

ÖZGÜN ARAŞTIRMA

İki farklı web tabanlı çevrimiçi sefalometrik analiz yazılımının güvenilirliğinin değerlendirilmesi

Evaluation of the reliability of two different web-based online cephalometric analysis software

Dr. Öğr. Üyesi Gülden Karabiber

İstanbul Medeniyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD, İstanbul
Orcid ID: 0000-0001-9227-0304

Dr. Öğr. Üyesi Ece Abuhan

Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti AD, İstanbul
Orcid ID: 0000-0002-0803-1421

Dr. Elvan Onem Ozbilen

Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti AD, İstanbul
Orcid ID: 0000-0002-5052-2320

Geliş tarihi: 18 Ocak 2022

Kabul tarihi: 10 Kasım 2022

doi: 10.5505/yeditepe.2023.26566

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Gülden Karabiber
İstanbul Medeniyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD.
Eski Ankara Asfaltı Cad. Fatih Mah. 34956 Tuzla
Orhanlı/ İstanbul
Tel: 905336261802 [SMS]
E-posta: guldenkarabiber@hotmail.com

ÖZET

Amaç: Sefalometrik analiz, ortodontik teşhis ve tedavi planlamasında önemli bir tanı aracıdır. Günümüzde az maliyetli ve zaman tasarrufu sağlayan web tabanlı çevrimiçi yazılımlar popülerlik kazanmıştır. Ancak bu yazılımların güvenilirliği ayrı bir tartışma konusudur. Çalışmanın amacı iki farklı web tabanlı çevrimiçi yazılımın güvenilirliklerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı arşivinden elde edilen 40 hastaya ait lateral sefalometrik röntgenler, dijital sefalometrik analiz programı olan Nemoceph (Nemotech, Madrid, İspanya) programı ile web tabanlı olan OrthoDx (Phimentum, Boston, ABD) ve Webceph (AssembleCircle Corp., Kore) programları yardımıyla analiz edilmiştir. Analizde kullanılan anatomik noktaları yapay zekâ ile saptayan internet tabanlı programlar için noktaların konumları kullanıcı tarafından teyit edilmeden önce ve teyit edildikten sonraki analiz sonuçları kaydedilmiştir. Her ölçüm için harcanan süre kaydedilmiştir. Çalışmada doğruluğu literatürde kanıtlanmış Nemoceph programı altın standart kabul edilerek, diğer programlar ile yapılan sefalometrik analizlerdeki doğruluk oranının karşılaştırılması ve analizler için harcanan sürelerin arasındaki farklılık değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çizim süreleri açısından aralarında anlamlı fark bulunmuştur. İskeletsel ölçümlerde, OrthoDx ve WebCeph, düzeltilmiş OrthoDx ve WebCeph, OrthoDx ve düzeltilmiş WebCeph, düzeltilmiş OrthoDx ve düzeltilmiş WebCeph arasında sadece GoMe-SN değerinde anlamlı fark bulunmuştur. Dental ölçümlerde ise Occ-SN ölçümünde yöntemler arasında anlamlı fark bulunmuştur. Occ-FH değerinin karşılaştırılmasında ise sadece WebCeph düzeltilmiş ve Nemoceph arasında anlamlı fark bulunmuştur. Yumuşak doku ölçümlerinde ise anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç: Web tabanlı çevrimiçi yazılımlar bilgisayar yazılımları ile benzer sonuç vermesi nedeni ile güvenilir olarak kabul edilebilir.

Anahtar kelimeler: OrthoDx, WebCeph, Nemoceph, dijital sefalometrik analiz, yapay zeka tabanlı çevrimiçi analiz programı.

ABSTRACT

Aim: Cephalometric analysis is an important diagnostic tool in orthodontic diagnosis and treatment planning. Low cost and time saving web-based softwares have become popular. However, whether these softwares are reliable or not is a discussion topic. The aim of this study is to compare the reliability of two different web-based online softwares.

Material and Methods: Lateral cephalometric x-rays of 40 patients retrieved from the archive of.. University, Dentistry

Faculty, Department of Orthodontics were analyzed by the digital cephalometric analysis software Nemoceph (Nemotech, Madrid, Spain) and web-based OrthoDx (Phimentum, Boston, USA) and Webceph (AssembleCircle Corp., Korea) softwares. Web-based softwares detect the anatomical landmarks by artificial intelligence. The analysis results were recorded before and after these landmarks were confirmed by the user. The time spent for each analysis was recorded. Accuracy of Nemoceph has been proven in the literature and Nemoceph was accepted as gold standard. The comparison of the accuracy rate of different cephalometric analyzes and difference between the time spent for the analyzes were evaluated.

Results: There was a significant difference between tracing durations. In skeletal measurements, only difference found in GoMe-SN measurement between OrthoDx and WebCeph, OrthoDx corrected and WebCeph, OrthoDx and WebCeph corrected, OrthoDx corrected and WebCeph corrected. A significant difference was found between the analyzez in Occ-SN measurement. When comparing the Occ-FH, there was only a significant difference between WebCeph corrected and Nemoceph. There was no significant difference in soft tissue measurements.

Conclusion: Web-based online software can be accepted as reliable, because they give similar results with computer software.

