

ARAŞTIRMA

Konvansiyonel ve dijital sefalometrik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması Comparison of conventional and digital cephalometric measurement methods

Mehmet Akın, Mücella Tezcan, Zehra İleri

Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD, Konya, Türkiye.

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı lateral sefalometrik radyografiler üzerinde dijital ortamda veya elde yapılan konvansiyonel çizimlerden elde edilen ölçümlerin araştırmacılar-arası ve araştırmacı-içi güvenilirliğinin karşılaştırılmasıdır.

Materyal-Metot: 60 adet lateral sefalometrik radyografi rastgele seçildi ve iki araştırmacı tarafından hem konvansiyonel hem de dijital program yardımı ile çizilerek 5 doğrusal ve 14 açısal ölçüm elde edildi. Dijital görüntüler konvansiyonel radyografilerinin taranması ile elde edildi. Herbir araştırmacının yöntemler arasındaki istatistiksel değerlendirilmesinde bağımsız örnek t-testi kullanıldı. Grup içi ve gruplar arası korelasyonun belirlenmesinde grup içi korelasyon katsayısı testi kullanıldı.

Bulgular: İki yöntemin karşılaştırılmasında sadece bir araştırmacının ölçtüğü nasolabial açıda istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. Hem dijital hem de konvansiyonel yöntemlerle elde edilen ölçümlerde iki araştırmacı arasında ve araştırmacıların kendi içerisindeki tekrarlanabilirliğinde yüksek korelasyon görüldü.

Tartışma: Taranmış görüntülerin kullanılmasıyla elde edilmiş bilgisayar destekli dijital sefalometrik analiz konvansiyonel çizimlerle elde edilen ölçümlerle karşılaştırıldığında ölçüm hatasını arttırmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sefalometri, dijital radyografi, tanı.

Giriş

Lateral sefalometrik radyografiler klinik ortodontinin temel araçlarından biridir. Bunlar kraniofasial yapıların büyüme gelişimini ve tedaviler ile meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesinde yardımcı olurlar. Elde edilen radyografilerde birçok anatomik yapıdan yararlanılarak nokta, doğru ve açılar elde edilmektedir. Bu ölçümler; hastanın tedavi planlaması, tedavi seyirindeki değişimler ve tedavi bitiminde elde edilen sonuçlar hakkında bilgi verir (1-4). Lateral sefalometrik analizde elde edilen ölçümler ya konvansiyonel ya da bilgisayar ortamında çizilerek elde edilmektedir. Geleneksel çizimle elde edilen sefalometrik analizler ince uçlu kurşun kalem kullanılarak asetat kağıdı üzerinde cetvel ve iletke ile elde edilmektedir. Bu tekniğin dezavantajı zaman kaybının olması (5) ve sefalometrik hataların sıklıkla görülebilmesidir (6). Geleneksel olarak konvansiyonel çizilen sefalometrik analizin güvenilirliği klinisyenin tecrübesi, kullanılan işaretlerin görünebilirliği ve görüntünün yoğunluk ve keskinliği ile de ilgilidir (7,8).

Abstract

Objective: The aim of this study was to compare intra- and inter-examiner reliability of the measurements obtained from lateral cephalometric radiographs using the conventional and digital methods.

Material-Method: Sixty lateral cephalometric radiographs were randomly selected and 5 linear and 14 angular parameters were traced and measured by two examiners using the conventional and digital methods on each radiograph. Digital images were obtained by scanning the conventional radiographs. Independent-samples t-test was used to compare the mean values of intra-examiner differences. Intraclass correlation coefficients (ICC) were calculated to determine intra- and inter-examiner correlation.

Results: Both operators were generally consistent in the repeated measurements; however, for one examiner, the difference for nasolabial angle measurements was found to be statistically significant ($p < 0.05$). Intra-examiner and inter-examiner repeatabilities of measurements both with the manual and digital techniques showed high correlation coefficients.

