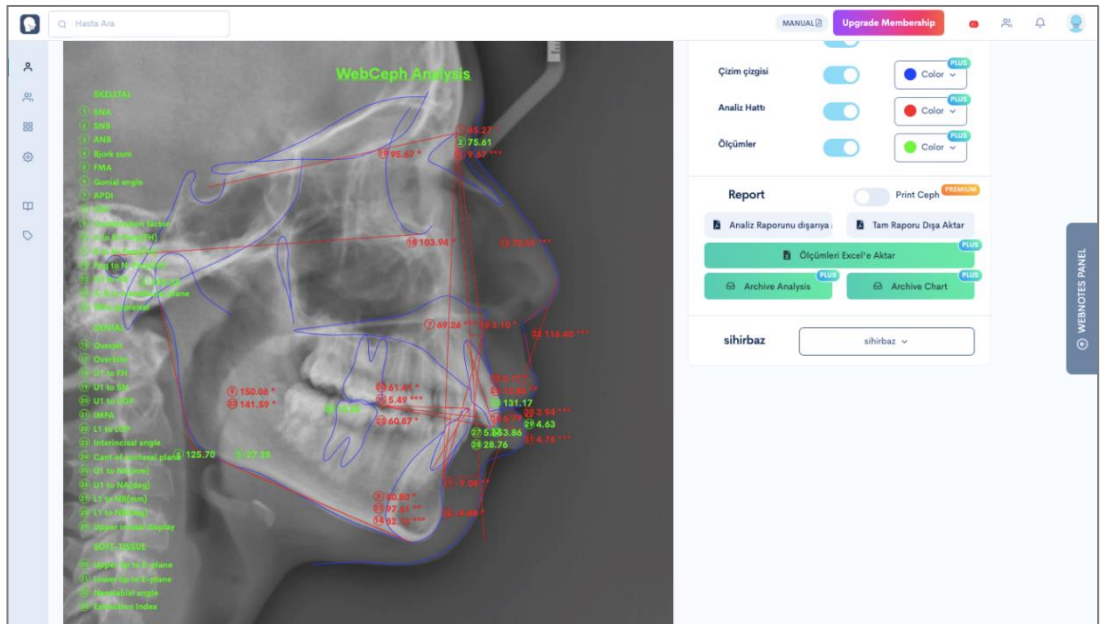
Dijital olarak elde edilen radyografik görüntüler ‘JPEG’ formatında MacBook Air 2017 bilgisayara kaydedilmiştir. www.webceph.com sitesine girilerek üye olunmasının akabinde radyografik görüntüler yine ‘JPEG’ formatında anonim bir isimle programa yüklenmiştir (Resim 3.3). İlgili siteye yükleme tamamlandıktan sonra ‘Yapay zeka dijitalleştirilmesi’ sekmesi tıklanarak programın anatomik noktaları otomatik olarak belirlemesi sağlanmıştır (Resim 3.4). Belirlenen noktalar ‘kayıt etmek’ sekmesi tıklanarak kayıt edilmiştir. Sonrasında ‘Analiz’ sekmesi tıklanarak analiz listesi açılmış ve sırasıyla ‘WebCeph analizi’ ‘Steiner Analizi’ ‘Björk Analizi’ ‘Jarabak Analizi’ ‘Witts Analizi’ ‘Tweed Analizi’ ve ‘McNamara Analizi’ yapılarak (Resim 3.5) çalışmamızda kullanılacak parametrelere ait değerler Microsoft Excel programında hazırlanan tabloya aktarılmıştır.



Resim 3.3. WebCeph programı hasta kayıt ve radyografi yükleme ekranı.



Resim 3.4. WebCeph programı otomatik anatomik referans noktası tespiti.

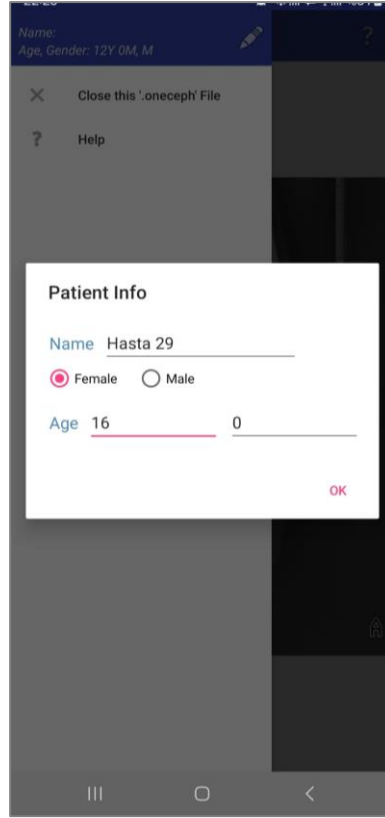


Resim 3.5. WebCeph programı analiz sonuç ekranı.

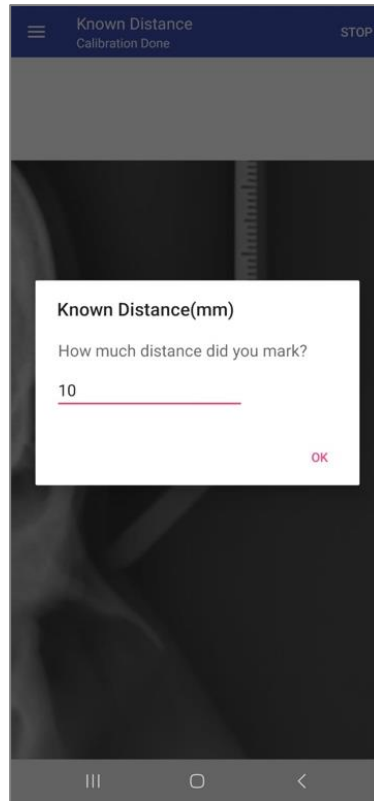
3.6.3. Uygulama Destekli Sefalometrik Analiz Yöntemi

OneCeph uygulaması Dr. Pavan Kumar tarafından geliştirilen Google Play Store uygulama marketinden ücretsiz olarak indirilen sefalometrik analiz programıdır. OneCeph uygulaması analiz yaparken hatayı en aza indirebilmek için uygulayıcıya yakınlaştırma, uzaklaştırma, noktayı hareket ve yeniden yerleştirmeye imkan veren bir uygulamadır. Uygulamayı kullanmak için bir masaüstü bilgisayara ve internet bağlantısına ihtiyaç duyulmaması en önemli avantajıdır. Bu sayede kısıtlı imkanlara sahip olunan kırsal bölgelerde de sefalometrik analiz yapılmasına imkan tanır. Ayrıca yapılan analizleri kendi bünyesinde kayıt ederek ekstra bir depolama ihtiyacını da ortadan kaldırır. İlave gereçlere ihtiyaç duymayan pratik ve kullanışlı arayüze sahip olan uygulama konsültasyon ihtiyacı duyulması halinde internet üzerinden paylaşım yapmaya da imkan tanımaktadır (80).

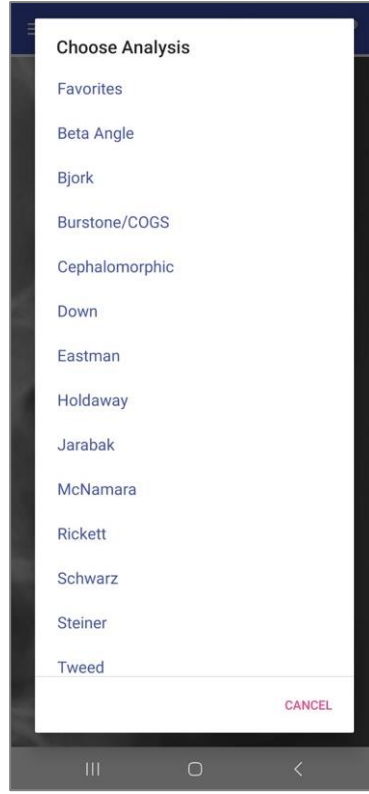
Akıllı telefon üzerinde yapılan analizlerde ekranı büyük ve çözünürlüğü yüksek telefon kullanılması analizin doğruluğuna direkt katkıda bulunan bir faktördür (65). Bu nedenle çalışmamızda dijital olarak elde edilen radyografik görüntüler ‘JPEG’ formatında 5.7 inch ekran büyüklüğüne sahip Samsung Galaxy Note FE telefona 1250x1592 piksel çözünürlükte kaydedilmiştir. Google Play Store’a girilerek OneCeph uygulaması ücretsiz bir şekilde ilgili telefona indirilmiştir. Programa girilip telefonun galerisinden kaydedilen radyografik görüntü seçilerek anonim isimle programa kaydedilmiştir (Resim 3.6). Sonrasında program üzerinde kalibrasyon yapılarak (Resim 3.7) sırasıyla Steiner Analizi’nden SNA, SNB, ANB, GoGn/SN, U1/NA Açısı, U1-NA Uzaklık, L1/NB Açısı, L1-NB Uzaklık, İnterinsizal Açısı ölçümleri, Björk-Jarabak Analizi’nden Saddle Açısı, Artiküler Açısı, Gonial Açısı ve Posterior Açılar Toplamı (SUM), Tweed Analizi’nden FMA Açısı ve IMPA Açısı, Witts Analizi’nden Witts Ölçümü, McNamara Analizi’nden Nasolabial Açısı, Ricketts Analizi’nden Ls-E çizgisi ve Li-E çizgisi uzaklığı mesafeleri favoriler kısmına eklenerek analizler şablonu oluşturulmuştur (Resim 3.8). Oluşturulan şablonda ilgili parametrelere ait anatomik referans noktaları işaretlenerek (Resim 3.9) analiz tamamlanmış (Resim 3.10) ve çalışmamızda kullanılacak parametrelere ait değerler Microsoft Excel programında hazırlanan tabloya aktarılmıştır.



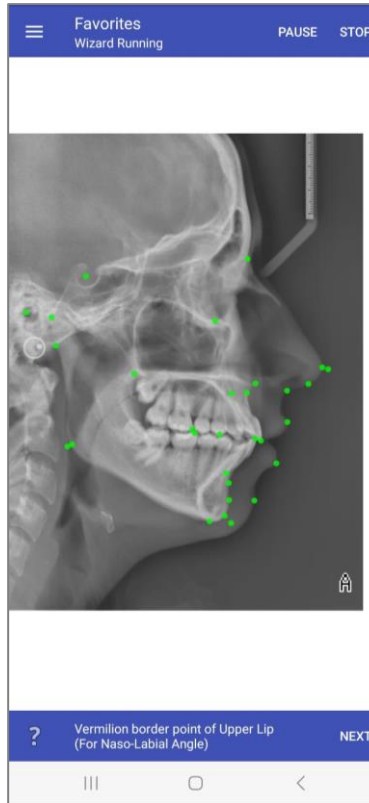
Resim 3.6. OneCeph Uygulaması hasta kayıt ekranı.



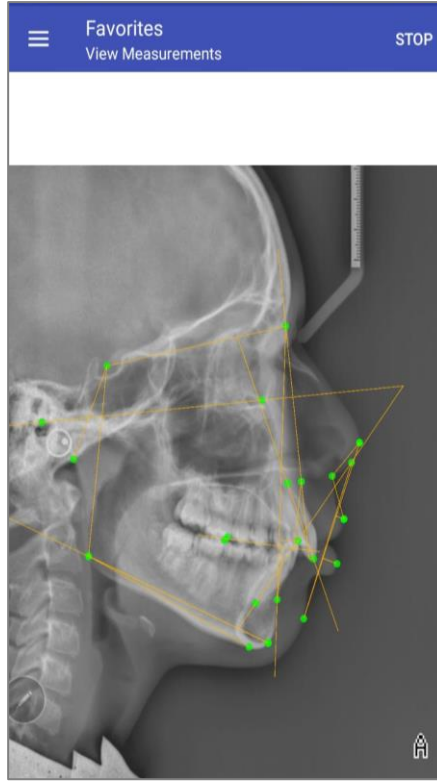
Resim 3.7. OneCeph uygulaması kalibrasyon ekranı.



Resim 3.8. OneCeph uygulaması analiz seçim ekranı.



Resim 3.9. OneCeph uygulaması anatomik referans noktaları işaretleme ekranı.



Resim 3.10. OneCeph uygulaması analiz sonuç ekranı.

3.7. İstatistik Yöntem

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS 22 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Versiyon 22.0. Armonk, NY: USA) paket programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Ölçüm yöntemleri arasındaki uyuma ICC (Inter Class Correlation) yöntemi ile bakılmıştır. Gözlemci güvenilirliği için 1 ay sonra rastgele seçilen 30 vaka için ölçümler tekrarlanmış ve gözlemci güvenilirliği ICC (IntraClass Correlation) yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Anlamlılık seviyesi olarak 0.05 kullanılmış olup $p < 0.05$ olması durumunda anlamlı uyumun olduğu, $p > 0.05$ olması durumunda ise anlamlı uyumun olmadığı belirtilmiştir.

İskeletsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler Tablo 3.1 de, dişsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler Tablo 3.2 de ve yumuşak doku ölçümlerine ait tanıtıcı istatistikler Tablo 3.3 te verilmiştir

Tablo 3.1. İskeletsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler.