Key words: OrthoDx, WebCeph, Nemoceph, digital cephalometric analysis, artificial intelligence-based online analysis program.

GİRİŞ

Sefalometrik analiz, ortodontik tedavi planlaması ve değerlendirilmesi için önemli bir tanı aracıdır.¹ Bu metodun tanımlandığı ilk zamanlarda, konvansiyonel yöntemle elde edilen lateral sefalometrik radyografi üzerinde bazı anatomik noktalar kalem ile manuel olarak işaretlenip sonrasında bu noktalardan çeşitli ölçümler yapılmaktaydı.^{2,3} Manuel sefalometrik analiz tekniğinin zaman alıcılığı, büyük depolama alanı gerektirmesi, arşiv kayıtlarına ulaşımında zorluk ve kimyasal tehlike gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır.⁴ Teknolojinin gelişmesi ile birlikte sefalometrik analiz, dijital olarak elde edilen sefalometrik radyografiler üzerinde özel bilgisayar yazılımları ile dijital olarak yapılmaya başlanmıştır.⁵ Bilgisayarlı sefalometrik analiz kolay arşivlenme, basit, hassas ve hızlı olması nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Dijital görüntünün çözünürlüğünü geliştirme olanağı ise dijital analizin doğruluğuna katkıda bulunmaktadır.⁶ Günümüzde dijital sefalogramlar üzerinde sefalometrik ölçümler yapılabilmesi için çeşitli yazılım programları mevcuttur.^{7,8} Klinisyenler, hastanın istek ve ihtiyacına göre en iyi tedavi planını daha rahat seçebilmek için bu programlar ile çeşitli tedavi planlamalarını simüle edip tahmini sonuç elde edebilir. Ayrıca bazı programlarda, ortognatik cerrahi simülasyonu sayesinde hastanın profil değişikliğini fotoğrafik dönüştürme tekniği ile tahmin edebilmek de mümkündür. Tedavi hedefinin görsel olarak sunulması hastanın tedaviyi kabul etme motivasyonunun arttırılmasına da katkı sağlar. Bu nedenle bilgisayar destekli sefalometrik yazılım programları geleneksel çizim yöntemi ile karşılaştırıldığında etkili bir teşhis ve görsel sunum aracıdır. En son araştırmalar, konvansiyonel sefalometrik radyograflarda kalemle manuel olarak çizilerek belirlenen anatomik noktalardan elde edilen ölçümler ile dijital görüntü üzerinde bilgisayar yazılımı ile dijital olarak hekim tarafından belirlenen noktalardan elde edilen ölçümler arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen klinik olarak önemsiz olduğu sonucuna varmıştır.^{7,8} Bilgisayar yazılımları ile yapılan sefalometrik analiz, manuel analiz ile karşılaştırıldığında her ikisinde de anatomik noktalar çizim yapan kişi tarafından tek tek belirlense de bilgisayar yazılımı ile yapılan dijital analiz daha az zaman almaktadır.^{9,10} Ancak klinisyenler, bu zamanın daha da az olmasını ve anatomik nokta belirlerken kişisel işaretleme hatalarının olmamasını istemektedir. Bu amaçla, yapay zeka tabanlı otomatik sefalometri analiz programları üretilmiştir.¹¹ Yapay zekanın kullanıldığı yazılımlar ile anatomik noktalar tek seferde otomatik olarak program tarafından belirlenerek hem subjektif hataların ortadan kaldırılması amaçlanmış hem de analiz süresi daha da azaltılmaya çalışılmıştır.^{12,13} Tüm bu gelişmelerin ışığında, birçok araştırmacı bu analiz yöntemlerinin birbirine olan üstünlüklerini incelemek için çalışmalar yapmıştır. Bu zamana kadar yapılan çalışmaların birçoğu manuel analiz yöntemi ve bilgisayar yazılımları ile yapılan analiz yöntemlerini kıyaslamıştır.¹⁴⁻²⁰ Yapay zeka tabanlı otomatik sefalometrik analiz yazılımlarının kullanılmaya başlanması ile bunları bilgisayar yazılımları ile kıyaslayan²¹, manuel analiz yöntemi ile kıyaslayan¹⁷ ya da aynı anda her ikisi ile kıyaslayan²² çalışmalar da yapılmıştır. Bilindiği gibi, güvenilir bir sefalometrik analiz için film üzerinde anatomik yer işaretlerinin doğru tanımlanması kritik öneme sahiptir.¹ Bu nedenle, son zamanlarda geliştirilen çevrimiçi internet tabanlı otomatik analiz programlarının kullanımının güvenilir olup olmadığının değerlendirilmesi önemlidir.^{23,24} Buradan yola çıkarak, bu çalışmada iki farklı internet tabanlı yapay zeka kullanan otomatik programın ölçüm süresi ve ölçüm güvenilirliğinin manuel çizim ile karşılaştırılıp doğruluğu belirlenmiş olan bilgisayar yazılımı Nemoceph (Nemotech, Madrid, İspanya)²⁵ ile kıyaslanarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın hipotezi,