Discussion: The findings showed that the use of computer-assisted cephalometric analysis carried out on scanned images did not increase the measurement error when compared with conventional technique.

Keywords: Cephalometry, digital radiography, diagnosis.

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte çizimler bilgisayar üzerinde yapılmaya başlanmıştır. Bu çizimler için geleneksel sefalometrik radyografiler tarayıcılar yardımı ile dijital hale getirilmektedirler. 1. Nesil bilgisayar tabanlı analiz sistemleri; geleneksel radyografilerin çizimini dijital ortama aktarır, değerler yazılım programında ölçülmektedir. 2. Nesil bilgisayar tabanlı analiz sisteminde ise tarayıcılar ve dijital kameralardan elde edilen görüntüler bilgisayar ortamında çizilip ölçümler yapılmaktadır. Son olarak 3. Nesil bilgisayar tabanlı analiz sistemlerinde ise dijital olarak elde edilen radyografiler ışığa duyarlı fosfor plakalar, şarj bağlı cihaz reseptörleri, ya da doğrudan dijital sistemler sayesinde direkt bilgisayar ortamında çizimler ve ölçümler yapılmaktadır (9,10). Dijital radyografiler ve konvansiyonel radyografilerin bilgisayar ortamına çevrilmiş şekilleri konvansiyonel radyografilere göre daha az yer kaplaması açısından avantaj oluşturmaktadır. Ayrıca geleneksel radyografilerin uzun süre sonra bozulma riski bulunması nedeniyle dijital çevrilen ya da direkt dijital radyografiler bu riskin eliminasyonu sonucu avantaj oluşturmaktadır (11). Bu çalışmanın amacı da lateral

sefalometrik radyografilerin taranarak elde edilen dijital ortamda ve elde yapılan çizimlerden elde edilen ölçümlerin araştırmacılar-arası ve araştırmacı-içi güvenilirliğinin karşılaştırılmasıdır.

Materyal-Metot

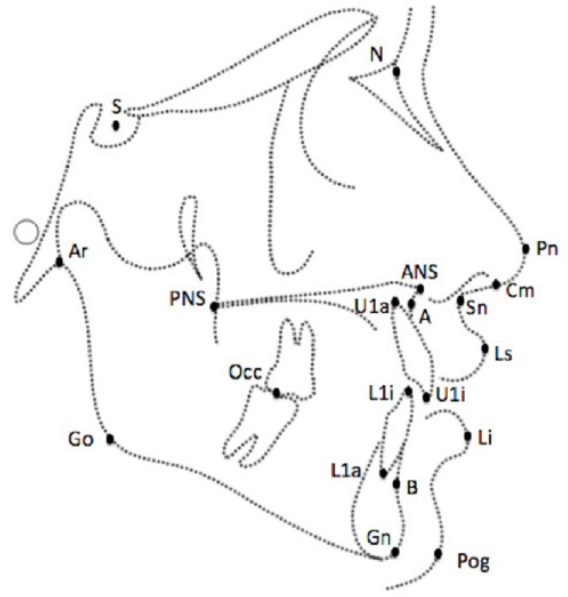
Bu çalışma için Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi girişimsel olmayan klinik araştırmalar değerlendirme komisyonunda gerekli etik kurul izni alınmıştır. Sefalometrik radyografiler, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı arşivinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere 60 adet lateral sefalometrik radyografi rastgele seçildi. Tüm radyografilerde, X ışınları sagittal düzleme dik gelecek şekilde sefalostat hastanın kulağına yerleştirilmiş ve pupiller düzlem; yere paralel olacak şekilde hastanın baş pozisyonu konumlandırılmıştır. Hastanın dişleri sentrik okluzyonda ve dudaklar hafif kapalı durumda tutulmuştur. Radyografi seçiminde hastaların daimi dişlerinin sürmüş olmasına, dişlerde herhangi bir periapikal lezyon olmamasına ve radyografilerin yeterli kalitede olmasına dikkat edilmiştir.

