

FARKLI DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNDE YAPILAN DOĞRUSAL ÖLÇÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Comparison of different digital imaging techniques for linear measurements

Melda Mısırhoğlu*

Serap YORUBULU***

M.Zahit Adışen**

Selmi YILMAZ (YARDIMCI)****

ABSTRACT:

Aim: The aim of this study was to compare the different types of digital systems on in vitro measurements of teeth and to evaluate the agreement between observers.

Material and methods: A dried human skull, which was obtained from Anatomy laboratory was used in the study. Following measurements were made on cone-beam computed tomography, panoramic and periapical images of maxillary teeth by three observers: maximum tooth length (T), maximum root length (R), maximum crown width (A) and crown width at cemento-enamel junction (B). The obtained data was entered in the SPSS 11.5 program and degree of precision was statistically analyzed.

Results: Pearson's correlation coefficient showed a high correlation between observers for A, B and T values on all digital systems and low correlation for R values. Significant variations between observers and techniques were found for R and T values. The reason for this difference is due to the measurements made in the periapical radiographs.

Conclusion: When it is not possible to get CBCT imaging, panoramic radiography considering with magnification factor is recommended for linear measurements. Also it should be considered that periapical radiography can give different results than the original size of tooth depending on

the properties of the digital system and the software program.

Keywords: Digital radiography, linear measurements, periapical radiography, panoramic radiography, cone-beam computed tomography.

ÖZET:

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı dijital sistemlerde dişler üzerinde invitro olarak yapılan ölçümlerin karşılaştırılması ve gözlemciler arası uyumun değerlendirilmesidir.

Gereç ve yöntem: Çalışmada Anatomi laboratuvarından elde edilmiş kuru insan kafatası (maksilla) kullanılmıştır. Konik ışınlu bilgisayarlı tomografi, panoramik ve periapikal radyografi görüntülerinde maksilla üzerinde bulunan dişlerin maksimum uzunlukları (T), maksimum kök uzunlukları (R), maksimum kron genişliği (A) ve mine-sement birleşimdeki maksimum kron genişlikleri (B) 3 gözlemci tarafından ölçülmüştür. Veriler bilgisayar ortamında SPSS 11.5 programına aktarıldıktan sonra gözlemciler arası ve yöntemler arası uyum istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Bulgular: Gözlemciler arası korelasyon 4 farklı dijital sistemde A,B ve T ölçümleri için yüksek olarak bulunurken R ölçümleri için düşük olarak bulunmuştur. Gözlemciler arası ve yöntemler arası uyumda ise R ve T değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Bu farkın sebebinin ise periapikal radyografide yapılan ölçümlere bağlı olduğu görülmüştür.

* Yar. Doç. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı.

** Öğr. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı.

*** Öğr. Gör. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Uygulamalı İstatistik Anabilim Dalı.

**** Ar. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı.

Sonuç: *CBCT ile görüntülemenin yapılmadığı durumlarda mesafe ölçümlerinde magnifikasyon faktörü dikkate alınarak dijital panoramik radyografi kullanılması önerilmektedir. Diş hekimliğinde rutin olarak çekilen periapikal radyograflerin ise kullanılan dijital sistemin özelliklerine ve yazılım programına bağlı olarak dişin orijinal boyutundan farklı sonuçlar verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.*

Anahtar kelimeler: *Dijital radyografi, doğrusal ölçümler, periapikal radyografi, panoramik radyografi, konik ışınli bilgisayarlı tomografi.*

Giriş:

Tamamısal görüntüleme teknikleri hasta ve hekim için birbirine bağlı ve kapsamlı bir tedavi planı geliştirmeye yardımcı olur. Tümör, kist, enflamatuvar hastalık, oroantral fistül, kırık gibi çene lezyonlarında, implant planlamasında; kemik yüksekliği ve uzunluğunun, mandibular kanala olan mesafenin ve maksiller sinüsün alveoler krete olan uzaklığının belirlenmesinde, endodontide kök kanal boyu tespiti ve post-core uygulamalarında, adli diş hekimliğinde ise yaş tayini çalışmalarında radyolojik değerlendirme ve ölçümler önemli bir yer tutmaktadır (1-9).