analiz yöntemleri arasında ölçüm güvenilirliği ve süre açısından bir fark olmadığı yönündedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma için etik kurul onayı Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından verilmiştir (2021-759). Yapılan güç analizi sonucunda 0,01 alfa hatası ve 0,95 güç için 31 hasta yeterli bulunmuştur. Etki büyüklüğü önceki bir çalışmanın sonuçlarına göre hesaplanmıştır [22]. Çalışmada, Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı'nda tedavi görmüş olan 40 hastadan tanı ve tedavi planlaması amacıyla rutin olarak alınan lateral sefalometrik radyografiler kullanılmıştır. Röntgen filmlerinin standardizasyonu için baş pozisyonu Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde ayarlanmış, hastanın sentrik ilişkide ve dudaklarının istirahat pozisyonunda olması sağlanmıştır. Tüm sefalometrik radyografiler aynı cihaz ile elde edilmiştir. Kraniofasial deformitelere ve erüpsiyonu tamamlanmamış dişlere sahip hastalar, anatomik noktaların tanımlamasını engelleyebilecek artefaktlara sahip düşük kaliteli sefalogramlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Metot hatasının azaltılması amacıyla aynı gün içerisinde 5 adetten fazla röntgen filmi analizi yapılmamış ve tüm ölçümler iki kere yapılmıştır. Her hasta için 5 adet iskeletsel, 7 adet dental ve 2 adet yumuşak doku parametresi ölçülmüştür (Tablo 1, Figür 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan anatomik noktalar, düzlemler ve sefalometrik ölçümlerin tanımları.

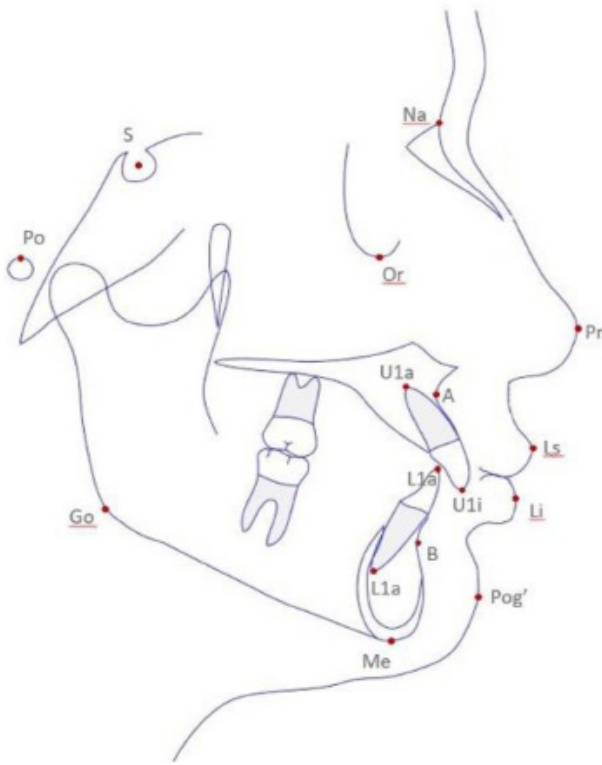
Anatomik noktalar	
Sella (S)	Sella tursica'nın geometrik ortası
Nasion (N)	Frontonasal sütünun en anterior noktası Anterior nasal spina'dan üst kesici diş
A Noktası (A)	uzanan kemik konkavitesinin en derin noktası
B Noktası (B)	Alt kesici diştin çene ucuna uzanan kemik konkavitesinin en derin noktası Ramus mandibulanın arka kenarına ve korpus mandibulanın alt kenarına çizilen
Gonion (Go)	teğetlerin oluşturduğu açının açı ortayının alt çene kemiğinin dış sınırını kestiği nokta
Menton (Me)	Mandibular simfizinin dış konturu üzerindeki en alt nokta
Porion (Po)	Meatus acusticus externusun en üst noktası
Orbitale (Or)	Orbitanın inferior kenarının en alt noktası
U1i	Üst santral kesici dişin kesici kenarı
U1a	Üst santral kesici dişin kök apeksi
L1i	Alt santral kesici dişin kesici kenarı

L1a	Alt santral kesici dişin kök apeksi
Pog'	Yumuşak doku pogonion
Pronasale (Pr)	Burun ucunun dış büyü olduğu bölgesinin en anterior noktası
Labialis superior (Ls)	Üst dudağın en anterior noktası
Labialis inferior (Li)	Alt dudağın en anterior noktası

Düzlemler	
FH Düzlemi	Porion ve orbitale noktalarından geçen düzlem, Frankfurt Horizontal Düzlemi
Mandibuler Düzlem	Gonion ve menton noktalarından geçen düzlem Alt ve üst 1. molar dişlerin mesiobukkal tüberkül tepelerinin ve alt ve üst santral kesici dişlerin kesici kenarlarının uç noktalarının orta noktalarından geçen düzlem
Oklüzal Düzlem	Pog' ve Pronasale'den geçen doğru
GoMe Düzlemi	Gonion ve menton noktalarından geçen düzlem
SN Düzlemi	Sella ve nasion noktalarından geçen düzlem, ön kafa kaidesi