Tek radyografi konvansiyonel ve dijital olarak iki yöntemle birbirinden bağımsız zamanlarda iki araştırmacı (MA, MT) tarafından çizilmiştir. Bilgisayar destekli program kullanılmak için konvansiyonel radyografiler dijital tarayıcı (300 dpi, 24 bit, an Epson 1680 Pro scanner, Seiko Epson Corp., Nagano-Ken, Japan) kullanılarak dijital ortama aktarılmıştır. Konvansiyonel yapılan çizimler; 0,3 mm'lik kalem ve çizim takımı ile karanlık ortamda standart ışık altında yapılmıştır. Bilgisayar destekli yapılan çizimler ise Quick Ceph Studio (Quick Ceph Systems, San Diego, California, USA) dijital sefalometrik analiz programı kullanılarak elde edilmiştir. Ölçümler için gereken noktalar bilgisayarın faresi kullanılarak işaretlenmiştir. Her radyografi için 8 iskeletsel, 3 yumuşak doku ve 8 dişsel parametre olmak üzere 5 doğrusal ve 14 açısal ölçüm elde edilmiştir (Şekil 1).

Araştırmacıların kendi içerisinde tekrarlanabilirliği belirlemek için 60 radyografiden 25'i rastgele seçilip aynı araştırmacılar tarafından farklı zamanlarda ilk çizimlerden 15 gün sonra her iki yöntem ile birinci ölçümlerden bağımsız olarak tekrar çizilmiştir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS yazılımı kullanılarak (version 17.0, SPSS, Chicago, IL) yapılmıştır. Birinci ve ikinci ölçümde belirlenen verilerin farklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında bağımsız örnek t-testi kullanılmıştır. Klinisyenler arası ve yöntemler arası korelasyonun değerlendirilmesinde grup içi korelasyon katsayısı testi Houtan (12) tarafından tarif edildiği şekilde kullanılmıştır. Tüm testler için önemlilik derecesi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Bu çalışmada kullanılan sefalometrik nokta ve ölçümler. S: Sella; N; Nasion; ANS: Anterior Nasal Spina; PNS: Posterior Nasal Spina; Ar: Articulare noktası; A: A noktası; B: B noktası; Gn: Gnathion noktası; Go; Gonion noktası; Pog: Pogonion noktası, Pn: pronasal, Ls: labial superior, Li: labial inferior Sn: subnasal, Cm: Kolumela, U1a: Üst orta kesici diş apeks noktası, L1a: Alt orta kesici diş apeks noktası, U1i: Üst orta kesici kenar noktası, L1i: Alt orta kesici kenar noktası. Doğrusal ve açısal ölçümler: SN (mm): S ve N noktaları arasındaki mesafe, SNA: S, N and A noktalarıyla belirlenen açı. SNB: S, N ve B noktalarıyla belirlenen açı. ANB: A, N ve B noktalarıyla belirlenen, N noktasında meydana gelen açı. Y eksen açıları: S-N doğrusu ile belirlenen açı. FMA: Go-Gn doğrusu ile belirlenen açı. SN-GoGn: S-N ve Go-Gn doğruları ile belirlenen açı. SN-Pa-Pl: S-N ve ANS-PNS doğruları ile belirlenen açı. Occ-MP: Okluzal doğru ile mandibular doğrunun (Go-Gn) kesişmesi sonucu oluşan açı. Mx1-SN: S-N doğrusu ile üst keser eksenini arasındaki açı. Mx1-NA: Üst keser eksenini ile N-A doğrusunun kesişmesiyle oluşan açı. IMPA: Go-Gn doğrusu ile alt keser ekseninin kesişmesi sonucu oluşan açı. Md1-NB: N-B doğrusu ile alt keser ekseninin kesişmesi sonucu oluşan açı. Mx1-NA (mm): Üst orta kesici dişin kesici diş ekseninin NA doğrusuna olan uzaklığı, Md1-NB (mm): Alt orta kesici dişin kesici diş ekseninin NB doğrusuna olan uzaklığı. Keserler arası açı: Alt ve üst keserlerin eksenlerinin kesişmesi sonucu oluşan açı. Nasolabial açı: Cm, Sn and Ls noktalarının belirlediği Sn noktası üzerinde meydana gelen açı. E doğrusu: Pn ve Pog noktalarının oluşturduğu doğru. Üst dudak- E doğrusu uzaklığı: Ls noktasının E doğrusuna olan yatay düzlemdeki uzaklığı. Alt dudak-E doğrusu uzaklığı: Li noktasının E doğrusuna yatay düzlemdeki uzaklığı