İskeletsel Ölçümler	n	Ortalama	Medyan	En Küçük	En Büyük	Standart Sapma
SN-Man (mm)	110	65.74	65.00	59.00	75.00	3.82
SN-Web (mm)	110	70.45	70.53	62.66	76.56	2.57
SN-One (mm)	110	65.69	65.55	57.90	77.20	3.95
SNA-Man (°)	110	79.95	80.00	72.00	86.00	3.07
SNA-Web (°)	110	81.60	81.87	72.85	87.92	2.92
SNA-One (°)	110	80.63	80.90	71.40	91.00	3.66
SNB-Man (°)	110	77.10	77.00	68.00	86.00	3.55
SNB-Web (°)	110	77.48	77.98	69.28	86.48	3.15
SNB-One (°)	110	77.76	77.55	68.50	87.80	3.78
ANB-Man (°)	110	2.85	3.00	-4.00	8.00	2.54
ANB-Web (°)	110	4.13	4.08	-1.75	10.47	2.52
ANB-One (°)	110	2.85	2.95	-5.70	9.80	2.95
Witts-Man (mm)	110	1.86	1.00	-6.00	12.00	3.65
Witts-Web (mm)	110	2.15	2.24	-6.27	10.95	3.60
Witts-One (mm)	110	0.98	1.00	-8.50	13.70	3.96
GoGn/SN-Man (°)	110	31.15	31.00	19.00	45.00	5.74
GOGn/SN-Web (°)	110	30.66	30.34	18.41	43.23	5.20
GOGn/SN-One (°)	110	31.53	31.55	20.90	45.10	5.68
FMA-Man (°)	110	26.07	26.00	14.00	40.00	5.21
FMA-Web (°)	110	24.31	24.43	12.52	36.41	5.29
FMA-One (°)	110	22.87	22.65	9.90	34.90	5.77
Sadd-Man (°)	110	126.02	126.00	115.00	140.00	5.24
Sadd-Web (°)	110	123.50	123.67	111.44	134.81	4.98
Sadd-One (°)	110	123.30	123.30	110.50	138.20	5.37
Gon-Man (°)	110	127.58	128.00	115.00	144.00	6.13
Gon-Web (°)	110	122.00	121.67	109.37	136.65	5.67
Gon-One (°)	110	126.52	126.55	113.70	139.20	5.67
Art-Man (°)	110	141.68	141.75	127.00	156.00	6.23
Art-Web (°)	110	147.03	146.32	132.30	166.86	6.35
Art-One (°)	110	144.17	144.90	130.70	161.30	6.17
SUM-Man (°)	110	394.34	394.50	278.00	414.00	13.03
SUM-Web (°)	110	392.57	392.29	378.07	406.09	5.71
SUM-One (°)	110	393.98	393.65	378.90	406.90	5.80

* n=110, ManManuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı

Tablo 3.2. Dişsel ölçümlere ait tanıtıcı istatistikler.

Dişsel Ölçümler	n	Ortalama	Medyan	En Küçük	En Büyük	Standart Sapma
U1/NA (°) Man	110	25.12	25.00	2.00	51.00	8.04
U1/NA (°) Web	110	21.82	21.67	-3.00	42.54	9.29
U1/NA (°) One	110	22.68	23.50	-5.40	50.60	8.67
U1-NA (mm) Man	110	5.00	5.00	-3.00	11.00	2.62
U1-NA (mm) Web	110	3.93	3.52	0.04	9.48	2.55
U1-NA (mm) One	110	4.95	4.80	-4.50	15.50	3.14
L1/NB (°) Man	110	28.23	28.50	4.00	51.00	7.58
L1/NB (°) Web	110	24.96	24.47	3.39	46.29	6.55
L1/NB (°) One	110	26.14	26.15	0.70	48.50	7.66
L1-NB (mm) Man	110	5.26	5.00	-2.00	12.00	2.60
L1-NB (mm) Web	110	5.53	5.25	0.69	12.67	2.52
L1-NB (mm) One	110	5.15	5.10	-2.00	11.10	2.71
IMPA (°) Man	110	97.27	98.00	78.00	121.00	7.74
IMPA (°) Web	110	94.90	95.54	78.20	113.97	7.23
IMPA (°) One	110	98.65	98.60	75.50	119.00	8.24
İnterins (°) Man	110	123.85	122.00	83.00	168.00	12.65
İnterins (°) Web	110	129.09	128.93	91.54	161.75	11.26
İnterins (°) One	110	128.32	126.80	86.60	171.50	13.03

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı

Tablo 3.3. Yumuşak doku ölçümlerine ait tanıtıcı istatistikler.

Yumuşak doku Ölçümleri	n	Ortalama	Medyan	En Küçük	En Büyük	Standart Sapma
Ls-E (mm) Man	110	-2.36	-2.00	-11.50	5.00	2.98
Ls-E (mm) Web	110	-2.24	-2.20	-10.71	3.92	3.03
Ls-E (mm) One	110	-2.79	-2.80	-10.50	3.30	2.80
Li-E (mm) Man	110	-0.10	0.00	-7.50	7.00	3.28
Li-E (mm) Web	110	-0.83	-1.10	-8.05	8.34	3.28
Li-E (mm) One	110	-0.55	-0.50	-9.10	6.40	3.11
NL (°) Man	110	116.28	118.00	0.00	140.00	14.96
NL (°) Web	110	101.83	103.10	69.67	135.73	15.03
NL (°) One	110	116.47	117.05	84.10	134.50	10.01

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı

4. BULGULAR

4.1. Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi

4.1.1. İskeletsel Sagittal Yön Parametrelerine Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi

SN Ölçümleri Açısından (Tablo 4.1)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.962) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.988) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.956) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

SNA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.1)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.871) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.99) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.945) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

SNB Ölçümleri Açısından (Tablo 4.1)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.92) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.997) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.958) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

ANB Ölçümleri Açısından (Tablo 4.1)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.928) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.994) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.88) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Witts Ölçümleri Açısından (Tablo 4.1)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.834) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=1) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.946) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Tablo 4.1. İskeletsel sagittal yön parametrelerine ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.

İskeletsel Sagittal Yön Parametreler		Gözlemci İçi Korelasyon Katsayısı				
		Gözlemci İçi Korelasyon	95% Güven Aralığı		P	
			Alt Sınır	Üst Sınır		
1	SN-Man (mm)	SNMan1-SNMan2	0.962	.919	.982	.000
2	SN-Web (mm)	SNWeb1-SNWeb2	0.988	.975	.994	.000
3	SN-One (mm)	SNOne1-SNOne2	0.956	.908	.979	.000
1	SNA-Man (°)	SNAMan1-SNAMan2	0.871	.731	.938	.000
2	SNA-Web (°)	SNAWeb1-SNAWeb2	0.99	.979	.995	.000
3	SNA-One (°)	SNAOne1-SNAOne2	0.945	.876	.975	.000
1	SNB-Man (°)	SNBMan1-SNBMan2	0.92	.834	.962	.000
2	SNB-Web (°)	SNBWeb1-SNBWeb2	0.997	.993	.998	.000
3	SNB-One (°)	SNBOne1-SNBOne2	0.958	.912	.980	.000
1	ANB-Man (°)	ANBMan1-ANBMan2	0.928	.848	.966	.000
2	ANB-Web (°)	ANBWeb1-ANBWeb2	0.994	.987	.997	.000
3	ANB-One (°)	ANBOne1-ANBOne2	0.88	.728	.945	.000
1	Witts-Man (mm)	WittsMan1-WittsMan2	0.834	.493	.933	.000
2	Witts-Web (mm)	WittsWeb1-WittsWeb2	1	.999	1.000	.000
3	Witts-One (mm)	WittsOne1-WittsOne2	0.946	.885	.974	.000

* n=30, Man= Manuel analiz yöntemi, Web= WebCeph sefalometrik analiz programı, One= OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.1.2. İskeletsel Vertikal Yön Parametrelerine ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi

GoGn/SN Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.964) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.994) görülmektedir. (p<0.05)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.978) görülmektedir. (p<0.05)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

FMA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.674) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.987) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.851) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Saddle Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.935) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=1) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.945) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Gonial Açı Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.906) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.97) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.971) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Artiküler Açık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.946) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.984) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.955) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Posterior Açılar Toplamı (SUM) Ölçümleri Açısından (Tablo 4.2)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.909) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.991) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.978) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Tablo 4.2. İskeletsel vertikal yön parametrelerine ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.

İskeletsel Vertikal Yön Parametreler		Gözlemci İçi Korelasyon Katsayısı				
		Gözlemci İçi Korelasyon	95% Güven Aralığı			P
			Alt Sınır	Üst Sınır		
1	GoGn/SN-Man (°)	GoGn/SNMan1-GoGn/SNMan2	0.964	.925	.983	.000
2	GoGn/SN-Web (°)	GoGn/SNWeb1-GoGnSNWeb2	0.994	.987	.997	.000
3	GoGn/SN-One (°)	GoGn/SNOne1-GoGn/SNOne2	0.978	.953	.990	.000
1	FMA-Man (°)	FMAMan1-FMAMan2	0.674	.307	.845	.002
2	FMA -Web (°)	FMAWeb1-FMAWeb2	0.987	.974	.994	.000
3	FMA-One (°)	FMAOne1-FMAOne2	0.851	.688	.929	.000
1	Saddle-Man (°)	SaddleMan1-SaddMan2	0.935	.864	.969	.000
2	Saddle-Web (°)	SaddleWeb1-SaddWeb2	1	.999	1.000	.000
3	Saddle-One (°)	SaddleOne1-SaddleOne2	0.945	.884	.974	.000
1	Gonial-Man (°)	GonialMan1-GonMan2	0.906	.804	.955	.000
2	Gonial-Web (°)	GonialWeb1-GonWeb2	0.97	.938	.986	.000
3	Gonial-Onel (°)	GonialOne1-GonOne2	0.971	.939	.986	.000
1	Artikuler-Man (°)	ArtikulerMan1-ArtMan2	0.946	.866	.976	.000
2	Artikuler-Web (°)	ArtikulerWeb1-ArtWeb2	0.984	.966	.992	.000
3	Artikuler-One (°)	ArtikulerOne1-ArtOne2	0.955	.905	.979	.000
1	SUM-Man (°)	SUMMan1-SUMMan2	0.909	.808	.957	.000
2	SUM-Web (°)	SUMWeb1-SUMWeb2	0.991	.982	.996	.000
3	SUM-One (°)	SUMOne1-SUMOne2	0.978	0.954	0.989	.000

* n=30, Man= Manuel analiz yöntemi, Web= WebCeph sefalometrik analiz programı, One= OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.1.3. Dişsel Parametrelere Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi

U1/NA Açık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.945) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.993) görülmektedir. (p<0.05)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.968) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

U1-NA Uzaklık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.955) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.997) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.924) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

L1/NB Açı Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.964) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.993) görülmektedir. ($p<0.05$)

Oneceph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.972) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

L1-NB Uzaklık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.94) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.994) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.986) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

IMPA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.975) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.998) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.9) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Interinsizal Açık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.3)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.968) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.99) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.971) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Tablo 4.3. Dişsel parametrelere ait ölçümlerin gözlemci içi korelasyon tablosu.

Dişsel Parametreler		Gözlemci İçi Korelasyon Katsayısı				
		Gözlemci İçi Korelasyon	95% Güven Aralığı		P	
			Alt Sınır	Üst Sınır		
1	U1/NA-Man (°)	U1/NAMan1-U1/NAMan2	0.945	0.885	0.974	.000
2	U1/NA- Web (°)	U1/NAWeb1-U1/NAWeb2	0.993	0.984	0.996	.000
3	U1/NA -One (°)	U1/NAOne1-U1/NAOne2	0.968	0.934	0.985	.000
1	U1-NA -Man (mm)	U1-NAMan1-U1-NAMan2	0.955	0.905	0.978	.000
2	U1-NA -Web (mm)	U1-NAWeb1-U1-NAWeb2	0.997	0.993	0.998	.000
3	U1-NA -One (mm)	U1-NAOne1-U1-NAOne2	0.924	0.825	0.966	.000
1	L1/NB -Man (°)	L1/NBMan1-L1/NBMan2	0.964	0.926	0.983	.000
2	L1/NB -Web (°)	L1/NBWeb1-L1/NBWeb2	0.993	0.985	0.997	.000
3	L1/NB -One (°)	L1/NBOne1-L1/NBOne2	0.972	0.941	0.987	.000
1	L1-NB -Man (mm)	L1-NBMan1-L1-NBMan2	0.94	0.873	0.971	.000
2	L1-NB -Web (mm)	L1-NBWeb1-L1-NBWeb2	0.994	0.988	0.997	.000
3	L1-NB -One (mm)	L1-NBOne1-L1-NBOne2	0.986	0.971	0.994	.000
1	IMPA-Man (°)	IMPAMan1-IMPAMan2	0.975	0.947	0.988	.000
2	IMPA-Web (°)	IMPAMan1-IMPAMan2	0.998	0.995	0.999	.000
3	IMPA-One (°)	IMPAMan1-IMPAMan2	0.90	0.803	0.955	.000
1	İnterinsizal-Man (°)	INTERİNSMan1-INTERİNSMan2	0.968	0.933	0.985	.000
2	İnterinsizal-Web (°)	INTERİNSWeb1-INTERİNSWeb2	0.99	0.978	0.995	.000
3	İnterinsizal-One (°)	INTERİNSOne1-INTERİNSOne2	0.971	0.939	0.986	.000

* n=30, Man= Manuel analiz yöntemi, Web= WebCeph sefalometrik analiz programı, One= OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.1.4. Yumuşak Doku Parametrelerine Ait Ölçümlerin Gözlemci İçi Güvenirliğinin Değerlendirilmesi

Ls-E Çizgisi Ölçümleri Açısından (Tablo 4.4)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.983) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=1) görülmektedir. (p<0.05)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.993) görülmektedir. (p<0.05)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Li-E Çizgisi Ölçümleri Açısından (Tablo 4.4)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.98) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.994) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.993) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Nazolabial Açı (NL) Ölçümleri Açısından (Tablo 4.4)

Manuel birinci ve ikinci ölçümleri arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.887) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.997) görülmektedir. ($p<0.05$)

OneCeph birinci ve ikinci ölçümleri arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.87) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gözlemci iki ölçümde de uyumlu ölçümler yapmış denebilir.