Parametreler	
SNA (°)	S, N ve A noktaları arasındaki açı
SNB (°)	S, N ve B noktaları arasındaki açı
ANB (°)	A, N ve B noktaları arasındaki açı
GoMe-SN (°)	Go-Me ve SN düzlemleri arasındaki açı
FMA (°)	FH düzlemi ve mandibular düzlem arasındaki açı
I-NA (°)	Üst en ileri kesici dişin eksenini ile NA doğrusu arasında oluşan açı
I-NA (mm)	Üst en ileri kesici dişin kesici kenarının NA doğrusuna olan uzaklığı
I-NB (°)	Alt en ileri kesici dişin eksenini ile NB doğrusu arasında oluşan açı
	Alt en ileri kesici dişin kesici kenarının NB

I-NB (mm)	doğrusuna olan uzaklığı
I-I (°)	Alt ve üst kesici diş eksenleri arasındaki açı
Occ-SN (°)	SN ve oklüzal düzlem arasındaki açı
Occ-FH (°)	Frankfort Horizontal Düzlemi ile oklüzal düzlem arasındaki açı
Ls E-doğrusu (mm)	Üst dudağın en anterior noktası ve E doğrusu arasındaki uzaklık
Li E-doğrusu (mm)	Alt dudağın en anterior noktası ve E doğrusu arasındaki uzaklık



Figür 1. S: Sella; N: Nasion; Or: Orbitale; Po: Porion; Pr: Pronasale; U1a: Üst keser diş apeksi; U1i: Üst kesici diş kesici kenarı; L1a: Alt keser diş apeksi; L1i: Alt keser diş kesici kenarı; A: A noktası; B: B Noktası; Ls: Üst dudağın en anterior noktası; Li: Alt dudağın en anterior noktası; Go: Gonyon; Me: Menton, Pog': Yumuşak doku pogonion.

Ölçümler yapılırken dijital sefalometrik analiz programı olan Nemoceph (n) (Nemotech, Madrid, İspanya) programı ve otomatik çevrimiçi internet tabanlı olan OrthoDx (o) (Phimentum, Boston, ABD) ve Webceph (w) (AssembleCircle Corp., Kore) programları kullanılmıştır. İnternet tabanlı yapay zeka kullanan otomatik programlar OrthoDx ve Webceph'in otomatik nokta belirleme özellikleri ile analizlerin yapılmasının ardından, otomatik olarak belirlenen bu noktaların kullanıcı tarafından dijital ekranda manuel olarak düzeltilmesinden sonra elde edilen ölçümler tekrar kaydedilmiştir. Nemoceph programında anatomik noktalar kullanıcı tarafından manuel olarak belirlendiği için tek analiz yapılmıştır. Elde edilen değerler "ortalama±standart deviasyon" şeklinde kaydedilmiştir (Tablo 2).

ÖLÇÜMLER	Nemoceph (n)		p		Ort±SS	NS
	Min	Ort±SS	Min	Ma ks		
İSKELETS EL						
SNA (°)	64.8	79.14±3.71	71	87	79.27±3.41	NS †
SNB (°)	67.61	77.55±3.71	70	86	77.27±3.46	NS ‡
ANB (°)	-2.81	1.58±2.54	-2	8	2.07±2.77	NS †
GoMe-SN (°)	26.83	36.59±3.51 ^{b,c}	29	43	35.7±3.22 ^{a,b}	0.01 †
FMA (°)	20.62	27.89±3.51	20	31	26.9±2.8	NS †
DENTAL						
I-NA (°)	18.48	27.94±7.35	8	36	26.17±7.02	NS †
I-NA (mm)	1.73	6.2±2.57	0.4	9.9	5.86±2.73	NS †
I-NB (°)	12.97	24.58±6.38	13	36	24.1±5.71	NS †
I-NB (mm)	1.05	4.79±2.28	0.8	10	4.78±2.31	NS ‡
I-I (°)	107.48	125.92±11.68	109	149	127.73±10.95	NS †
Occ-SN (°)	6.78	16.54±3.7	10	25	17.73±3.66	NS †
Occ-FH (°)	0.7	7.81±3.56 ^{a,b}	3	17	9.07±3.52 ^b	0.038 ‡
YUMUŞAK DOKU						
UL-E Çizgisi (mm)	-11.19	4.91±3.77	11.8	1.1	4.88±3.7	NS †
LL-E Çizgisi (mm)	-5.79	1.84±3.65	-9	3.5	2.77±3.38	NS †
SÜRE (saniye)	13.44	167.22±26.61 ^{b,c}	181.95	312.98	220.36±27.8	0.01 ‡

Sefalometrik analizler sırasında harcanan süre her analiz için kronometre yardımıyla ölçülmüş olup, yapay zeka özelliğinden faydalanılan ölçümlerde (w, o) kalibrasyon aşaması, anatomik noktaların program tarafından otomatik olarak belirlenmesi ve yapay zekanın analiz sonuçlarını hesaplamasını kapsarken, kullanıcı tarafından düzeltme yapılan ölçümlerde (Webceph düzeltilmiş-wd ve OrthoDX düzeltilmiş-od) bu süreye anatomik noktaların kullanıcı tarafından kontrol edilme aşaması da eklenmiştir. Nemoceph programında ise kalibrasyon aşaması, noktaların kullanıcı tarafından belirlenmesi ve programın analiz sonuçlarını otomatik olarak hesaplaması için harcanan süre ölçülmüştür.