Son dönemde dijital radyolojide meydana gelen gelişmeler radyografler üzerinde yapılan ölçümleri de oldukça kolaylaştırmıştır. Dijital radyolojinin avantajları içinde; kullanım kolaylığı, görüntü üzerinde büyütme, rotasyon, renk dönüşümü, renklendirme, kontrast ayarlama, histogram, negatif görüntü gibi ayarlamalar; piksel, milimetre yada inç cinsinden ölçümler yapılabilmesi, görüntü saklama ve gönderme kolaylığı, dozun azalması ve banyo işleminin olmaması sayılabilir (10-12).

Dijital sistemlerde görüntü piksel olarak isimlendirilen görüntü parçacıklarından oluşur. Çeşitli bilgisayar yazılımları ile bu piksellerin eşdeğer olduğu uzunluk birimi belirlenerek kalibrasyon gerçekleştirilir. Kalibre edilen görüntülerde milimetre ya da inç cinsinden istenilen doğrusal ölçümler yapılabilir (13). Ölçümlerin gerçekleştirildiği görüntüleme yöntemleri içinde intraoral periapikal radyografi, panoramik radyografi, bilgisayarlı tomografi (BT) ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) yer alır (14-16).

Periapikal ve panoramik radyograflar diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan görüntüleme yöntemleridir. Periapikal radyografler ilgili bölgeden detaylı görüntü elde etmek amacıyla kullanılır ve görüntü elde etmek için açıortay tekniği ve paralel teknik uygulanır (14,15). Ancak açıortay tekniğinde görüntü elde edilmesinde standardizasyon sağlanamamakta ve görüntüde magnifikasyonlar oluşmaktadır. Bu nedenle horizontal ve vertikal yönde doğru ölçümler elde etmek için film tutucularla birlikte paralel teknik kullanımı önerilmektedir (17,18).

Panoramik radyografler ise düşük radyasyon dozuyula bütün dişlerin ve çenelerin bir arada görüntülenmesine imkan sağlayan bir görüntüleme yöntemidir (19). Ancak görüntünün doğruluğu hastanın doğru pozisyonlandırılmasına bağlıdır (16). Bunun yanında görüntülerde %25'e kadar magnifikasyon oluşabildiği bildirilmiştir. Bu magnifikasyon ise sıklıkla horizontal yönde gerçekleşmektedir (20). Magnifikasyon sonucunda doğrusal ölçümlerde yaklaşık 3 mm hata oluşmaktadır (21). Hata payını azaltmak için magnifikasyon faktörü hesaplanarak ölçüm gerçekleştirildiğinde daha doğru sonuçlar elde edilir (22).

Bilgisayarlı tomografi uzun zamandır implant planlamasında altın standart olarak kullanılmaktadır. Süperpozisyonların olmadığı kesitsel görüntüler sayesinde gerçeğe yakın ölçümler yapılır. Ancak yüksek radyasyon dozuyula görüntü elde edilmesi BT'nin rutin kullanımını sınırlamaktadır. Son yıllarda diş hekimliğinde yaygın kullanıma giren CBCT ise BT'nin avantajlarını göstermekle birlikte BT'ye göre düşük radyasyon dozu ve hızlı görüntüleme zamanı sayesinde kullanıma daha uygundur.

Bu çalışmanın amacı farklı dijital sistemlerde dişler üzerinde invitro olarak yapılan ölçümlerin karşılaştırılması ve gözlemciler arası uyumun değerlendirilmesidir.

Gereç ve yöntem:

Çalışmada Anatomi laboratuvarından elde edilmiş kuru insan kafatası (maksilla) kullanılmıştır.

Radyografik metod:

Panoramik radyografiler CCD sensörlü Orthopantomograph® OP200 D, (Instrumentarium, Finlandiya) ve CMOS sensörlü Pax-Uni3D (Vatech, Kore) ile elde edilmiştir. Kafatası, görüntü tabakası (field of view) içerisinde Frankfurt Horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde konumlandırılarak sabitlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Kafatasının panoramik radyografi çekiminde Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde ayarlanması.

Panoramik radyografi çekiminde ışınlama parametreleri kuru kafatası kullanılması nedeniyle uygun densitede görüntü elde etmek amacıyla 52kV ve 2mA 13 sn olacak şekilde düşürülmüştür. CBCT görüntüleme ise 40kV 2mA 10 sn ışınlama parametreleri uygulanmıştır. Uygun konumda sabitlenen örnekten 80X50mm field of view (FOV) ile elde edilen data setleri Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) dosyaları olarak kaydedilmiştir.