Tablo 4.4. Yumuşak doku parametrelerine ait gözlemci içi korelasyon tablosu.

Yumuşak Doku Parametreler			Gözlemci İçi Korelasyon Katsayısı			
			Gözlemci İçi Korelasyon	95% Güven Aralığı		p
				Alt Sınır	Üst Sınır	
1	Ls-E Man (mm)	Ls-E Man1-Ls-E Man2	0.983	0.963	0.992	.000
2	Ls-E Web (mm)	Ls-E Web1-Ls-E Web2	1	0.999	1.000	.000
3	Ls-E One (mm)	Ls-E One1-Ls-E One2	0.993	0.985	0.997	.000
1	Li-E Man (mm)	Li-E Man1-Li-E Man2	0.98	0.955	0.991	.000
2	Li-E Web (mm)	Li-E Web1-Li-E Web2	0.994	0.988	0.997	.000
3	Li-E One (mm)	Li-E One1-Li-E One2	0.993	0.985	0.996	.000
1	NLMan (°)	NL Man1-NL Man2	0.887	0.761	0.946	.000
2	NLWeb (°)	NL Web1-NL Web2	0.997	0.994	0.999	.000
3	Nl One (°)	NL One1-NL One2	0.87	0.727	0.938	.000

* n=30, Man= Manuel analiz yöntemi, Web= WebCeph sefalometrik analiz programı, One= OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.2. Manuel Ölçümlerin WebCeph ve OneCeph Uygulaması ile Yapılan Ölçümler ile Karşılaştırılması.

4.2.1. İskeletsel Sagittal Yön Parametrelerine Ait Ölçümler

SN Ölçümleri Açısından (Tablo 4.5)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında düşük bir uyum olduğu (ICC=0.215) görülmektedir (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.939) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında düşük bir uyum olduğu (ICC=0.175) görülmektedir. (p<0.05)

SNA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.5)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.692) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.875) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.798) görülmektedir. ($p<0.05$)

SNB Ölçümleri Açısından (Tablo 4.5)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.883) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.912) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.911) görülmektedir. ($p<0.05$)

ANB Ölçümleri Açısından (Tablo 4.5)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.845) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.944) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.873) görülmektedir. ($p<0.05$)

Witts Ölçümleri Açısından (Tablo 4.5)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.906) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.892) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.915) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tablo 4.5. İskeletsel sagittal yön parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler.

İskeletsel Sagittal Yön Parametreler		Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı				
		Yöntemler Arası Korelasyon	95% Güven aralığı		p	
			Alt Sınır	Üst Sınır		
1	SN-Man (mm)	SN Man-SN Web	0.215	-0.137	0.473	0.005
2	SN-Web (mm)	SN Man-SN One	0.939	0.911	0.958	0.000
3	SN-One (mm)	SN Web-SN One	0.175	-0.125	0.413	0.021
1	SNA-Man (°)	SNA Man-SNA Web	0.692	0.390	0.826	0.000
2	SNA-Web (°)	SNA Man-SNA One	0.875	0.808	0.917	0.000
3	SNA-One (°)	SNA Web-SNA One	0.798	0.681	0.869	0.000
1	SNB-Man (°)	SNB Man-SNB Web	0.883	0.829	0.920	0.000
2	SNB-Web (°)	SNB Man-SNB One	0.912	0.862	0.943	0.000
3	SNB-One (°)	SNB Web-SNB One	0.911	0.870	0.939	0.000
1	ANB-Man (°)	ANB Man-ANB Web	0.845	0.434	0.934	0.000
2	ANB-Web (°)	ANB Man-ANB One	0.944	0.919	0.962	0.000
3	ANB-One (°)	ANB Web-ANB One	0.873	0.482	0.948	0.000
1	Witts-Man (mm)	WİTTS Man-WİTTS Web	0.906	0.863	0.936	0.000
2	Witts-Web (mm)	WİTTS Man-WİTTS One	0.892	0.821	0.932	0.000
3	Witts-One (mm)	WİTTS Web-WİTTS One	0.915	0.781	0.957	0.000

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.2.2. İskeletsel Vertikal Yön Parametrelerine Ait Ölçümler

GoGn/SN Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.953) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.963) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.952) görülmektedir. (p<0.05)

FMA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.933) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.827) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.891) görülmektedir. ($p<0.05$)

Saddle Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.849) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.866) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek bir uyum olduğu (ICC=0.928) görülmektedir. ($p<0.05$)

Gonial Açı Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.706) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.916) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.78) görülmektedir. ($p<0.05$)

Artiküler Açı Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.732) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.892) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.825) görülmektedir. (p<0.05)

Posterior Açılar Toplamı (SUM) Ölçümleri Açısından (Tablo 4.6)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.890) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.883) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.943) görülmektedir. (p<0.05)

Tablo 4.6. İskeletsel vertikal yön parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler.

İskeletsel Vertikal Yön Parametreler	Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı				
	Yöntemler Arası Korelasyon		95% Güven Aralığı		p
			Alt Sınır	Üst sınır	
1 GoGn/SN-Man (°)	GoGn/SN Man-GoGn/SN Web	0.953	0.931	0.968	0.000
2 GoGn/SN-Web (°)	GoGn/SN Man-GoGn/SN One	0.963	0.946	0.975	0.000
3 GoGn/SN-One (°)	GoGn/SN Web-GoGn/SN One	0.952	0.917	0.970	0.000
1 FMA-Man (°)	FMA Man-FMA Web	0.933	0.700	0.973	0.000
2 FMA-Web (°)	FMA Man-FMA One	0.827	0.263	0.932	0.000
3 FMA-One (°)	FMA Web-FMA One	0.891	0.805	0.934	0.000
1 Saddle-Man (°)	Saddle Man-Saddle Web	0.849	0.468	0.935	0.000
2 Saddle-Web (°)	Saddle Man-Saddle One	0.866	0.358	0.949	0.000
3 Saddle-One (°)	Saddle Web-Saddle One	0.928	0.895	0.950	0.000
1 Gonial-Man (°)	GonialMan-Gon Web	0.706	-0.188	0.898	0.000
2 Gonial-Web (°)	GonialMan-Gon One	0.916	0.867	0.945	0.000
3 Gonial-One (°)	Gonial Web-Gon One	0.78	-0.135	0.927	0.000
1 Artikuler-Man (°)	Artikuler Man-Art Web	0.732	-0.129	0.904	0.000
2 Artikuler-Web (°)	Artikuler Man-Art One	0.892	0.623	0.953	0.000
3 Artikuler-One (°)	Artikuler Web-Art One	0.825	0.558	0.913	0.000
1 SUM-Man (°)	SUM Man-SUM Web	0.890	0.840	0.925	0.000
2 SUM-Web (°)	SUM Man-SUM One	0.883	0.845	0.927	0.000
3 SUM-One (°)	SUM Web-SUM One	0.943	0.858	0.971	0.000

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.2.3. Dişsel Parametrelere Ait Ölçümler

U1/NA Açık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.89) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.94) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.911) görülmektedir. ($p<0.05$)

U1-NA Uzaklık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.767) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.901) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.745) görülmektedir. ($p<0.05$)

L1/NB Açık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.862) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.948) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.91) görülmektedir. ($p<0.05$)

L1-NB Uzaklık Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.947) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.96) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.959) görülmektedir. ($p<0.05$)

IMPA Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.902) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.937) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.833) görülmektedir. ($p<0.05$)

Interinsizal Açı Ölçümleri Açısından (Tablo 4.7)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.914) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.943) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.955) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tablo 4.7. Dişsel parametrelere ait yöntemler arası istatistikler.

Dişsel Parametreler		Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı				
			Yöntemler Arası Korelasyon	95% Güven Aralığı		p
				Alt Sınır	Üst Sınır	
1	U1/NA-Man (°)	U1/NA Man-U1/NA Web	0.89	0.673	0.949	0.000
2	U1/NA -Web (°)	U1/NA Man-U1/NA One	0.94	0.790	0.973	0.000
3	U1/NA -One (°)	U1/NA Web-U1/NA One	0.911	0.869	0.939	0.000
1	U1-NA -Man (mm)	U1-NA Man-U1-NA Web	0.767	0.576	0.861	0.000
2	U1-NA -Web (mm)	U1-NA Man-U1-NA One	0.901	0.856	0.932	0.000
3	U1-NA -One (mm)	U1-NA Web-U1-NA One	0.745	0.589	0.837	0.000
1	L1/NB – Man (°)	L1/NB Man-L1/NB Web	0.862	0.527	0.940	0.000
2	L1/NB -Web (°)	L1/NB Man-L1/NB One	0.948	0.809	0.978	0.000
3	L1/NB -One (°)	L1/NB Web-L1/NB One	0.91	0.862	0.940	0.000
1	L1-NB -Man (mm)	L1-NB Man-L1-NB Web	0.947	0.921	0.964	0.000
2	L1-NB -Web (mm)	L1-NB Man-L1-NB One	0.96	0.942	0.973	0.000
3	L1-NB -One (mm)	L1-NB Web-L1-NB One	0.959	0.929	0.974	0.000
1	IMPA-Man (°)	IMPA Man-IMPA Web	0.902	0.767	0.949	0.000
2	IMPA-Web (°)	IMPA Man-IMPA One	0.937	0.896	0.960	0.000
3	IMPA-One (°)	IMPA Web-IMPA One	0.833	0.508	0.923	0.000
1	İnterinsizal-Man (°)	Interins Man-Interins Web	0.914	0.392	0.971	0.000
2	İnterinsizal-Web (°)	Interins Man-Interins One	0.943	0.579	0.980	0.000
3	İnterinsizal-One (°)	Interins Web-Interins One	0.955	0.934	0.969	0.000

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı, p<0.05 istatistik olarak anlamlı

4.2.4. Yumuşak Doku Parametrelerine Ait Ölçümler

Ls-E Çizgisi Ölçümleri Açısından (Tablo 4.8)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.93) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.949) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.955) görülmektedir. (p<0.05)

Li-E Çizgisi Ölçümleri Açısından (Tablo 4.8)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.937) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.964) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.966) görülmektedir. ($p<0.05$)

Nazolabial Açı (NL) Ölçümleri Açısından (Tablo 4.8)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.588) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında orta derecede uyum olduğu (ICC=0.678) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.505) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tablo 4.8. Yumuşak doku parametrelerine ait yöntemler arası istatistikler.

Yumuşak Doku Parametreler		Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı				
		Yöntemler Arası Korelasyon	95% Confidence Interval		p	
			Alt Sınır	Üst sınır		
1	Ls-E Man (mm)	Ls-E Man-Ls-E Web	0.93	0.898	0.952	0.000
2	Ls-E Web (mm)	Ls-E Man-Ls-E One	0.949	0.917	0.967	0.000
3	Ls-E One (mm)	Ls-E Web-Ls-E One	0.955	0.908	0.975	0.000
1	Li-E Man (mm)	Li-E Man-Li-E Web	0.937	0.872	0.964	0.000
2	Li-E Web (mm)	Li-E Man-Li-E One	0.964	0.937	0.978	0.000
3	Li-E One (mm)	Li-E Web-Li-E One	0.966	0.949	0.977	0.000
1	NL-Man (°)	NL Man-NL Web	0.588	-0.099	0.813	0.000
2	NL-Web (°)	NL Man-NL One	0.678	0.530	0.780	0.000
3	NL-One (°)	NL Web-NL One	0.505	-0.177	0.769	0.000

* n=110, Man=Manuel analiz yöntemi, Web=WebCeph sefalometrik analiz programı, One=OneCeph sefalometrik analiz programı, $p<0.05$ istatistik olarak anlamlı

4.3. Ölçümlerin Uyumunun Açısal ve Boyutsal Olarak Genel Değerlendirilmesi

Tüm Açısal Ölçümler Açısından (Tablo 4.9)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.810) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.873) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.858) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tüm Boyutsal Ölçümler Açısından (Tablo 4.9)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.784) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.934) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.786) görülmektedir. ($p<0.05$)

Ölçümlerin Bütünsel Değerlendirmesi (Tablo 4.9)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.802) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.891) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.837) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tablo 4.9. Ölçümlerin açısal ve boyutsal olarak genel uyum istatistikleri.

		Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı		
		Yöntemler Arası Korelasyon	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Ortalama Manuel-WebCeph (Açısal) (°)	Manuel-WebCeph	0.810	0.435	0.907
Ortalama Manuel-WebCeph(Boyutsal) (mm)	Manuel-WebCeph	0.784	0.665	0.858
Ortalama Manuel-WebCeph	Manuel-WebCeph	0.802	0.504	0.892
Ortalama Manuel-OneCeph (Açısal) (°)	Manuel-OneCeph	0.873	0.689	0.926
Ortalama Manuel-OneCeph (Boyutsal) (mm)	Manuel-OneCeph	0.934	0.897	0.957
Ortalama Manuel-OneCeph	Manuel-OneCeph	0.891	0.751	0.935
Ortalama WebCeph-OneCeph(Açısal) (°)	WebCeph-OneCeph	0.858	0.638	0.926
Ortalama WebCeph-OneCeph(Boyutsal) (mm)	WebCeph-OneCeph	0.786	0.672	0.856
Ortalama WebCeph-OneCeph	WebCeph-OneCeph	0.837	0.648	0.905

* n=110

4.4. Ölçümler Arası Uyumun Parametre Tiplerine Göre (Dışsel, İskeletsel ve Yumuşak Doku) Genel Değerlendirilmesi

İskeletsel Ölçümler Açısından (Tablo 4.10)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.755) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.874) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.817) görülmektedir. (p<0.05)

Dışsel Ölçümler Açısından (Tablo 4.10)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.880) görülmektedir. (p<0.05)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.938) görülmektedir. (p<0.05)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.886) görülmektedir. ($p<0.05$)

Yumuşak Doku Ölçümleri Açısından (Tablo 4.10)

Manuel yöntem ve WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.818) görülmektedir. ($p<0.05$)

Manuel yöntem ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum olduğu (ICC=0.864) görülmektedir. ($p<0.05$)

WebCeph uygulaması ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede bir uyum olduğu (ICC=0.809) görülmektedir. ($p<0.05$)

Tablo 4.10. Parametre tiplerine göre (dişsel, iskeletsel ve yumuşak doku) analiz yöntemlerinin genel uyum istatistikleri.

		Yöntemler Arası Korelasyon Katsayısı		
		Yöntemler Arası Korelasyon	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Manuel-WebCeph İskeletsel Ölçümler	Manuel-WebCeph	0.755	0.415	0.862
Manuel-WebCeph Dişsel Ölçümler	Manuel-WebCeph	0.880	0.643	0.939
Manuel-WebCeph Yumuşak Doku Ölçümleri	Manuel-WebCeph	0.818	0.557	0.910
Manuel-OneCeph İskeletsel Ölçümler	Manuel-OneCeph	0.874	0.706	0.925
Manuel-OneCeph Dişsel Ölçümler	Manuel-OneCeph	0.938	0.812	0.966
Manuel-OneCeph Yumuşak Doku Ölçümleri	Manuel-OneCeph	0.864	0.795	0.908
WebCeph-OneCeph İskeletsel Ölçümler	WebCeph-OneCeph	0.817	0.599	0.890
WebCeph-OneCeph Dişsel Ölçümler	WebCeph-OneCeph	0.886	0.782	0.930
WebCeph-OneCeph Yumuşak Doku Ölçümleri	WebCeph-OneCeph	0.809	0.560	0.907

* n=110

4.5. Sefalometrik Analiz Yöntemlerinin Süre Açısından Değerlendirilmesi

30 vakaya ait radyografların manuel analiz yöntemi, WebCeph ve OneCeph uygulaması ile sefalometrik analizleri yapılmış ve analiz süreleri dijital kronometre kullanılarak kaydedilmiştir.

Her üç yöntem için ortalama sefalometrik analiz süreleri hesaplanmıştır. Analiz süresi en düşük WebCeph programında (1.25 dk.), en yüksek Manuel analiz yönteminde (9.10 dk) elde edilmiştir (Tablo 4.11).

Verilerin normal dağılmamasından dolayı üçlü gruplar arasındaki karşılaştırmalarda Kruskall Wallis H Testi kullanılmıştır. Gruplar arasında süreler açısından anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0.05$) (Tablo 4.11).

Yapay zeka destekli WebCeph programıyla yapılan analiz süreleri, Manuel analiz yöntemi ve uygulama destekli OneCeph programıyla yapılan analizlere göre anlamlı derecede daha düşük görülmektedir.

OneCeph programıyla yapılan analiz süreleri, Manuel analiz yöntemi ile yapılan analiz sürelerine göre anlamlı derecede daha düşük görülmektedir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Analiz sürelerinin istatistiksel değerlendirmesi.

		Grup					Kruskall Wallis H Testi		
		n	Ortalama	Medyan	En Küçük	En Büyük	Standart Sapma	H	p
Süre	1=Manuel	30	9.10	9.11	8.55	9.38	.17	79.419	0.0001
	2=WebCeph	30	1.25	1.24	1.23	1.35	.03		
	3=OneCeph	30	2.14	2.14	2.10	2.20	.02		
	Toplam	90	4.16	2.14	1.23	9.38	3.53		

* n=30, $p<0.05$ istatistik olarak anlamlı

5. TARTIŞMA

Broadbent'in 1931 yılında sefalostatı tanıtmasıyla, ortodontik tedavi planlamasının en önemli ayağı olan tanı ve teşhiste sefalometrik radyografinin payı yadsınamaz şekilde artmıştır. Zaman içerisinde geliştirilerek günümüzde ortodontik tedavinin vazgeçilmezi haline gelen sefalometrik analiz yöntemleri, doğruluk ve tekrarlanabilirliği birçok araştırmacı tarafından gündeme getirilmiştir (9,10,11).

Bu çalışmanın amacı güncel analiz yöntemlerinden yapay zeka destekli analiz programı (WebCeph) ve uygulama destekli analiz (OneCeph) programlarının doğruluk ve güvenilirliğinin araştırılmasıdır.

5.1. Metodun Tartışması

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezi Ortodonti Ana Bilim Dalı arşivinden rastgele seçilen 110 vakaya ait teşhis materyali çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada kullanılan materyalin büyüklüğü güvenilirliği etkileyen bir faktördür. Güvenilirlikle ilgili yapılan çalışmalarda örneklem büyüklüğü hususuna vurgu yapılmıştır (81). Bazı çalışmalarda örneklem sayısı on adedi geçmezken, bazı çalışmalarda ise bu sayı elli ve üzerindedir (62,82). Çalışmamızda yapılan Power analiz bulgularına göre 90 örneklem yeterli bulunmasına rağmen hatayı en aza indirmek amacıyla örneklem sayısı %20 artırılarak önceki çalışmalara göre oldukça yüksek bir sayı olan 110 olarak belirlenmiş ve böylece güvenilirliğin artırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan radyografilerin seçimleri yapılırken hastaların daimi dişlenme döneminde olması, dişler sentrik oklüzyonda iken radyografi alınmış olması, eksik ya da gömülü diş bulunmaması ve anatomik noktaların belirlenmesine engel olacak bir artefakt, metal yapı (metal kron, braket vb.) ve restorasyonun bulunmamasına dikkat edilmiştir.

Karşılaştırmalı yapılan çalışmalarda en büyük sorun standardizasyonu sağlayabilmektir (83). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan tüm lateral sefalometrik radyografiler aynı cihaz (Planmeca Promax 2D, Helsinki Finlandiya) ve sefalostat

kullanılarak aynı ortam koşullarında, aynı röntgen teknisyeni tarafından elde edilmiştir.

Radyografi elde edilirken hastanın başı sefalostatta sabitlenmiş ve Frankfurt horizontal düzleminin yere paralel olmasına, röntgen ışınının hastanın midsagittal düzlemine dik gelmesine dikkat edilmiştir. Postür bozukluğunun ya da başın eğikliğinin çift görünen yapılar oluşmasına ve süperpozisyonlara yol açabileceği literatürde bildirilmiştir (84). Bu nedenle hastaların lateral sefalometrik radyografilerinin doğal baş pozisyonunda alınmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede süperpozisyon ve çift görüntü gibi anatomik referans noktaların tespitini zorlaştıran durumlardan kaçınılmıştır.

Çalışmamızdaki radyografilerin tamamı doğrudan dijital görüntüleme ile elde edilmiş dijital radyograflardır. Anatomik referans noktaların rahatlıkla tespit edilebilmesi için görüntü yeterli netlikte, yeterli kontrast ve parlaklığa sahip olmalıdır (85). Yapılan çalışmalar JPEG görüntü formatının görüntü kalitesini negatif yönde etkilemediğini göstermiştir (86). Bu nedenlerle çalışmamızda kullandığımız radyografiler için JPEG formatı tercih edilmiştir. JPEG formatında kaydedilen görüntüler, görüntüleme merkezlerinde çıktı alma amacıyla güvenle kullanılan Konica Minolta Drypro (Konica Minolta Medical Imaging USA, Inc. 411 Newark Pompton Turnpike Wayne, nj 07470) marka radyografi baskı cihazı ile basılmıştır. Bu nedenle çalışmamızda kullanılan radyografilerin film kalitesizliği ve banyo artefaktlarından arındırıldığı söylenebilir.

Radyografilerin görüntü kalitesi de analizi etkileyen önemli bir husustur. Ongkosiwito ve ark. 2002 yılında yayınladıkları çalışmalarında sağlıklı bir analiz yapılabilmesi için görüntü kalitesinin 300 dpi olması gerektiğini belirtmiştir (87). Bu sebeple çalışmamızdaki radyografilerin görüntü çözünürlüğü 300dpi olarak belirlenmiştir.

Standardizasyonun sağlanabilmesi için en önemli faktörlerden biri de kalibrasyondur. Bu konuda yapılan birçok çalışmada boyutsal ölçümler açısal ölçümlere göre daha güvensiz bulunmuştur (65,88). Bu faktörü elimine edebilmek amacıyla radyografi üzerindeki cetvel yardımıyla her üç yöntemde de ölçümlere geçmeden önce mutlaka kalibrasyon yapılmasına dikkat edilmiştir.

Sefalometrik analizin gelişim sürecini göz önüne aldığımızda araştırmacılar teşhis için farklı düzlemleri referans olarak ve farklı anatomik referans noktalarını önemseyerek analizlerini yapmışlardır. Bu sebeple bu tür araştırmalarda kullanılan yöntemlerin daha doğru değerlendirilebilmesi için çalışmalarda çok sayıda parametrenin dahil edilmesi çalışmanın güvenilirliğini direkt etkileyecektir (89). Konumuzla ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalara bu açıdan baktığımızda Power ve ark. (90) 8 parametreye, Chen ve ark. (91) 19 parametreye, Geleen ve ark. (92) 21 parametreye, Sayınsu ve ark. (62) 33 parametreye, Naoumova ve ark. (82) 25 parametreye ve Polat-Özsoy ve ark. (69) 26 parametreye bakarak analizlerini yapmışlardır.

Bu noktadan yola çıkarak çalışmamızda iskeletsel sagittal (5 adet ölçüm), iskeletsel vertikal (6 adet ölçüm), dişsel (6 adet ölçüm) ve yumuşak doku (3 adet ölçüm) alanlarında olmak üzere çok sayıda ve farklı bölgeleri kapsayacak şekilde toplam 20 ölçüm yapılmıştır. Anatomik referans noktaların tespitinde önceki çalışmalarda tespitinin zor olduğu vurgulanan nasion, gonion, porion, orbitale, A noktası gibi anatomik noktaları içeren ölçümleri çalışmamıza dahil ederek daha doğru bir değerlendirme yapılması düşünülmüştür.

Çalışmamızda lateral sefalometrik radyografiler 3 yöntem ile analiz edilmiştir. Bunlar geleneksel veya konvansiyonel olarak da bilinen manuel analiz yöntemi, güncel analiz yöntemlerinden yapay zeka destekli analiz programı WebCeph ve uygulama destekli analiz programı OneCeph'tir.

İlk olarak lateral sefalometrik radyografiler, 3 yıl deneyimli tez sahibi araştırmacı tarafından manuel olarak anatomik referans noktalar tespit edilerek sefalometrik çizim yapılmış ve yapılan çizimler 20 yıl deneyimli tez danışmanı tarafından kontrol edilerek ölçüm aşamasına geçilmiştir. Tek kişinin ölçüm yapması ve ölçümlerin bu konuda deneyimli tez danışmanı tarafından kontrol edilmesi sayesinde araştırmacılar arası hatanın eliminasyonu sağlanmıştır.

Manuel analiz yöntemiyle ölçüm yapılırken uzunluk ölçümleri cetvel üzerindeki en yakın 0.5 milimetrelilik değere, açısal ölçümler ise açıölçer üzerindeki en yakın 0.5 derecelik değere yuvarlatılarak hesaplanmıştır. Manuel olarak ölçümler yapılarak excel tablosuna aktarılmıştır.

Manuel analiz yöntemi her ne kadar ‘Altın Standart’ olarak kabul edilse de zaman alıcı, zahmetli ve hata ihtimali mevcut bir yöntemdir (11). Bu hatalar çizim hatası, anatomik referans nokta tespit hatası ve uygulayıcının yorgunluğu nedeniyle olabilir (33).