Bilgisayarlı Sefalometrik Analiz

Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen analizde, görüntü özellikleri 2285x2216 piksel, 150 dpi ve 24 bit olan "jpeg" uzantılı sefalometrik röntgen görselleri Nemoceph (Nemotech, Madrid, İspanya) programına aktarılmıştır. Dijital röntgen filmleri cihaz üzerindeki cetvel çubuk yardımıyla kalibre edilmiştir. Anatomik noktalar araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen ölçüm sonuçları yazılım tarafından hesaplanmıştır.

İnternet Tabanlı Dijital Sefalometrik Analiz

OrthoDx (Phimentum, Boston, ABD) ve Webceph (AssembleCircle Corp., Kore) adlı çevrimiçi otomatik sefalometrik analiz programlarına 2285x2216 piksel, 150 dpi ve 24 bit olan "jpeg" uzantılı sefalometrik röntgen görselleri

yüklendikten sonra, görseller kalibre edilmiştir. Sistemler anatomik noktaların yerini otomatik olarak belirlemiş, bunun yanı sıra araştırmacı tarafından gerekli görülen yerlerde manuel düzeltmeler yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Veriler bilgisayarda SPSS 25.0 (Statistical Packages of Social Sciences) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir.

Açıklayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değer şeklinde, kategorik değişkenler ise frekans ve yüzde şeklinde gösterilmiştir.

Normal dağılıma uyan değişkenlerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi, normal dağılıma uymayan değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan değişkenlerin ikili karşılaştırılması için post-hoc çoklu karşılaştırma testlerinden Bonferroni düzeltmesi uygulanarak yorumlanmıştır. $p < 0,05$ olması durumunda aradaki fark anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Sınıf içi korelasyon katsayısı tüm parametreler için 0,887 ve 0,995 arasında saptanarak, ölçümler arasında yüksek derecede uyum görülmüştür.

İskeletsel değerlendirme:

SNA (o), SNB (o), ANB (o) ve FMA (o) ölçümleri karşılaştırıldığında yöntemler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmayıp, GoMe-SN (o) ölçümü karşılaştırıldığında yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (Tablo 2).

Dental değerlendirme:

I-NA (o), I-NA (mm), I-NB (o), I-NB (mm), I-I (o) ölçümleri karşılaştırıldığında yöntemler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 2). Occ-SN (o) ölçümü karşılaştırıldığında ise tüm yöntemler arasında anlamlı fark bulunmuştur (Tablo 2). Occ-FH (o) ölçümünün karşılaştırılmasında ise sadece WebCeph düzeltilmiş (wd) ve Nemoceph (n) arasında anlamlı fark bulunmuştur (Tablo 2).

Yumuşak doku değerlendirmesi:

LS-E Çizgisi ve Li-E Çizgisi ölçümlerinde yöntemler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 2).

Analiz süresi açısından değerlendirme:

WebCeph-WebCeph düzeltilmiş, WebCeph-OrthoDx düzeltilmiş, WebCeph-Nemoceph, OrthoDx-WebCeph düzeltilmiş, OrthoDx-OrthoDx düzeltilmiş, OrthoDx-Ne-

moceph, WebCeph düzeltilmiş-Nemoceph yöntemlerinin karşılaştırılması arasında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

TARTIŞMA

Sefalometrik analiz, ortodontik tedavi planlamasında oldukça önemli bir yer teşkil eder. Analizde bilindiği gibi anatomik noktaların doğru işaretlenmesi çok önemlidir. Bu yolla elde edilen verilerde kesinlik ve tekrarlanabilirlik ortodontistler için oldukça büyük önem taşımaktadır. Konvansiyonel yöntemlerdeki hatalar, radyografinin elde edilmesi, anatomik noktaların belirlenmesi ve ölçümlerden kaynaklanır.^{23,26-28} Manuel çizim yöntemi dijital çizimle kıyaslandığında, bilgisayar programlarının güvenilir olduğu ve geleneksel yöntemlere mükemmel bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır.²⁹ Sefalometrik analiz için kullanılan bilgisayar yazılımlarının çoğunlukla manuel teknikle karşılaştırılabilir doğrulukla güvenilir olduğu kanıtlanmış olmasına rağmen, mevcut bu yazılımların satın alınabilirliğindeki yüksek maliyet, gelişmekte olan ülkelerde rutin klinik kullanımında ortodontistler için bir sorun olmaya devam etmiştir. Özellikle konsültasyon pratiğinde anlık olarak bazı sefalometrik değerlerin inceleme gerekliliği de bu nedenle çoğu zaman yerine getirilememektedir. Tüm bu nedenlerle, ortodontistler için ek bir maddi ve envanter yükü olmayan, her zaman ve her yerde ulaşılabilir, ekonomik ve hızlı bir sefalometrik analiz yazılımı talebi artmıştır.³⁰

Günümüzde dijital sefalometrik analiz yalnızca bilgisayar yazılımı olarak değil, aynı zamanda anatomik noktaları otomatik işaretlemenin mümkün olduğu tablette çalışan uygulamalar veya internet tabanlı çevrimiçi uygulamalar olarak da mevcuttur. Çalışmamızın odak noktası farklı iki çevrimiçi yazılımın güvenilirliğini, birbirleri ile ve doğrulamasını yapabilmek için ise güvenilirliği kabul görmüş bir bilgisayar yazılımı ile kıyaslayarak test etmektir.