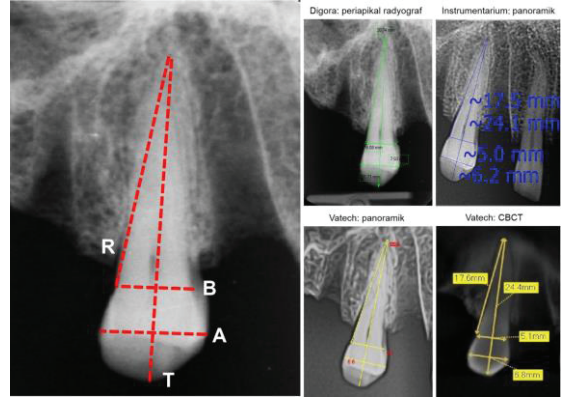
Periapikal filmler ise Digora Optime, (Soredex, Finlandiya) fosfor plak sistemi ile paralel teknik kullanılarak elde edilmiştir. Işınlama 63kVp ile 6mA 0,032ms ışınlama parametreleriyle gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler ve skorlama tekniği

DICOM formatına dönüştürülen tüm CBCT görüntüleri EZ3D2009 Viewer Solution Software (Vatech, Kore) ile değerlendirilmiştir. 80X50 FOV alanıyla yüksek çözünürlükte alınan görüntülerin Voxel boyutu 0.12mm dir. Pax-Uni3D cihazı ile elde edilen panoramik radyografinin piksel boyutu 100 µm, Orthopantomograph® OP200 D ile elde edilen panoramik radyografinin piksel boyutu 96 µm, Di-

gora fosfor plak sistemi ile elde edilen periapikal radyografilerin piksel boyutu ise 64 µm'dir.

3 gözlemci ölçümler konusunda bilgilendirildikten sonra cihazların orijinal yazılımları kullanılarak skorlama işlemi yapılmıştır. CBCT, panoramik ve periapikal görüntülerde maksilla üzerinde bulunan dişlerin maksimum uzunlukları (T), maksimum kök uzunlukları (R), maksimum kron genişliği (A) ve mine-sement birleşimindeki maksimum kron genişlikleri (B) ölçülmüştür (Şekil 2) (8).



Şekil 2: Farklı dijital sistemlerde yapılan doğrusal ölçümler. T: dişin maksimum uzunluğu, R: maksimum kök uzunluğu, A: maksimum kron genişliği, B: mine-sement birleşimindeki maksimum kron genişliği

Panoramik radyografilerde ölçümler magnifikasyon faktörü hesaplanarak gerçekleştirilmiştir (Vatech: 1,32:1, Instrumentarium: 1,3:1) Her gözlemci ölçümleri birbirinden habersiz olarak gerçekleştirmiş ve gözlemci içi doğruluğun değerlendirilmesi için 1 hafta sonra ölçümler tekrarlanmıştır.

İstatistikî analiz:

Veriler bilgisayar ortamında SPSS 11.5 programına aktarıldıktan sonra gözlemci içi uyum Cronbach's Alpha ve Cohen Kappa testleri ile değerlendirilmiştir. Gözlemciler arası ve yöntemler arası uyum non-parametrik Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilirken (p<0,05), gözlemciler arası korelasyon ise Pearson korelasyon testi ile ölçülmüştür.

Bulgular:

Gözlemcilerin farklı zamanlarda yaptığı iki ölçüm arasında %93'ün üzerinde uyum gözlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Gözlemci içi uyum

	Cronbach's Alpha	Cohen Kappa
Gözlemci 1	0,96	0,94
Gözlemci 2	0,96	0,95
Gözlemci 3	0,95	0,93

Tablo 2: Gözlemciler arası korelasyon: Pearson korelasyon testi

	T: Dişin Maksimum Uzunluğu			R: Kök Uzunluğu			A: Kron maksimum genişliği			B: Mine-sement kron genişliği		
	Gz1-Gz2	Gz1-Gz3	Gz2-Gz3	Gz1-Gz2	Gz1-Gz3	Gz2-Gz3	Gz1-Gz2	Gz1-Gz3	Gz2-Gz3	Gz1-Gz2	Gz1-Gz3	Gz2-Gz3
Digora	0,90*	0,80*	0,89*	0,88*	0,73	0,77	0,99*	0,90*	0,98*	0,96*	0,95*	0,98*
Instrumentarium	0,99*	0,97*	0,98*	0,79	0,88*	0,80	0,99*	0,99*	0,98*	0,97*	0,96*	0,99*
Vatech	0,86*	0,84*	0,99*	0,54	0,76	0,86*	0,99*	0,98*	0,97*	0,96*	0,92*	0,96*
CBCT	0,86*	0,99*	0,91*	0,13	0,53	0,08	0,95*	0,95*	0,98*	0,90*	0,97*	0,96*

*: Yüksek korelasyon vardır.