Manuel yöntemle sefalometrik analizden sonra aynı radyografiler bilgisayara (MacBook Air 2017) JPEG formatında yüklenmiştir. Sonrasında WebCeph programı açılarak kalibrasyon yapılmış ve analize geçilmiştir. Yapılan ölçümler excel tablosuna aktarılmıştır. Son olarak aynı radyografiler aynı araştırmacı tarafından 5.7 inç ekran büyüklüğüne sahip akıllı telefona (Samsung Note FE) JPEG formatında 1250x1592 piksel çözünürlükte yüklenmiş, OneCeph uygulaması açılarak kalibrasyon yapıldıktan sonra tez sahibi araştırmacı tarafından anatomik referans noktalar işaretlenerek sefalometrik analiz yapılmıştır. Elde edilen değerler hazırlanan excel tablosuna kaydedilerek ölçümler tamamlanmıştır.

İlk ölçümleri takiben 1 ay sonra ölçümcü içi güvenilirliğin tespiti amacıyla rastgele seçilen 30 sefalometrik radyograf aynı araştırmacı tarafından her 3 yöntemle tekrar çizilerek sefalometrik ölçümleri yapılmıştır.

Yapay zeka destekli analiz programı WebCeph ve uygulama destekli analiz programı OneCeph uygulamasını kullanmadan önce tez sahibi araştırmacı programlarla ilgili bilgilendirme sahibi olmuş ve deneme amaçlı ölçümler yapmıştır. Konuya yetkin olduktan sonra programları kullanarak tez çalışması ölçümlerini yapmıştır. Benzer şekilde, Livas ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları Viewbox bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada analizlere başlamadan önce uygulayıcı, analiz yöntemleriyle ilgili 3 saatlik bir eğitim almıştır (67). Bu sayede analiz yöntemleriyle ilgili bilgi sahibi olmuş, ölçümlerin güvenilirliğini artırmıştır. Çalışmamızda benzer şekilde kullanılacak programlarla ilgili tecrübe sağlayıcı eğitim ve ön ölçümler yapılmıştır.

OneCeph uygulamasında dijital olarak elde edilen radyografik görüntüler ‘JPEG’ formatında 5.7 inch ekran büyüklüğüne sahip Samsung Galaxy Note FE telefona 1250x1592 piksel çözünürlükte kaydedilerek analizler yapılmıştır. Zamrik ve İşeri, 2021 yılında yaptıkları çalışmada Manuel analiz yöntemiyle OneCeph

uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmalarında Manuel analiz yöntemiyle dijital ölçümler arasındaki tutarsızlıkları genel olarak anatomik referans noktaların tespitinde mobil telefon dokunmatik ekranının yapısına bağlanabileceğini belirtmişlerdir (93).

Çalışmamızda manuel yöntem ile yapılan ölçümler ve WebCeph programı ve OneCeph uygulaması ile yapılan iskeletsel, dişsel ve yumuşak dokuya ait ölçümler arasında istatistiksel olarak yüksek korelasyon gözlemlendiği belirlenmiştir.

5.2. Bulguların Tartışılması

5.2.1. Gözlemci İçi Güvenirliğin Tartışılması

Çalışmamızda ölçümcü içi güvenilirliği değerlendirmek amacıyla ilk ölçümleri takiben 1 ay sonra rastgele seçilen 30 sefalometrik radyograf aynı araştırmacı tarafından her 3 yöntemle tekrar çizilerek sefalometrik ölçümleri yapılmıştır.

Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda çalışmamızda iskeletsel sagittal yön ölçümleri olan SN, SNA, SNB, ANB ve Witts ölçümü; iskeletsel vertikal yön ölçümleri olan GoGn/SN, FMA, Saddle, Gonial, Artiküler ve Posterior açılar toplamı (SUM), dental ölçümler olan U1/NA açısı, U1-NA uzaklığı, L1/NB açısı, L1-NB uzaklığı, IMPA ve İnterinsizal açı; yumuşak doku ölçümleri olan Üst dudak E çizgisi uzaklığı (L-E), Alt dudak E çizgisi uzaklığı (Li-E) ve Nasolabial açı parametrelerinde gözlemci içi güvenilirlik oldukça yüksek bulunmuştur (Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4). Benzer şekilde Barbhuiya ve ark. nın 2021 yılında, Mohan ve ark. 2021 yılında ve İzgi ve Pekiner'in 2019 yılında yaptıkları çalışmalarında da ölçümcü içi güvenilirlik yüksek bulunmuştur (56,80,94).

İşeri ve ark. nın geleneksel yöntem ile bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmalarında iki yöntemin tekrar edilebilirlik katsayısını değerlendirmişler ve tüm parametrelerin istatistiksel olarak önemli düzeyde tekrarlanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır (60). Al-Barakati ve ark. tekrarlanan ölçümler arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır. Tüm ölçümler için 0.90'dan büyük olarak belirlemişlerdir. Sadece çalışmamızda bulunmayan ANS-PNS uzunluk ölçümünde düşük bulmuşlardır (95). Sayınsu ve ark. tekrarlanan ölçümlerde gözlemci içi korelasyon katsayısının tüm ölçümler için 0.90'dan büyük olduğunu belirtmişlerdir

(62). Benzer şekilde çalışmamızda tekrarlanan birçok ölçümde gözlemci içi korelasyon katsayısı 0.90'dan büyük bulunmuştur (Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

5.2.2. Manuel Ölçümlerin WebCeph ve OneCeph Ölçümleri ile Karşılaştırılması

5.2.2.1. Sagittal Yön Ölçümleri

Çalışmamızda SN ölçümleri bakımından WebCeph programının Manuel analiz yöntemiyle (ICC=0.215) ve OneCeph uygulaması ile (ICC=0.175) uyumsuz olduğu, Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında ise çok yüksek derecede (ICC=0.939) uyum olduğu görülmektedir (Tablo 4.5).

Güllük'ün (96) manuel analiz yöntemi WebCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları tez çalışmasında S-N ve N-Me değerlerini hem WebCeph hem de CephNinja da anlamlı derecede yüksek bulmuşlardır. Bu farkı Sekiguchi ve Savara'nın 1972'deki çalışmasına (97) atıfta bulunarak nasofrontal suturen yeterince görünür olmayışına bağlamışlardır. Biz ise bu duruma WebCeph uygulamasının SN ölçümü için yaş ve cinsiyete göre standart değerler vermesinin sebep olduğunu düşünmekteyiz. Mahto ve ark. ise 2016 yılında yaptıkları çalışmada (11), Manuel analiz yöntemi, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ve AutoCeph bilgisayarlı analiz programlarını karşılaştırdıkları çalışmada, Mosleh ve ark. nın 2016 yılında yaptıkları (98) Manuel analiz yöntemi ile Cephx bilgisayarlı analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada, İşeri ve Zamrik in 2021 yılında yayınladıkları çalışmada (93) Manuel analiz yöntemi ve OneCeph uygulaması karşılaştırılmış ve S-N ölçümü bakımından sonuçları çalışmamızda olduğu gibi uyumlu bulmuşlardır.

Çalışmamızda SNA ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında yüksek bir uyum (ICC=0.875) olduğu, WebCeph uygulamasıyla OneCeph uygulaması arasında yine yüksek bir uyum (ICC=0.798) olduğu, Manuel yöntemle WebCeph uygulaması arasında ise orta derecede bir uyum olduğu (ICC=0.692) tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Bu orta derecede uyumun nedeni olarak tespiti zor olan A noktasının (67) yapay zeka tarafından tam doğrulukla tespit edilemediğini düşünmekteyiz.

Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada (57) SNA ölçümü bakımından orta seviyede uyum bulurken, Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları (55) Manuel analiz yöntemi Dolphin bilgisayarlı analiz programı ve OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları, İşeri ve Zamrik'in 2021 yılında yayınladıkları çalışmada (93) Manuel analiz yöntemi ve OneCeph uygulaması karşılaştırdığı çalışmada, Mohan ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmalarda (80) ise ölçümleri çalışmamızdaki gibi yüksek uyumlu bulmuşlardır.

Çalışmamızda SNB ölçümleri açısından hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.912$), hem de WebCeph yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.911$) tespit edilirken, Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede ($ICC=0.883$) uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Benzer şekilde Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada; Livas ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları Viewbox bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada ve Mohan ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmalarında SNB ölçümü açısından yüksek derecede uyum tespit edilmiştir (55,67,80).

Mahto ve ark. 2022 yılında yaptıkları çalışmada Manuel analiz yöntemi ile WebCeph analiz programını karşılaştırmış ve orta seviyeden uyum bulmuşlardır. İşeri ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada SNB ölçümü istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur (57,93). Çoban ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları çalışmada Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile yapay zeka destekli WebCeph programı 12 açısıl 10 boyutsal parametre açısından karşılaştırılmış ve çalışmamızda da bulunan SNB ölçümü açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (71). Al Barakati ve ark. 2012 yılında yaptıkları çalışmada Manuel analiz yöntemi ve Dolphin bilgisayarlı analiz programı karşılaştırılmış ve SNB ölçümleri açısından anlamlı bir fark bulmuşlardır. Bu farklılığı

çene ucu bölgesinin kurvatürlü yapısı nedeniyle B noktasının tespitindeki hataya bağlamışlardır (95).

Çalışmamızda ANB ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.944$) bulunurken, hem Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında ($ICC=0.944$), hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede ($ICC=0.873$) uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Sreedevi ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları FACAD bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada ANB ölçümü açısından yüksek uyumlu bulurken; Livas ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Viewbox prgramı ile OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada ANB ölçümü açısından karşılaştırılan ölçüm yöntemleri arasında istatistik açıdan anlamlı fark bulmuşlardır (55,57,67,68). Bunun sebebi olarak da nasofrontal suturen yeterince görünür olmayışına bağlı olarak Nasion noktasının tespitindeki zorluğa bağlamışlardır (51).

Çalışmamızda Witts ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.892$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında ($ICC=0.906$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.915$) tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Goracci ve ark. nın 2014 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi, NemoCeph bilgisayarlı analiz yönetmi ve SmileCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada; Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarının karşılaştırıldığı çalışmada, Mahto ve ark. nın 2016 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi, Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi ve AutoCeph bilgisayarlı analiz yöntemiyle karşılaştırdıkları çalışmada bizim bulgularımızla benzer şekilde yüksek uyum bulunmuştur (11,63,72). Aksakallı ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmada (65) SmartCeph Pro ve CephNinja uygulamasını

Witts ölçümü açısından güvenilir bulmamışlardır. Bunun kalibrasyon veya görüntü bozulmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir (74).

5.2.2.2. Vertikal Yön Ölçümleri

Çalışmamızda GoGn/SN ölçümleri açısından Manuel-WebCeph arasında (ICC=0.953), Manuel-OneCeph arasında (ICC=0.963) ve WebCeph-OneCeph arasında (ICC=0.952) çok yüksek uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Shrestha ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulamasının karşılaştırdıkları çalışmada, Goracci ve ark. nın 2014 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi, NemoCeph bilgisayarlı analiz yöntemi ve SmileCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarını karşılaştırıldığı çalışmada, Erkan ve ark. nın 2012 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı, Vistadent programı, NemoCeph programı ve QuickCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Livas ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Viewbox prgramı ile OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada GoGn/SN ölçümü açısından bizim çalışmamıza uyumlu olacak şekilde analiz yöntemleri arasında yüksek uyum bulunmuştur (63,64,67,72,99).

Izgi ve Pekiner'in 2019 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OnyxCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada (94), Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, GoGn/SN ölçümü açısından uyumlu bulunurken CephX uygulamasında GoGn/SN ölçümü açısından istatistiksel olarak farklılık bulmuşlardır (70).

Çalışmamızda FMA ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum (ICC=0.933) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.827) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum (ICC=0.891) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada ve Abdel Khader ve ark. nın 2020 yılında

yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasının karşılaştırıldığı çalışmada, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada (57,66,100) çalışmamızla uyumlu şekilde yüksek uyum bulunurken; Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Tsolakis ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile CS Imaging V8 yapay zeka destekli analiz programını karşılaştırdıkları çalışmalarda (55,101), FMA açısı ölçümleri açısından anlamlı fark görülmüştür. Bunun sebebini Porion noktasının tespitindeki zorluğa bağlamışlardır. Araştırmacılara göre Porion, menton ve alt kesici noktası tespiti zor noktalardır (55).

Çalışmamızda Saddle açısı ölçümleri açısından OneCeph uygulaması ile WebCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.928$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında ($ICC=0.849$) hem de Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.866$) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Sayinsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmada, Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada, Mosleh ve ark. nın 2016 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile CephX programını karşılaştırdıkları çalışmada, Saddle açısı ölçümü açısından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (55,62,98,100).

Çalışmamızda Gonial açı ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.916$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında ($ICC=0.706$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında orta derecede uyum ($ICC=0.780$) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

İşeri ve Zamrik'in 2021 yılında yayınladıkları çalışmada Manuel analiz yöntemi ve OneCeph uygulaması karşılaştırılmış, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada,

Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada ölçümler bizim çalışmamızla uyumlu bulunmuştur (55,93,100).