Çalışmamızda kullandığımız Nemoceph yazılımını elle çizim yöntemi ile kıyaslayan bir çalışma sonucuna göre ölçüm sonuçları benzer bulunduğu için bilgisayar yazılımı ile yapılan dijital sefalometrik analizler güvenilir olarak kabul edilir.²⁵

Otomatik işaretleme yapılan programlarda yapay zekadan kaynaklı hataları ortadan kaldırmak için anatomik referans noktalarını kontrol edip düzeltmek gerekebilmektedir. Bu açıdan bakıldığı zaman, OrthoDx analizinde düzeltme işlemi (od) yapılırken analiz süresi neredeyse Nemoceph'e (n) benzer çıkmaktadır (Tablo 2). WebCeph'te düzeltme (wd) yapıldığında ise süre açısından Nemoceph ile arasında fark olduğu görülmüştür. Düzeltilmiş WebCeph ile daha hızlı sonuç elde edilebilmektedir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı olsa da klinik olarak önemli miktarda fark yoktur. Analizlerin elde edilme süreleri karşılaştırıldığında büyükten küçüğe şu şekilde olduğu görülmüştür: $n > od > wd > o > w$ (Tablo 1)s.

Meriç ve arkadaşlarının çalışma sonuçları da çalışmamıza benzer olup, süre açısından sıralama Dolphin bilgisayara yazılımı (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA) > düzeltilmiş CephX (ORCA Dental AI, Wilmington, DE) > CephX (çevrimiçi internet tabanlı program) olarak bildirilmiştir.²² Buradan anlaşıldığı gibi internet tabanlı programlar ile analiz daha hızlı şekilde elde edilebilmektedir.

Ölçüm güvenilirliğine baktığımızda, klinik olarak çok büyük bir fark yaratmayacağını düşünülse de iskeletsel ölçümler arasında sadece GoMe-SN (X) değerinde gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunmuştur. Bu fark Nemoceph (35.7±3.22(X)) ve çevrimiçi internet tabanlı uygulamalar, o (36.55±3.61(X)) ve od (36.59±3.51(X)), w (36.59±3.51(X)) ve wd (33.63±3.37(X)) arasında görülmezken, farklı çevrimiçi internet tabanlı programlar arasında (w ve o, w ve od, o ve wd, od ve wd) görülümüştür. GoMe-SN açısı o'da wd'ye göre, od'de ise w ve wd'ye göre daha yüksek ölçülürken; w'de o'ya göre bu değer daha yüksek bulunmuştur.

Chen ve arkadaşlarına⁷ ve Schultze ve arkadaşlarına³¹ göre, dijital ve manuel teknik arasındaki farkın 2 birimden az olması teknik için klinik olarak kabul edilebilir anlamına gelmektedir (doğrusal ölçümler için 1 birim = 1 mm ve açısal ölçümler için 1 birim = 1°). Çalışmamızda birimsel GoMe-SN değerinde birimsel farka baktığımızda çevrimiçi internet tabanlı dijital programlarla, Nemoceph arasında fark olmadığını görülmesi (fark 2 birimden az) ölçüm güvenilirliğini desteklemektedir. Ancak, çevrimiçi uygulamalar birbiri ile karşılaştırıldığında OrthoDx'in bu değeri (GoMe-SN) WebCeph'e göre daha fazla ölçtüğü ancak OrthoDx ile Webceph'e göre birimsel olarak Nemoceph'e daha yakın sonuç elde edildiği söylenebilir.

Meriç ve arkadaşları²² ise yaptıkları benzer çalışmada GoMe-SN (°) değerinde Dolphin (35.7 ± 7.1(X)) ve CephX (40.3 ± 6.5(X)) arasında bir fark bulurken, CephX düzeltilmiş (38.7 ± 6.6(X)) ve Dolphin arasında bu farkın kaybolduğu görülmüştür. Buradan anlaşıldığı gibi WebCeph ve OrthoDx programları üzerinde düzeltme yapılmazsa da GoMe-SN (X) değerini Nemoceph yazılımı ile benzer şekilde ölçmüştür. Ancak CephX programı ile yapılan çizim üzerinde düzeltme yapılmazsa, ölçümler Dolphin ile farklı çıkmaktadır. Burada daha detaylı bilgi elde edilebilmesi için CephX programının Webceph ve OrthoDx ile karşılaştırılması faydalı olacaktır.

Çalışmamızda dental ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında parametrelerin büyük çoğunluğunda fark görülmezken, sadece Occ-FH (X) değerinde anlamlı bir fark görülmüştür. Bu fark çevrimiçi internet tabanlı programlar arasında olmayıp, Nemoceph ve düzeltilmiş WebCeph arasında. Nemoceph'te (9.07±3.52(X)) düzeltilmiş WebCeph'e (6.57±2.68(X)) göre bu değer daha yüksek ölçülmüştür.