Bulgular

Her iki araştırmacının hem konvansiyonel elde edilen hem de dijital programında elde edilen 19 ölçüm için iki zaman aralığındaki farkların standart sapmaları ve ortalamaları Tablo 1'de gösterilmektedir. Birinci araştırmacı için 2 tekniğin ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. İkinci araştırmacı için ise sadece nasolabial açıda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0,027$).

Tablo 1. İki zaman aralığında yapılan ölçümlerin farklarının ortalamalarının karşılaştırılması

	1. Araştırma					2. Araştırma				
	Konvansiyonel		Dijital		Test	Konvansiyonel		Dijital		Test
	Ortalama	SS	Ortalama	SS		Ortalama	SS	Ortalama	SS	
SN mm	0,96	1,08	0,82	1,12	NS	0,72	1,25	0,85	1,32	NS
SNA°	1,34	1,50	1,47	1,85	NS	1,84	2,02	1,73	1,99	NS
SNB°	1,44	1,62	1,52	2,10	NS	1,46	1,84	1,66	2,08	NS
ANB°	0,82	1,34	1,06	1,41	NS	1,27	1,58	1,16	1,47	NS
Y eksenli°	2,06	2,16	1,85	1,90	NS	2,14	2,10	2,04	1,86	NS
FMA°	1,86	2,06	1,75	2,12	NS	1,68	2,15	1,78	2,11	NS
SN-GoGn°	2,24	1,55	2,20	2,22	NS	2,36	2,62	2,16	2,74	NS
SN-PaP°	1,60	1,64	1,84	1,83	NS	1,73	1,88	1,62	1,93	NS
Occ-MP°	1,68	2,10	1,74	1,95	NS	1,84	2,04	1,92	2,15	NS
Mx1-SN°	1,25	1,44	1,30	1,52	NS	1,36	1,80	1,33	1,75	NS
Mx1-NA mm	1,08	1,43	1,54	1,71	NS	1,58	2,12	1,42	2,06	NS
Mx1-NA°	2,06	2,42	1,98	2,34	NS	2,18	2,22	2,35	2,16	NS
Impa°	2,40	2,64	2,35	2,43	NS	2,46	2,51	2,32	2,48	NS
Mx1-NB (mm)	1,55	1,38	1,62	1,44	NS	1,36	1,82	1,38	1,66	NS
Mx1-NB°	1,34	2,05	2,06	2,26	NS	2,16	1,68	2,24	2,05	NS
Keserler arası aç°	2,48	3,24	2,33	2,96	NS	3,04	2,04	3,12	2,90	NS
Nasolabial aç°	2,44	1,16	2,95	3,06	NS	1,86	2,95	3,28	3,11	0,022*
Üst dudak-E düzlemi mm	0,86	1,25	0,75	1,15	NS	0,84	1,23	0,92	1,16	NS
Alt dudak-E düzlemi mm	0,74	1,42	0,81	1,08	NS	0,69	1,30	0,78	1,32	NS

SS, Standart Sapma; *p<0,05

Araştırmacıların iki zaman arasındaki tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesinde sınıf içi korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Araştırmacıların iki zaman arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin grup içi korelasyon katsayıları