Chen ve ark. nın 2000 yılında yaptıkları çalışmada ve Santoro ve ark. nın 2006 yılında yaptıkları çalışmalarda gonion bölgesinin anatomik yapısı ve röntgen hataları nedeniye tespitinin zor olduğunu bildirmişlerdir (91,102). Bizim ölçümümüzde de WebCeph programının diğer iki yöntemle uyumsuz olduğu görülmektedir. Bu uyumsuzluğu yapay zekanın tespiti zor olan anatomik referans noktaların tespitinde yetersiz kalmasına bağlamaktayız.

Çalışmamızda Artiküler açı ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında orta derecede uyum ($ICC=0.732$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.892$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.825$) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada, Sayinsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmada Artiküler açı ölçümü açısından istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır (55,62,100). Sonuçlar çalışmamızla uyumludur.

Çalışmamızda Posterior Açılar Toplamı (SUM) ölçümleri açısından WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.943$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.883$) hem de Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında yüksek derecede uyum ($ICC=0.890$) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Posterior Açılar Toplamı (SUM) ölçümü açısından istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Sonuç çalışmamızla uyumludur (55).

5.2.2.3. Dişsel Ölçümler

Çalışmamızda U1/NA açısal ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.890$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.940$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.911$) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarının karşılaştırıldığı çalışmada; Livas ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Viewbox prgramı ile OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada, Tsolakis ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile CS Imaging V8 yapay zeka destekli analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada, Shrestha ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulamasının karşılaştırıldığı çalışmada bizim çalışmamızla benzer yüksek bir uyum bulmuşlardır (64,67,72,101).

Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Mohan ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları, Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Barbhuiya ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları çalışmada manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırıldığı çalışmada (56,57,80) yüksek uyum bulunmuştur. Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Dolphin programı ve CephNinja uygulaması U1/NA açısal ölçümü açısından uyumlu bulunurken CephX uygulaması ile U1/NA açısal ölçümünde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulmuşlardır. Bunun nedenini kalibrasyonun yapılmaması ve görüntü aktarımı sırasındaki bozulmalara bağlamışlardır (70).

Çalışmamızda U1-NA uzaklık ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.901$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında ($ICC=0.767$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında orta derecede uyum ($ICC=0.745$) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Uysal ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları (103) Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz yönteminin karşılaştırıldığı çalışmada, Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları çalışmada (72) U1-NA uzaklığını Vistadent programında anlamlı derecede düşük bulmuşlardır. Çoban ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile yapay zeka destekli WebCeph programının karşılaştırıldığı çalışmada, Izgi ve Pekiner'in 2019 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OnyxCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Livas ve ark. nın Viewbox bilgisayarlı analiz programını OneCeph ve CephNinja uygulamalarıyla karşılaştırdığı çalışmada, Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Dolphin programı ve CephNinja uygulaması U1-NA boyutsal ölçümü açısından uyumlu bulunurken CephX uygulaması ile yapılan analizde U1-NA mesafesini istatistiksel açıdan anlamlı derecede farklı bulmuşlardır (67,70,71,94). Tüm bu çalışmalarda farklılığı Nasion ve A noktasının tespitinin zorluğu ve kalibrasyondan etkilenmesine bağlamışlardır (70).

Çalışmamızda L1/NB açısal ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile WebCeph uygulaması arasında yüksek uyum ($ICC=0.862$) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.948$) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum ($ICC=0.910$) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Izgi ve Pekiner'in 2019 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OnyxCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada (94), Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Dolphin programı ve CephNinja uygulaması L1/NB açısal ölçümü açısından uyumlu bulunurken CephX uygulaması ile düşük uyumlu bulmuşlardır (70).

Mohan ve ark. (2021) Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması karşılaştırmış, Mahto ve ark. (2022) Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırmış, Livas ve ark. (2019) OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırmış ve çalışmamızla benzer şekilde uyumlu bulunmuştur (57,67,80).

Çalışmamızda L1-NB uzaklık ölçümleri açısından her üç ölçüm yöntemi arasında çok yüksek uyum tespit edilmiştir. Manuel analiz yöntemiyle WebCeph programı arasında (ICC=0.947), Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.960) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.959) çok yüksek uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada (57) çalışmamızla uyumlu çok yüksek uyum bulunurken; Barbhuiya ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları (56) manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Shrestha ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulamasının karşılaştırıldığı çalışmada (64), Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemi, web tabanlı CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Dolphin programı ve CephNinja uygulaması L1-NB uzaklık ölçümü açısından uyumlu bulunurken, CephX uygulaması ile L1-NB uzaklık ölçümü açısından düşük uyum bulunmuştur. Livas ve ark. OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırmış ve L1-NB mesafesini her iki uygulama içinde Viewbox'a göre anlamlı derecede farklı bulmuşlardır. Bunun sebebi olarak da alt keser apeks noktasının tespitinin zorluğunu belirtmişlerdir (70).

Çalışmamızda IMPA ölçümleri açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek uyum (ICC=0.937) görülürken, hem Manuel analiz yöntemiyle WebCeph uygulaması arasında (ICC=0.902) hem de WebCeph uygulaması ile OneCeph uygulaması arasında yüksek uyum (ICC=0.833) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarının karşılaştırıldığı çalışmada, Abdel Khader ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasının karşılaştırıldığı çalışmada, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada, Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Paixao ve ark. nın 2010 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz programını karşılaştırdıkları çalışmalarda IMPA ölçümü

açısından istatistiksel olarak çalışmamızla uyumlu olacak şekilde yüksek uyum bulunmuştur (57,59,66,72,100).

Tsolakis ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile CS Imaging V8 yapay zeka destekli analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada IMPA ölçümü açısından istatistiksel olarak düşük uyum bulunmuştur (101).

Çalışmamızda Interinsizal açı ölçümleri açısından her üç ölçüm yöntemi arasında çok yüksek uyum tespit edilmiştir. Manuel analiz yöntemiyle WebCeph programı arasında (ICC=0.914), Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.943) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.955) çok yüksek uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Shrestha ve Kandel'in 2020 yılında Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Shettigar ve ark. nın 2019 yılında yaptıkları, Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Çelik ve ark. nın 2009'da yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarının karşılaştırıldığı çalışmada, Sayar ve ark. nın 2017 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile CephNinja uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmalarda interinsizal açı ölçümü bakımından anlamlı bir fark bulunamamıştır (55,64,72,104).

Izgi ve Pekiner'in 2019 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile OnyxCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Çoban ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile yapay zeka destekli WebCeph programının karşılaştırıldığı çalışmada, Tsolakis ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile CS Imaging V8 yapay zeka destekli analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada Interinsizal açı ölçümü açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlardır (71,94,101).

5.2.2.4. Yumuşak Doku Ölçümleri

Çalışmamızda Ls-E Çizgisi ölçümleri açısından her üç ölçüm yöntemi arasında çok yüksek uyum tespit edilmiştir. Manuel analiz yöntemiyle WebCeph programı arasında (ICC=0.930), Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında

(ICC=0.949) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.955) çok yüksek uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada, Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent ve JOE bilgisayarlı analiz programlarının karşılaştırıldığı çalışmada, Mahto ve ark. nın 2022 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Sayınsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmada çalışmamızla benzer şekilde yüksek uyum bulunmuştur (57,62,72,100).

Çalışmamızda Li-E Çizgisi ölçümleri açısından her üç ölçüm yöntemi arasında çok yüksek uyum tespit edilmiştir. Manuel analiz yöntemiyle WebCeph programı arasında (ICC=0.937), Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.964) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.966) çok yüksek uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Mahto ve ark. nın Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Paixao ve ark. nın 2010 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada, Çoban ve ark. nın 2022 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile yapay zeka destekli WebCeph programının karşılaştırıldığı çalışmada Li-E Çizgisi ölçümleri açısından istatistiksel açıdan fark bulmuşlardır (57,61,71).

Sayınsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Dolphin bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmada, Gupta ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile Vistadent programını karşılaştırdıkları çalışmada çalışmamızla benzer şekilde yüksek uyum bulunmuştur (62,100).

Nasolabial açı ölçümleri açısından her üç ölçüm yöntemi arasında orta derecede uyum tespit edilmiştir. Manuel analiz yöntemiyle WebCeph programı arasında (ICC=0.588), Manuel analiz yöntemiyle OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.678) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.505) orta derecede uyum tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Sarı ve ark. nın 2002 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi, JOE digitizer bilgisayarlı analiz yöntemi ve QuickCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada ve Zamrik ve İşeri'nin 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ve OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Nasolabial açı ölçümünde anlamlı bir farklılık bulmuşlardır (61,93). Bunun nedeni olarak Zamrik ve İşeri, OneCeph uygulamasında burun tanjant çizgisini belirlemedeki pratik olmayan tekniğe bağlamışlardır. OneCeph uygulamasında aplikasyon, uygulayıcıyı tanjant oluşturmak için yumuşak dokudan daha uzakta bir noktayı işaretlemesini yönlendirmektedir ve bu nedenle Nasolabial açıda farklılıklar meydana gelmektedir (93). Biz de çalışmamızda en düşük uyumu nasolabial açıda bulduk. Bunun nedeni olarak yuvarlak hatlı, kurvatürlü bölgelerde anatomik referans noktaların tespitinin zorluğu ve uygulamanın tanjant çizgisini belirlemedeki hatasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Nitekim Baumrind ve Fratz, 1971 yılında yayınladıkları çalışmada Nasolabial açı ölçümündeki farklılıkların kurvatürdeki hataya bağlı olduğunu bildirmiş ve bu hatanın sefalometrik analizin ölçüm yönteminden bağımsız olduğunu bildirmişlerdir (33).

Literatürde, araştırma amaçlı grupların karşılaştırılmasında ICC'nin en az 0.7 olması gerektiği; elde edilen sonuçların klinik pratiğinde anlamlı olabilmesi için ICC'nin en az 0.9 olması gerektiği belirtilmiştir (88). Bizim çalışmamızda karşılaştırılan ölçümlerin büyük çoğunluğunda ICC 0.9 değerinden büyük bulunmuştur ve bulgularımız klinik öneme sahiptir (105).

5.2.3. Ölçümlerin Uyumunun Açısal ve Boyutsal Açidan Genel Değerlendirilmesi

Ölçümlerin Bütünsel Değerlendirmesi

Çalışmamızda ölçümler bütünsel değerlendirildiğinde, Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programı arasında (ICC=0.802); Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.891) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması (ICC=0.837) arasında yüksek bir uyum bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.9).

Noush ve Esmaily'nin, 2015 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemiyle Romexis bilgisayarlı analiz yöntemini karşılaştırdıkları çalışmada (106), Goracci ve Ferrari nin 2014 yılından yaptıkları çalışmada, Mahto ve ark. nın 2016 yılında

yaptıkları çalışmada sonuçlar tüm parametreler için bizim çalışmamızda da olduğu gibi birbiriyle uyumlu bulunmuştur (11,63).

Tüm Açısal Ölçümler Açısından Değerlendirmesi

Çalışmamızda tüm ölçümler birlikte değerlendirildiğinde, Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programı arasında (ICC=0.810); Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.873) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması (ICC=0.858) arasında yüksek uyum bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.9).

Chen ve ark. 2004 yılında yaptıkları çalışmada açısal ölçümlerin boyutsal ölçümlere göre daha hatalı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu hatayı anatomik referans noktalarının birbirlerine yakın olmasına bağlamışlardır (88). Barbhuiya ve ark. nın yaptıkları çalışmada açısal ölçümleri boyutsal ölçümlere göre klinik olarak anlamsız olmasına rağmen istatistiksel açıdan farklı bulmuşlardır (56). Bizim çalışmamızdakine benzer şekilde Paixao ve ark. 2010 yılında yaptıkları çalışmada hem açısal hem de boyutsal ölçümleri birbirleriyle uyumlu bulmuşlardır (59).

Tüm Boyutsal Ölçümler Açısından

Çalışmamızda tüm boyutsal ölçümler açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede (ICC=0.934) , Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programı arasında (ICC=0.784) ve WebCeph programı ve OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede (ICC=0.786) bir uyum bulunmuştur (Tablo 4.9).

Aksakallı ve ark. 2016 yılında yaptıkları SmartCeph Pro ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışmada boyutsal ölçümleri açısal ölçümlerden daha az güvenilir bulmuşlardır (65). Izgi ve Pekiner 2019 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemiyle OnyxCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada boyutsal ölçümleri açısal ölçümlerden daha az güvenilir bulmuş ve bunun nedeni olarak görüntü distorsiyonunu göstermişlerdir (94).

Sayinsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları, Mahto ve ark. nın 2016 yılında yaptıkları ve Mohan ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları çalışmalarda da boyutsal ölçümler çalışmamızda olduğu gibi uyumlu bulunmuştur (11,62).

5.2.4. Ölçümlerin Uyumunun Dişsel, İskeletsel ve Yumuşak Doku Açısından Genel Değerlendirilmesi

Dişsel Ölçümler Açısından

Çalışmamızda dişsel ölçümler açısından Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında çok yüksek derecede ($ICC=0.938$), Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programı arasında ($ICC=0.880$) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında yüksek derecede ($ICC=0.886$) bir uyum bulunmuştur (Tablo 4.10).