Meriç ve arkadaşları²² ise I-NA (X) ve I-NB (X) değerlerinin CephX ve Dolphin arasında anlamlı bir fark olduğunu

bildirmiş ancak bu fark CephX'te düzeltme yapıldığında görülmemiştir. OrthoDx ve WebCeph'te düzeltme yapılmadan da Nemoceph ile benzer sonuç elde edilirken, CephX'te benzer sonucu elde etmek için düzeltmeye gerek duyulmuştur. İleriki çalışmalarda CephX, WebCeph ve OrthoDx programlarının karşılaştırılması bu konuda daha net bir bilgiye ulaşmamızı sağlayacaktır.

Dental ölçümlerde görülen bu farklar özellikle maksiller ve mandibular kesici dişleri içeren bazı ölçümlerin belirlenmesindeki zorluktan kaynaklı olabilir; dolayısıyla bu tür yapıların, filtre veya yakınlaştırma kullanılmasına rağmen, yalnızca manuel çizimde değil, dijital çizimlerde de düşük güvenilirliğe sahip olduğu gösterilmiştir.^{32,33}

Yumuşak doku incelemesinde dudak ölçümlerinde ise, Paixão ve arkadaşları³², manuel çizim ve dijital çizim arasında yumuşak doku ölçümlerinde bir fark olmadığını belirtmiştir. Meriç ve arkadaşları²² da dijital sistemler arasında yumuşak doku ölçümlerinde bir farklılık bulamamıştır. Aynı şekilde bu çalışmada da yumuşak doku ölçüm güvenilirliğinde bir fark bulunmamıştır. Tüm bunlardan farklı olarak Tikku ve arkadaşları²⁵ manuel ve dijital ölçüm yöntemleri arasında üst dudak ölçümlerinde anlamlı fark bulamazken, alt dudak ölçümlerinde istatistiksel bir fark bulunmuştur. Ancak bahsedilen çalışmada 2mm ve 2° altındaki farklar klinik olarak kabul edilebilir olarak düşünülmüştür. Alt dudakta görülen istatistiksel olarak anlamlı olan fark aslında 2 birimden az olduğu için klinik olarak anlamsız olarak düşünülmüştür. Yani yumuşak doku dudak ölçümleri manuel, dijital ya da otomatik dijital sistemler ile benzer şekilde ölçülebilmektedir.

SONUÇ

OrthoDx ve WebCeph çevrimiçi sefalometrik yazılımlarının sonucu güvenilir olup, rutin klinik pratiğinde kullanım için belli bir bilgisayara bağlı kalmadan her bilgisayarda kullanılabilmesi, düşük maliyet ve kısa sürede analiz elde edebilmesi bu programları avantajlı hale getirmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tng TT, Chan TC, Hägg U, Cooke MS. Validity of cephalometric landmarks. An experimental study on human skulls. Eur J Orthod. 1994 Apr;16(2):110-20. doi: 10.1093/ejo/16.2.110.
2. Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, Drozdal M, Turcotte S, Pal CJ, Kadoury S, Tang A. Deep Learning: A Primer for Radiologists. Radiographics. 2017 Nov-Dec;37(7):2113-2131. doi: 10.1148/rg.2017170077.
3. Russell S, Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. 3rd ed. Upper saddle river: Pearson; 2009.
4. Naragond A, Kenganal S, Sagarkar R, Kumar NS, Sagaradday. Diagnostic limitations of cephalometrics in orthodontics: A review. J Dent Med Sci. 2012; 3:30-5.
5. da Silva MB, Sant'Anna EF. The evolution of cepha-