	1. Araştırmacı		2. Araştırmacı
	Konvansiyonel	Dijital	
SN mm	0,983	0,987	0,973
SNA°	0,990	0,982	0,970
SNB°	0,967	0,974	0,978
ANB°	0,971	0,968	0,972
Y eksenli°	0,902	0,893	0,889
FMA°	0,909	0,910	0,892
SN-GoGn°	0,912	0,900	0,895
SN-PaP°	0,879	0,895	0,904
Occ-MP°	0,923	0,914	0,908
Mx1-SN°	0,920	0,912	0,907
Mx1-NA mm	0,945	0,957	0,948
Mx1-NA°	0,909	0,893	0,880
Impa°	0,873	0,908	0,862
Mx1-NB (mm)	0,947	0,968	0,944
Mx1-NB°	0,923	0,913	0,925
Keserler arası aç°	0,894	0,906	0,889
Nasolabial aç°	0,855	0,864	0,836
Üst dudak-E düzlemi mm	0,921	0,933	0,919
Alt dudak-E düzlemi mm	0,934	0,939	0,922

Birinci araştırmacı için tekrar edilmiş ölçümlerde konvansiyonel çizimden düşük ve en yüksek korelasyon katsayısı sırasıyla 0,855 ve 0,983; dijital çizimde ise sırasıyla 0,864 ve 0,987 bulunmuştur. İkinci araştırmacı için ise; konvansiyonel çizimde en düşük ve en yüksek korelasyon katsayısı sırasıyla 0,836 ve 0,978; dijital çizimde ise sırasıyla 0,850 ve 0,980 bulunmuştur. Araştırmacılar arasındaki korelasyon katsayıları ve yöntemler arasındaki tekrarlanabilirlik Tablo 3’de gösterilmektedir. Araştırmacılar arasında konvansiyonel çizimde; en yüksek korelasyon katsayısı ANB° açısından (r=0,969) ve en düşük korelasyon katsayısı ise nasolabial açı (r=0,810) bulunmuştur. Dijital çiziminde ise en yüksek ANB° (r=0,971) ve en düşük korelasyon katsayısı nasolabial açı (r=0,795) bulunmuştur. Yöntemler arasındaki korelasyon katsayıları birinci araştırmacı için en yüksek korelasyon katsayısı ANB° açısından (r=0,962) ve en düşük korelasyon katsayısı ise nasolabial açı (r=0,803) bulunmuştur. İkinci araştırmacı için ise en yüksek korelasyon katsayısı ANB° açısından (r=0,967) ve en düşük korelasyon katsayısı keserler arası açı (r= 0,811) bulunmuştur.

Tartışma ve Sonuç

Sefalometrik radyografiler; tedavinin seçimi, seyrinin takibi ve sonucu hakkında klinisyene yardımcı olmaktadır.

Tablo 3. Yöntemler ve araştırmacılar arası grup içi korelasyon katsayıları.

	1. Araştırmacı, Konvansiyonel/Dijital	2. Araştırmacı, Konvansiyonel/Dijital	Araştırmacılar Arası, Konvansiyonel	Araştırmacılar Arası, Dijital
	SN mm	0,945	0,955	0,962
SNA°	0,955	0,962	0,960	0,946
SNB°	0,959	0,946	0,951	0,948
ANB°	0,962	0,967	0,969	0,971
Y eksenli°	0,921	0,881	0,915	0,873
FMA°	0,932	0,940	0,919	0,931
SN-GoGn°	0,832	0,862	0,893	0,852
SN-PaP°	0,914	0,875	0,890	0,861
Occ-MP°	0,890	0,842	0,870	0,854
Mx1-SN°	0,924	0,907	0,915	0,919
Mx1-NA mm	0,937	0,941	0,925	0,944
Mx1-NA°	0,937	0,951	0,944	0,949
Impa°	0,881	0,893	0,872	0,889
Mx1-NB (mm)	0,928	0,938	0,922	0,936
Mx1-NB°	0,931	0,938	0,928	0,936
Keserler arası aç°	0,827	0,811	0,807	0,816
Nasolabial aç°	0,803	0,815	0,810	0,795
Üst dudak-E düzlemi mm	0,944	0,939	0,956	0,940
Alt dudak-E düzlemi mm	0,950	0,947	0,939	0,958