Barbhuiya ve ark. nın (56) 2021 yılında yaptıkları çalışmada ANB ve U1/NA açılarını istatistiksel anlamda farklı bulunmuş, Mahto ve ark. nın (57) Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada ANB, IMPA ve L1-NB uzaklık ölçümlerinde, Livas ve ark. nın OneCeph ve CephNinja uygulamalarını karşılaştırdığı çalışmasında U1/NA açısı ölçümünde istatistiksel anlamda farklılık bulunmuştur. Bunun sebebini nasion, A noktası ve alt keser apeks noktasının tespitindeki hataya bağlamışlardır (67). Mohan ve ark. ise Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada dişsel ölçümler açısından çalışmamızda olduğu gibi uyumlu bulunmuştur (80).

İskeletsel Ölçümler Açısından

Çalışmamızda tüm İskeletsel ölçümler birlikte değerlendirildiğinde Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programı arasında ($ICC=0.755$); Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında ($ICC=0.874$) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması ($ICC=0.817$) arasında yüksek uyum bulunmuştur. ($p<0.05$) (Tablo 4.10).

Shettigar ve ark. Dolphin bilgisayarlı analiz programı ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada iskeletsel ölçümlerden FMA açısını uyumsuz bulmuş (55), Livas ve ark. Viewbox bilgisayarlı analiz programını OneCeph

ve CephNinja uygulamalarıyla karşılaştırmış ve GoGn/SN ölçümünü uyumsuz bulmuş (67), Mahto ve ark. Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada FMA ve GoGn/SN ölçümleri açısından analiz yöntemlerini uyumsuz bulmuşlardır (57). Mohan ve ark. ise Manuel analiz yöntemi ile Oneceph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Sayar ve ark. 2017 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile CephNinja uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada dişsel ölçümler açısından çalışmamızda olduğu gibi yöntemleri uyumlu bulmuştur (80,104).

Yumuşak Doku Ölçümleri Açısından

Çalışmamızda tüm yumuşak doku ölçümleri birlikte değerlendirildiğinde Manuel analiz yöntemi ile WebCeph programı arasında (ICC=0.818); Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.864) ve WebCeph programı ile OneCeph uygulaması arasında (ICC=0.809) yüksek korelasyon gözlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.10).

Zamrik ve İşeri'nin 2021 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ve OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, Sayinsu ve ark. nın 2007 yılında yaptıkları çalışmada ve Çelik ve ark. nın 2009 yılında yaptıkları çalışmada Nasolabial açı ölçümünde istatistiksel anlamda fark bulmuşlardır (62,72,93). Shrestha ve Kandel'in 2020 yılında Manuel analiz yöntemi ile OneCeph uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada Nasolabial açı çalışmamızda olduğu gibi uyumlu bulunmuştur (64).

Mahto ve ark. Manuel analiz yöntemi ve WebCeph programını karşılaştırdıkları çalışmada, Ls-E Çizgisi ve Li-E çizgisi ölçümleri açısından istatistiksel açıdan fark bulmuşlardır (57).

5.3. Sefalometrik Analiz Yöntemlerinin Süre Açısından Değerlendirilmesi

Çalışmamızda manuel analiz yöntemiyle anatomik referans noktaların belirlenmesi, çizim yapılması ve ölçüm için geçirilen süre her radyografi için ortalama 9 dakika 11 saniye olarak tespit edilmiştir. Bu süre yapay zeka destekli WebCeph programı için ortalama 1 dakika 24 saniye, uygulama destekli OneCeph uygulaması için ortalama 2 dakika 14 saniye olarak ölçülmüştür (Tablo 4.11).

Ölçümün yapıldığı ortam şartları, radyografinin kalitesi, çizim ve ölçümü yapan hekimin bu konudaki tecrübesi, programın kullanılabilirliği gibi faktörlerin ölçüm süresine etki ettiği çalışmalarla ortaya konulmuştur. İşeri ve ark. 1992 yılında bilgisayarlı yöntem ve geleneksel yöntemi hassasiyet, tekrarlanabilirlik ve zaman açısından değerlendirdiği araştırmasında bilgisayar yöntemi ile film başına harcadığı ortalama süreyi 2 dakika 5 saniye, geleneksel yöntem ile film başına harcadığı süreyi 13 dakika 23 saniye olarak belirtmiştir (60). Gupta ve ark. nın Manuel analiz yöntemi ve Vistadent bilgisayarlı analiz programını karşılaştırdıkları çalışmada film başına ortalama manuel ölçüm 11 dakika 23 saniye sürerken Vistadent bilgisayarlı analiz programında bu süre 4 dakika 40 saniye olarak ölçülmüştür (100). Shrestha ve ark. nın 2020 yılında yaptıkları çalışmada Manuel analiz yönteminde film başına ortalama süreyi 15 dakika 30 saniye bulurken OneCeph uygulaması ile ölçüm yapıldığında bu süre 4 dakika 50 saniye olarak bulunmuştur (64). Sayar ve ark. nın 2017 yılında yaptıkları Manuel analiz yöntemi ile CephNinja uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada her bir radyografi için Manuel analiz yöntemi için harcanan süreyi ortalama 4 dakika 32 saniye bulurken CephNinja uygulaması için bu süreyi 2 dakika 46 saniye bulmuşlardır (104). Meriç ve Naoumova'nın 2020 yılında yayınladıkları Dolphin bilgisayarlı analiz programı, web destekli CephX programı ve CephNinja 3.51 uygulamasını karşılaştırdıkları çalışmada, CephX programı (ort. 30 sn) Manuel analiz yönteminden (ort. 551 sn) 13 kat, Dolphin bilgisayarlı analiz programından (ort. 129 sn) ve CephNinja 3.51 uygulamasından (ort. 100 sn) yaklaşık 3 kat hızlı analiz süresi elde edildiğini bildirmişlerdir (70). Chen ve ark. nın yaptıkları araştırmada, anatomik yapıların çizilmesi ve noktaların yerleştirilmesinde tecrübeli ve tecrübesiz kullanıcılar arasında belirgin bir fark bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca yöntemler arasındaki tecrübe farkının analiz sürelerini etkileyeceğini ortaya koymuştur (107). Bu sebeple çalışmamızda ölçümler 3 yıl deneyimli tez sahibi araştırmacı tarafından yapıldıktan sonra 20 yıl deneyimli tez danışmanı tarafından kontrol edilmek suretiyle hata en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmamızda en kısa analiz süresi yapay zeka destekli WebCeph programı ile yapılan analizlerde elde edilmiştir. Uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programının, yıllardır altın standart olarak kabul edilen Manuel analiz yöntemiyle daha yüksek uyuma sahip olması ve analiz süresi bakımından Manuel analiz yöntemine

kıyasla çok daha avantajlı olması sebebiyle güvenle kullanılabilirceği düşünölmektedir.

6. SONUÇ

Yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programı ile akıllı telefon uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programının tekrarlanabilirliğinin ve güvenilirliğinin altın standart olarak kabul edilen geleneksel Manuel analiz yöntemiyle kıyaslandığı ve analiz süreleri açısından değerlendirildiği çalışmamızın sonuçlarına göre;

- Manuel analiz yöntemi, uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programıyla çok yüksek derecede uyumlu bulunmuştur.
- Manuel analiz yöntemi, yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programıyla yüksek derecede uyumlu bulunmuştur.
- Her iki analiz yöntemi de güvenle kullanılabilir.
- Her üç sefalometrik analiz yöntemi de yüksek derecede tekrarlanabilirliğe sahip bulunmuştur.
- Yapay zeka destekli WebCeph sefalometrik analiz programının, diğer iki analiz yöntemine göre en hızlı analiz programı olduğu saptanmıştır.
- Uygulama destekli OneCeph sefalometrik analiz programı ‘Altın standart’ olarak kabul edilen Manuel analiz yöntemiyle daha uyumludur ve daha kısa sürede analiz yapmaya imkan tanımaktadır. Bu sebeple ‘Altın standart’ olarak kabul edilen Manuel analiz yöntemine en iyi alternatif olduğu sonucuna varılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Ülgen M. *Ortodonti Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı: Sayı 2*. İstanbul: T.C. Yeditepe Üniversitesi Yayınları, 2000: 10-400.
2. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia, *The Angle Orthod.*, 1931, 1: 45-66.
3. Tweed C. The Frankfort mandibular plane in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning and prognosis, *Am. J. Orthod.*, 1946, 32: 175-230. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. *Ortodontide Sefalometri* (II. Baskı), Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana, 2000: 3-18.
4. Downs WB. Variations in facial relationships. Their significance in treatment and prognosis, *Am. J. Orthod.*, 1948, 34:812-840. Alınmıştır: Uzel İ, Enacar A. *Ortodontide Sefalometri* (II. Baskı), Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana, 2000: 3-18.
5. Steiner CC. Cephalometrics for you and me, *Am. J. Orthod.*, 39: 729-755, 1953. Alınmıştır Uzel İ, Enacar A. *Ortodontide Sefalometri* (II. Baskı), Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana, 2000:3-18,
6. Ricketts RM. A principle of archial growth of the mandible, *The Angle Orthod.*, 1972, 42:368-386.
7. McNamara JA. A method of cephalometric evaluation, *Am. J. Orthod.*, 1984, 86: 449-469.
8. Arnett G V, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I, *Am. J. Orthod.*, 1993, 103(4):299-312.
9. Mamillapalli PK, Sesham VM, Neela PK, Mandalaju SP, Keesara S. A smartphone app for cephalometric analysis, *J. Clin. Orthod.*, 2016, 1(11):694-699.
10. Çelik E. Konvansiyonel Teknik ve Bilgisayar ile Yapılmış Sefalometrik Analizlerin Güvenilirlik Açısından Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Ankara: Başkent Üniversitesi, 2007.
11. Mahto RK, Khurbanda OP, Duggal R, Sardana HK. A comparison of cephalometric measurements obtained from two computerized cephalometric softwares with manual tracings, *J. Indian Orthod. Soc.*, 2016, 50:162-170.
12. Jacobson A, Jacobson R. *Radiographic Cephalometry From Basics To 3-D Imaging*, 2nd ed. Chicago: Quintessence Pub.; 2006.
13. Harorlı A, Akgül HM, Dağistan S. *Dişhekimliği Radyolojisi*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları, 2006.
14. Pacini AJ. *Roentgen Ray Anthropometry of the Skull*, 1922, 230-238.

15. Adams GL, Gansky SA, Miller AJ, Harrell WE, Jr H, DC. Comparison between traditional cephalometry and a 3- dimensional approach on human dry skulls, *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop*, 2004,126(4):397-409
16. Uzel İ, Enacar A. (2000) *Ortodontide sefalometri*, 2.Baskı, Ankara. 3-210
17. İşsan H. Ortodontik muayene ve ortodontik tedaviler, Ankara: G.Ü. Diş Hek. Vakfı G.Ü.İ.V. Yayınları, 1991, 9-167.
18. Houston W. The analysis of errors in orthodontic measurements, *Am. J. Orthod.*, 1983, 83:382-390.
19. Gribel BF, Gribel MN, Frazao DC, Mcnamara JA, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans, *Angle Orthod.*, 2011, 81:26-35.
20. Mori Y, Miyajima T, Minaki K, Sakuda M. An accurate three-dimensional cephalometric system: a solution for the correction of cephalic malpositioning, *Am. J. Orthod.*, 2001, 28:143-149.
21. Kazandjian S, Kiliaridis S, Mavropoulos A. Validity and reliability of a new edge-based computerized method for identification of cephalometric landmarks, *Angle Orthod.*, 2006, 76:619-624.
22. Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments, *Angle Orthod.*, 1999, 69:491-506.
23. Kantor ML, Philips CL, Profitt WR. Subtraction radiography to assess reproducibility of patient positioning in cephalometrics, *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 1993, 104:350-354.
24. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on cephalometric length measurements. *Eur. J. Orthod*, 1986, 8:141-148.
25. Edwin T, Parks D, Gail F. Williamson R. Digital Radiography: An Overview, *J. Contemp. Dent. Pract.*, 2002, 3(4):23-39.
26. Koch S, Wagner IV, Schneider W. Effective and quality-controlled use of digital radiography in dental practice. *Int. J. Comput. Dent*, 2000, 3:107-118.
27. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S. Digital imaging of cephalometric radiography, part 1: advantages and limitations of digital imaging, *Angle Orthod.*, 1996a, 66:37-42.
28. Van der Stelt PF. Principles of digital imaging, *Dent. Clin. North Am.*, 2000, 44: 237-248.
29. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. Çeviri: Akkaya N, Yandımata ZÇ. *Oral Radyoloji: İlkeler ve Yorumlama*, 7.baslıdan çeviri. Ankara, Palme Yayınevi,2018: sayfa no:43-44

30. Sanderink GC, Miles DA. Intraoral detectors, CCD, CMOS, TFT and other devices. *Dent. Clin. North Am.*, 2000, 44:249-255.
31. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. Çeviri: Akkaya N, Yandımata ZÇ. *Oral Radyoloji: İlkeler ve Yorumlama*, 7.baslıdan çeviri. Ankara, Palme Yayınevi, 2018: sayfa no:45-46
32. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Roberts CT. Digital imaging of cephalometric radiographs, part 2: image quality, *Angle Orthod.*, 1996b, 66:43-50 .
33. Baumrind S, Frantz R. The reliability of head film measurements, *Am. J. Orthod.*, 1971, 60: PMID: 5283996
34. İşman O. İki Farklı Sefalometrik Çizim ve Analiz Tekniğinin Sert ve Yumuşak Doku Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi, İstanbul: Yeditepe Üniversitesi, 2010.
35. Houston WJB, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs, *Eur. J. Orthod.*, 1986, 8:149-151.
36. S Russell P Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach 2nd ed*, Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall; 2003.
37. Obermeyer Z, Emanuel EJ. *Predicting the Future Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine*, *N. Engl. J. Med.*, 2016, 375(13):1216–1219.
38. Rajaraman V. John Mc Carthy father of artificial intelligence, *Resonance*, 2014, 19(3):198–207.
39. Subramanian AK, Chen Y, Almalki A, Sivamurty G. Cephalometric Analysis in Orthodontics Using Artificial Intelligence-A Comprehensive Review, *BioMed Res. Int.*, 2022, June.
40. A. Cohen, H.-S. Ip, and A. Linney. A preliminary study of computer recognition and identification of skeletal landmarks as a new method of cephalometric analysis, *British J. Orthod.*, 1984, 11(3):143–154.
41. Rosenblatt F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain, *Psychol Rev.*, 1958;65(6):386–408.
42. E Alpaydin. *Introduction to Machine Learning*. 3rd ed. MIT Press, editör, Cambridge, MA, USA; 2014.
43. Levy-Mandel AD, Venetsanopoulos AN, Tsotsos JK. Knowledge-based landmarking of cephalograms, *Comput Biomed Res*. 1986 Jun;19(3):282-309.
44. Park JH, Hwang HW, Moon JH, Yu Y, Kim H, Her SB. Automated identification of cephalometric landmarks: Part 1—Comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD, *Angle Orthod.*, 2019, 89(6):903-909.