- lometric diagnosis in orthodontics. *Dental Press J Orthod.* 2013 May-Jun;18(3):63-71. doi: 10.1590/s2176-94512013000300011.
- 6.** Nikneshan S, Mohseni S, Nouri M, Hadian H, Kharazifard MJ. The Effect of Emboss Enhancement on Reliability of Landmark Identification in Digital Lateral Cephalometric Images. *Iran J Radiol.* 2015 Apr 22;12(2): e19302. doi: 10.5812/iranradiol.19302.
- 7.** 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 Aug;74(4):501-7. doi: 10.1043/0003-3219(2004)074<0501:ESAPOM>2.0.CO;2.
- 8.** Schulze RK, Gloede MB, Doll GM. Landmark identification on direct digital versus film-based cephalometric radiographs: a human skull study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Dec;122(6):635-42. doi: 10.1067/mod.2002.129191.
- 9.** Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod* 1931; 1: 45-66.
- 10.** Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *Eur J Orthod.* 2009 Jun;31(3):241-6. doi: 10.1093/ejo/cjn105. Epub 2009 Feb 23.
- 11.** Mosleh MA, Baba MS, Malek S, Almaktari RA. Ceph-X: development and evaluation of 2D cephalometric system. *BMC Bioinformatics.* 2016 Dec 22;17(Suppl 19):499. doi: 10.1186/s12859-016-1370-5.
- 12.** Park JH, Hwang HW, Moon JH, Yu Y, Kim H, et al. Automated identification of cephalometric landmarks: Part 1-Comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD. *Angle Orthod.* 2019 Nov;89(6):903-909. doi: 10.2319/022019-127.1. Epub 2019 Jul 8.
- 13.** Hwang HW, Park JH, Moon JH, Yu Y, Kim H, et al. Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2-Might it be better than human?. *Angle Orthod.* 2020 Jan;90(1):69-76. doi: 10.2319/022019-129.1. Epub 2019 Jul 22.
- 14.** McClure SR, Sadowsky PL, Ferreira A, Jacobson A. Reliability of digital versus conventional cephalometric radiology: a comparative evaluation of landmark identification error. *Semin Orthod.* 2005 Jun;(11)2: 98-110.
- 15.** Goracci C, Ferrari M. Reproducibility of measurements in tablet-assisted, PC-aided, and manual cephalometric analysis. *Angle Orthod.* 2014 May;84(3):437-42. doi: 10.2319/061513-451.1. Epub 2013 Oct 25.
- 16.** Kublashvili T, Kula K, Glaros A, Hardman P, Kula T. A comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: II. Soft tissue. *Semin Orthod.* 2004 Sep;(10)3: 212-219.
- 17.** Farooq MU, Khan MA, Imran S, Sameera A, Qureshi A, et al. Assessing the Reliability of Digitalized Cephalometric Analysis in Comparison with Manual Cephalometric Analysis. *J Clin Diagn Res.* 2016 Oct;10(10): ZC20-ZC23. doi: 10.7860/JCDR/2016/17735.8636. Epub 2016 Oct 1.
- 18.** Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S, Sinthanayothin C, Shinawatra L. Comparison of Digitized Images for Cephalometric Analysis from Scanner and Digital Cameras. In: *Applied Mechanics and Materials.* Trans Tech Publications Ltd, 2011. p. 164-169.
- 19.** Cavdar K, Ciger S, and Zeynepos AA. Comparison of conventional and computerized cephalometric methods. *Clin Dent Res.* 2011;35(1):33-40.
- 20.** Guedes PDA, Souza JÉND, Tuji FM, Nery ÊM. A comparative study of manual vs. computerized cephalometric analysis. *Dental Press J Orthod.* 2010; 15, 44-51.
- 21.** Jeon S, Lee KC. Comparison of cephalometric measurements between conventional and automatic cephalometric analysis using convolutional neural network. *Prog Orthod.* 2021 May 31;22(1):14. doi: 10.1186/s40510-021-00358-4.
- 22.** Meriç P, Naoumova J. Web-based Fully Automated Cephalometric Analysis: Comparisons between App-aided, Computerized, and Manual Tracings. *Turk J Orthod.* 2020 Aug 11;33(3):142-149. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2020.20062.
- 23.** Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Roberts CT. Digital imaging of cephalometric radiographs, Part 2: Image quality. *Angle Orthod.* 1996;66(1):43-50. doi: 10.1043/0003-3219(1996)066<0043:DIOCRP>2.3.CO;2.
- 24.** Sayinsu K, Isik F, Trakyali G, Arun T. An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *Eur J Orthod.* 2007 Feb;29(1):105-8. doi: 10.1093/ejo/cjl065.
- 25.** Tikku T, Khanna R, Maurya RP, Srivastava K, Bhushan R. Comparative evaluation of cephalometric measurements of monitor-displayed images by NemoCeph software and its hard copy by manual tracing. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2014 Jan-Apr;4(1):35-41. doi: 10.1016/j.jobcr.2013.11.002. Epub 2014 Jan 8.
- 26.** Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod.* 1971 Aug;60(2):111-27. doi: 10.1016/0002-9416(71)90028-5.
- 27.** Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod.* 1971 Nov;60(5):505-17. doi: 10.1016/0002-9416(71)90116-3.
- 28.** Tsorovas G, Karsten AL. A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features--accuracy and time demands. *Eur J Orthod.* 2010 Dec;32(6):721-8. doi: 10.1093/ejo/cjq009. Epub 2010 Jun 16.
- 29.** Noush MP, Esmaily M. Comparison between digital and ordinary method of analyzing cephalometric radiographic image. *Iran J Ortho.* 2015;10(1): e4862.

30.Kumar M, Kumari S, Chandna A, Konark, Singh A, et al. Comparative Evaluation of CephNinja for Android and NemoCeph for Computer for Cephalometric Analysis: A Study to Evaluate the Diagnostic Performance of CephNinja for Cephalometric Analysis. J Int Soc Prev Community Dent. 2020 Jun 15;10(3):286-291. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_4_20.

31.Schulze RK, Gloede MB, Doll GM. Landmark identification on direct digital versus film-based cephalometric radiographs: a human skull study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 Dec;122(6):635-42. doi: 10.1067/mod.2002.129191.

32.Paixão MB, Sobra MC, Vogel CJ, de Araujo TM. Comparative study between manual and digital cephalometric tracing using Dolphin Imaging software with lateral radiographs. Dent Press J Orthod. 2010;15:123-30

33.Chan CK, Tng TH, Hägg U, Cooke MS. Effects of cephalometric landmark validity on incisor angulation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1994 Nov;106(5):487-95. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70071-0.