Sefalometrik radyografilerden elde edilen ölçümler konvansiyonel ya da bilgisayar ortamında elde edilebilmektedir (8,13,14). Radyografilerin konvansiyonel çizimle elde edilmesinde nokta işaretlerinin tespiti ve ölçümlerinde hatalar meydana gelebilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sefalometrik radyografilerin çizimi ve analizinde bilgisayar destekli programların kullanımıyla birlikte bu hatalar en aza indirilmiştir (13,14). Bu çalışmada nokta işaretlerin tespiti bilgisayar ortamında fare kullanılarak ve konvansiyonel olmak üzere iki ayrı yöntemle tespit edilmiş ve bu nokta işaretler kullanılarak bazı ölçümler elde edilmiştir. Ortodontide teknolojik gelişmelerin kullanımının artışına bağlı olarak dijital sefalometrik ölçümlerin kullanımı da artmıştır ve her yeni yöntem gibi bu programların güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini belirleme ihtiyacı oluşmuştur.

Dijital sefalometrik radyografiler iki şekilde elde edilebilir; 1) Direkt dijital sefalometrik cihazdan alınan radyografilerin kullanılması, 2) Analog sefalometrik cihazdan alınan radyografilerin taranması ile dijitalleştirilmesi. Bu çalışmada konvansiyonel olarak elde edilmiş radyografiler dijital ortama tarayıcı kullanarak (300 dpi, 24 bit, an Epson 1680 Pro scanner, SeikoEpsonCorp., Nagano-Ken, Japan) aktarılmıştır. Görüntünün kalitesiyle ilgili yapılan çalışmalara göre Held ve ark (15) 75 dpi çözünürlüğün yeterli olduğunu söylemektedir. Chen ve ark (16) ise 150 dpi çözünürlüğün istenilen görüntü kalitesini verdiğini diğer yandan Onkosuwito ve ark (17) ve Uysal ve ark (18) 300 dpi çözünürlüğün yüksek kalitede dijital görüntü verdiğini söylemektedirler. Bu çalışmada da; konvansiyonel radyografiler 300 dpi çözünürlükte dijital ortama aktarılmıştır. Dijital ölçümlerin yapılabilmesi için birçok çalışmada farklı bilgisayar programları kullanılmıştır (18-21). Erkan ve ark. (20)’nin yapmış oldukları çalışmada dört farklı bilgisayar programının (Dolphin, Patterson Dental Supp., Chatsworth, CA, USA), (Nemoceph, Nemotec Corp, Madrid Spain), (Vistadent-Dentsply GAC, Chicago, IL, USA), (QuickCeph, Quick Ceph Systems, Inc., San Diego, CA, USA) güvenilirliğini değerlendirdiklerinde programlar arasında istatistiksel olarak fark bulamamışlardır.