45. Leonardi R, Giordano D, Maiorana F, Spampinato C. Automatic cephalometric analysis: A systematic review,, *Angle Orthod.*, 2008, 78:145-151.
46. Savage AW, Showfety KJ, Yancey J. Repeated measures analysis of geometrically constructed and directly determined cephalometric points, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1987, 91(4):295–9.
47. Hutton TJ, Cunningham S, Hammond P. An evaluation of active shape models for the automatic identification of cephalometric landmarks, *Eur. J. Orthod.*, 2000, 22(5):499–508.
48. Haugeland J. *Artificial intelligence: The very idea*, Cambridge, Mass: MIT Press.1985
49. Russel S, Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, (2. bas.) 2003.
50. Bishop CM, Nasrabadi NM. *Pattern recognition and machine learning*, Springer, New York, 2006.
51. Bichu YM, Hansa I, Bichu AY, Premjani P, Flores-Mir C, Vaid NR. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review, *Progress in Orthod.*, 2021, 22(1):1-11.
52. M. C. Mario, J. M. Abe, N. R. Ortega, and M. Del Santo Jr. Paraconsistent artificial neural network as auxiliary in cephalometric diagnosis, *Artificial Organs.*, 2010, 34(7):215-221.
53. Subasi A, Kiymik MK, Alkan A, Koklukaya E. Neural network classification of EEG signals by using AR with MLE preprocessing for epileptic seizure detection, *Mathematical and Computational Applications*, 2005, 10(1):57-70.
54. Talaat S, Kaboudan A, Talaat W. Improving the accuracy of publicly available search engines in recognizing and classifying dental visual assets using convolutional neural networks, *International Journal of Computerized Dentistry*, 2020, 23(3):211-218.
55. Shettigar P, Shetty S, Naik RD, Basavaraddi SM, Patil AK. A comparative evaluation of reliability of an android-based app and computerized cephalometric tracing program for orthodontic cephalometric analysis, *Biomed Pharmacol. J.*, 2019, 12(1):341-346.
56. Barbhuiya MH, Kumar P, Thakral R, Krishnapriya R. Reliability of mobile application based cephalometric analysis for chair side Evaluation of orthodontic patient in clinical practice, *J. Orthodont. Sci.*, 2021;10:16.
57. Ravi Kumar Mahto. Evaluation of fully automated cephalometric measurements obtained from web-based artificial intelligence driven platform, *BMC Oral Health*, 2022, 22:132.
58. Guedes P, De Souza J, Tuji FM, Nery EM. A Comperative Study of Manual vs. Computerized Cephalometric Analysis, *Dental Press J. Orthod.*, 2010, 15(2):44-51.

59. Paixao M.B, Sobral CB, Vogel CJ, De Araujo TM. Comparative study between manual and digital cephalometric tracing using Dolphin Imaging software with lateral radiographs, *Dental Press J. Orthod.*, 2010, 15(6):123-130.
60. İşeri H, Açıkbaş A, Yılmaz O. Bilgisayar metodu ve geleneksel metod ile yapılan sefalometrik ölçümlerin hassasiyet, tekrarlanabilirlik ve zaman açısından değerlendirilmesi, *Türk Ortod. Derg.*, 1992, 5:1-6.
61. Sarı Z, Başçiftçi AF, Uysal T, Malkoç S. Üç farklı sefalometrik film çizim yönteminde araştırmacılar ve tekniklerin karşılaştırılması, *Türk Ortod. Derg.*, 2002, 15: 99-107.
62. Sayinsu K, Işık F, Trakyalı G, Arun T. An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings, *Eur. J. Orthod.*, 2007, 29: 105-108.
63. Goracci C, Ferrari M. Reproducibility of measurements in tablet-assisted, PC-aided, and manual cephalometric analysis, *Angle Orthod.*, 2014, 84:437-442.
64. Shrestha R, Kandel S. A Comparative Study on Use of Manual Versus Digital Method using Mobile Application for Cephalometric Measurements *Orthodontic, J. Nepal*, 2020, 10(1):11-16
65. Aksakallı S, Yılcı H, Görükmez E, Ramoğlu Sİ. Reliability Assessment of Orthodontic Apps for Cephalometrics, *Turk J. Orthod.*, 2016, 29(4):98-102.
66. Khader DA, Peedikayil FC, Chandru TP, Kottayi S, Namboothiri D. Reliability of One Ceph software in cephalometric tracing: A comparative study, *SRM J Res Dent Sci* 2020;11:35-39.
67. Livas C, Delli K, Spijkervet FKL, Vissink A, Dijkstra PU. Concurrent validity and reliability of cephalometric analysis using smartphone apps and computer software, *Angle Orthod.*, 2019, 89(6):889-896.
68. Kallipalli SS, Kandikatla P, Priya CVP, Varma DPK. Smartphone-based Cephalometric Tracing App versus Computerized Cephalometric Tracing Program for Orthodontic Cephalometric Analysis: How Reliable?, *J. Res. Adv. Dent.*, 2022, 13(1):1-5.
69. Polat-Ozsoy O, Gökçelik A, Memikoğlu UT. Differences in cephalometric measurements: a comparison of digital versus hand-tracing methods, *European Journal of Orthodontics*, 2009, 31(3):254–259.
70. Meriç P, Nauomova J. Web-based Fully Automated Cephalometric Analysis: Comparisons between App-aided, Computerized, and Manual Tracings, *Turk J. Orthod.*, 2020, 33(3):142-149.
71. Çoban G, Öztürk T, Hashimi N, Yagci A. Comparison between cephalometric measurements using digital manual and web-based artificial intelligence cephalometric tracing software, *Dental Press J Orthod.*, 2022 27(4):e222112.

72. Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar-Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis, *Eur. J. Orthod.*, 2009, 31:241-246.
73. Björk A. Sutural growth of the upper face studied by the implant method, *Acta Odontologica Scandinavica*, 1966, 24 (2):109-127.
74. Steiner CC. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment, *Am. J. Orthod.*, 1960, 46(10):721-735.
75. Greenstein AV. The tweed philosophy, *Am J Orthod and Oral Surg.*, 1943, 29(9): 527-540.
76. Ricketts RM. Cephalometric analysis and synthesis, *Angle Orthod.*, 1961, 31(3):141-156.
77. Jarabak, Joseph R.; Fizzell, James A. *Technique and treatment with light-wire edgewise appliances*, C. V. Mosby Co. (1972).
78. Jacobson A. The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am. J. Orthod.*, 1975, 67 (2):125-138.
79. Mcnamara JA. A method of cephalometric evaluation, *Am. J. Orthod.*, 1984, 86: 449-469.
80. Mohan A, Sivakumar A, Nalabothu P. Evaluation of accuracy and reliability of OneCeph digital cephalometric analysis in comparison with manual cephalometric analysis—a cross-sectional study, *BDJ Open* 2021, 7:22.
81. Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels, 3rd DS. Study of Orthodontic Diagnosis and Treatment Procedures. Part 1. Results and trends, *J. Clin. Orthod.*, 1996, 30(11):615-629.
82. Naoumova J, Lindman R. A comparison of manual traced images and corresponding scanned radiographs digitally traced, *Eur. J. Orthod.*, 2009, 31(3):247-253.
83. Gotfredsen E, Kragsskov J, Wenzel A. Development of a system for craniofacial analysis from monitor-displayed digital images, *Dentomaxillofac. Radiol.* 1999, 28:123-126.
84. Spolyar JL. Head positioning error in cephalometric radiography, *The Angle Orthod.*, 1987, 57(1):77-87.
85. Eppley BL, Sadove AM. Computerized digital enhancement in craniofacial cephalometric radiology, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 1991, 49:1038-1043.
86. Goldberg MA. Pivovarov M, Mayo-Smith WW. Application of wavelet compression to digital radiographs, *American Journal of Roentgenology*, 1994, 163: 463-468.

87. Ongkosuwito EM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods, *Eur. J. Orthod.*, 2002, 24:655–665.
88. Chen YJ, Chen SK, Yao JCC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry, *Angle Orthod.*, 2004, 74(2):155-161.
89. Hagemann K, Vollmer D, Niegel T, Ehmer U, Reuter I. Prospective study on the reproducibility of cephalometric landmarks on conventional and digital lateral headfilms, *J. Orofac. Orthop.*, 2000, 61(2):91-99.
90. Power G. Dolphin Imaging Software: An analysis of the accuracy of cephalometric digitization and orthognathic prediction, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2005, 34(6): 619-626.
91. Chen Yj., Chen SK., Chan HF., Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry, *Angle Orthod.*, 2000, 70: 387-392.
92. Geelen W, Wenzel A, Gotfredsen E, Kruger M, Hansson LG. Reproducibility of cephalometric landmark in conventional film, hardcopy and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique, *Eur. J. Orthod.*, 1998, 20:331-340.
93. Zamrik OM, İşeri H. The reliability and reproducibility of an Android cephalometric smartphone application in comparison with the conventional method *Angle Orthod.*, 2021, 91:236-242.
94. İzgi E, Pekiner FN. Comparative evolution of conventional and OnyxCeph dental software measurement on cephalometric radiography, *Turkish Journal of Orthod.*, 32(2), 87-95.
95. Al Barakati SF, Kula KS, Ghoneima AA. The reliability and reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of conventional and digital methods. *Dentomaxillofac Radiol.*, 2012, 41(1):11–17.
96. Güllük S. Ceph ninja Ve Webceph Sefalometrik Analiz Uygulamasının Geleneksel Yöntemle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yeni Yüzyıl Üniversitesi, 2022.
97. Sekiguchi T, Savara BS. Variability of cephalometric landmarks used for face growth studies, *Am. J. Orthod.*, 1972, 61(6):603-18.
98. Mosleh MAA, Baba MS, Malek S, Almaktari RA. Ceph-X: development and evaluation of 2D cephalometric system *The Author(s), BMC Bioinformatics* 2016, 17: 194-295.
99. Erkan M, Gurel HG, Nur M, Demriel B. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs, *Eur. J. Orthod.*, 2012, 34(3):318-321.

100. Gupta SP, Dahal S, Rauniyar S. Reproducibility and speed of cephalometric tracing between manual versus digital method, *Orthodontic Journal of Nepal*, 2021, 11(2):39-45
101. Tsolakis IA, Tsolakis AI, Elshebiny T, Mathaios S. Comparing a Fully Automated Cephalometric Tracing Method to a Manual Tracing Method for Orthodontic Diagnosis, *J. Clin. Med.*, 2022, 11:6854.
102. Santoro M, Jarjoura K, Cangialosi TJ. Accuracy of digital and analogue cephalometric measurements assessed with the sandwich technique, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2006, 129:345–351.
103. Uysal T, Baysal A, Yagci A. Evaluation of speed, repeatability, and reproducibility of digital radiography with manuel versus computer assisted cephalometric analyses, *Eur. J. Orthod.*, 2009, 31(5):523-528.
104. Sayar G, Kilnic DD. Manual tracing versus smartphone application (app) tracing: A comparative study, *Acta Odontol. Scand.*, 2017, 75:588-594.
105. Nunnally J C. *Psychometric theory*, New York: McGraw Hill, 1978. 701p
106. Noush MP, Esmaily M. Comparison Between Digital and Ordinary Methods in Analyzing Cephalometric Radiographic Images, *Iran J. Ortho.*, 2015, 10(1):4862.
107. Chen SK, Chen YJ, Yao CC, Chang HF. Enhanced speed and precision of measurement in a computer-assisted digital cephalometric analysis system, *Angle Orthod.*, 2004, 74:501-507.