Bu çalışmada ise Quick Ceph Studio bilgisayar programı kullanılmıştır. Her iki araştırmacı için hem konvansiyonel çizilerek elde edilen hem de dijital programdaki 19 ölçüm karşılaştırıldığında 1. araştırmacı için 2 tekniğin ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamış iken 2. araştırmacı için sadece nasolabial açıda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Uysal ve ark. (18)'nin yapmış oldukları çalışmada her iki araştırmacı için de nasolabial açının her iki teknik ile ölçümünde fark bulunamamışlardır. Araştırmacıların kendi içindeki ve aralarındaki tekrarlanabilirliğin değerlendirilmesi için sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Her iki yöntemle yapılan ölçümlerde hem araştırmacılar arasında hem de araştırmacıların kendi içerisinde yüksek korelasyon katsayısı bulunmuştur. Uysal ve ark'nın (18) çalışmasına benzer olarak araştırmacıların kendi içerisindeki korelasyon katsayısı en düşük nasolabial açıda bulunmuştur. Araştırmacılar arasındaki korelasyon katsayılarına baktığımızda her iki yöntemde de nasolabial açıda en düşük korelasyon katsayısı bulunmuştur. Yöntemler arasındaki korelasyon katsayıları 1. araştırmacı için en yüksek korelasyon katsayısı her iki araştırmacı için ANB° açısında (sırasıyla $r = 0,962$; $r = 0,967$) bulunurken ve en düşük korelasyon katsayısı ise 1. Araştırmacı için nasolabial açıda ($r = 0,803$), 2. araştırmacı için ise keserler arası açıda ($r = 0,811$) bulunmuştur. Nasolabial açığa bağlı nokta işaretler geniş yarıçapı olan bir eğriye yerleştirildiği için hata oranı buna bağlantılı olarak artmaktadır (2,18,19). Sonuç olarak; araştırmacıların kendi içinde ve aralarındaki tekrarlanabilirliğinde yüksek oranda korelasyon görülmüştür. Nasolabial açı dışındaki diğer ölçümlerde konvansiyonel ve dijital yöntemler kullanılarak elde edilen değerler birbiriyle uyumludur. Bilgisayar destekli program kullanmak araştırmacılar arasında ve içindeki hatayı arttırmaması nedeniyle kullanımı daha çok tercih edilebilir.

Kaynaklar

1. Brodie AG. On the growth pattern of the human head from the third month to the eighth year of life . Am J Anat 1941; 68: 209-262.
2. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements 1. Landmark identification . Am J Orthod. 1971a; 60: 111-127.
3. Baumrind S , Frantz RC. The reliability of head film measurements 2. Conventional angular and linear measures. Am J Orthod. 1971b; 60: 505-517.
4. Ricketts RM. Perspectives in clinical application of cephalometrics. Angle Orthod. 1981; 51: 115-150.
5. Liu JK, Chen YT, Cheng KS. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000; 118: 535-540.
6. Chen SK, Chen YJ, Yao CC, Chang HF. Enhanced speed and precision of measurement in a computer-assisted digital cephalometric analysis system. Angle Orthod. 2004a; 74: 501-507.
7. Björk A, Solow B. Measurements on radiographs . J Dent Res. 1961; 41: 672-683.
8. Houston WJB, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs . Eur J Orthod. 1986; 8: 149-151.
9. 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.
10. Brannan J. An introduction to digital radiography in dentistry . J Orthod. 2002; 29: 66-69.
11. Melsen B, Baumrind S. Clinical research application of cephalometry. Athanasiou A, ed. Orthodontic cephalometry, 1st ed. StLouis: Mosby-Wolfe; 1995: 181-202.
12. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. Am J Orthod. 1983; 83: 382-390.
13. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S. Digital imaging of cephalometric radiology. Part I: advantages and limitation of digital imaging. Angle Orthod. 1996a; 66: 37-42.
14. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Roberts CT. Digital imaging of cephalometric radiographs. Part 2: image quality. Angle Orthod. 1996b; 66: 43-50.
15. Held CL, Ferguson DJ, Gallo MW. Cephalometric digitization: a determination of the minimum scanner settings necessary for precise landmark identification. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001; 119: 472-481.
16. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. Angle Orthod. 2000; 70: 387-392.
17. Onkosuwito EM, Katsaros C, van'tHof MA, Bodegom JC, Kuipers-Jagtman AM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods . Eur J Orthod. 2002; 24: 655-665.
18. Uysal T, Baysal A, Yagci A. Evaluation of speed, repeatability, and reproducibility of digital radiography with manual versus computer-assisted cephalometric analyses. Eur J Orthod. 2009; 31: 523-528.
19. Sayinsu K, Isik 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.
20. Erkan M, Gurel HG, Nur M, Demirel B. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. Eur J Orthod. 2012; 34: 318-321.
21. Celik E, Ozsoy OP, Memikoglu UT. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. Eur J Orthod. 2009; 31: 241-246.