Gözlemciler arası korelasyon 4 farklı dijital sistemde A,B ve T ölçümleri için yüksek olarak bulunurken R ölçümleri için düşük olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Gözlemciler arası uyumda Digora, Instrumentarium ve CBCT'de yapılan ölçümlerin

tümünde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiş, Vatech ile alınan panoramik radyografideki R ölçümlerinde ise anlamlı bir fark ($p=0.029$) bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3: Gözlemciler arası uyum: Kruskal-Wallis testi

	N	Digora				Instrumentarium				Vatech				CBCT				
		Mean	S. D	Chi-S	P	Mean	S. D	Chi-S	P	Mean	S. D	Chi-S	P	Mean	S. D	Chi-S	P	
T	1. Gz	6	28,71	2,36	0,987	0,610	25,58	1,77	1,684	0,431	23,30	2,02	0,153	0,927	24,28	1,18	0,536	0,536
	2. Gz	6	28,03	1,96			24,82	1,62			23,27	1,45			24,69	1,37		
	3. Gz	6	28,02	1,54			26,98	3,50			23,18	1,37			24,11	1,419		
	Total	18	28,25	1,89			25,79	2,48			23,25	1,54			24,36	1,27		
R	1. Gz	6	20,78	1,98	4,222	0,121	17,42	1,10	3,257	0,994	16,50	1,60	7,082	0,029*	17,18	1,23	4,118	4,118
	2. Gz	6	19,73	1,47			17,17	0,86			15,97	0,91			17,55	,82		
	3. Gz	6	18,96	1,19			16,03	1,42			13,72	1,55			16,11	1,34		
	Total	18	19,82	1,67			16,87	1,24			15,40	1,80			16,94	1,25		
A	1. Gz	6	7,61	1,73	1,496	0,473	6,85	2,18	0,012	0,994	7,05	2,25	0,246	0,884	6,69	1,36	4,244	0,120
	2. Gz	6	7,89	1,62			7,08	2,15			7,22	2,33			7,09	1,76		
	3. Gz	6	7,92	1,70			6,98	2,11			6,83	2,25			7,61	1,68		
	Total	18	7,80	1,59			6,97	2,02			7,03	2,15			7,1333	1,56		
B	1. Gz	6	6,26	1,15	0,179	0,915	5,48	1,61	0,144	0,931	5,77	1,85	0,127	0,939	5,30	0,85	4,385	0,112
	2. Gz	6	6,17	1,25			5,57	1,39			5,72	1,70			5,82	1,12		
	3. Gz	6	6,093	1,45			5,72	1,54			5,43	1,51			6,02	1,10		
	Total	18	6,18	1,21			5,59	1,43			5,64	1,60			5,71	1,02		

*: İstatistiksel olarak anlamlı fark vardır.

Yöntemler arası uyumun değerlendirildiği Kruskal-Wallis testi sonucunda her 3 gözlemcinin yaptığı A ve B ölçümlerinde yöntemler

arası anlamlı bir fark bulunamazken, R ve T ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar ($p < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4: Yöntemler arası uyum: Kruskal-Wallis testi

		Gözlemci 1					Gözlemci 2				Gözlemci 3			
		N	Mean	S. D	Chi-S	P	Mean	S. D	Chi-S	P	Mean	S. D	Chi-S	P
T	Digora	6	28,70	2,36	12,74	0,005*	28,03	1,96	13,05	0,005*	28,02	1,54	10,505	0,005*
	Ins.	6	25,58	1,77			24,82	1,62			26,98	3,50		
	Vatech	6	23,30	2,017			23,27	1,45			23,18	1,37		
	CBCT	6	24,28	1,175			24,69	1,37			24,12	1,42		
	Total	24	25,47	2,72			25,20	2,33			25,57	2,86		
R	Digora	6	20,78	1,98	10,97	0,012*	19,73	1,47	13,53	0,004*	18,96	1,19	12,772	0,002*
	Ins.	6	17,42	1,10			17,17	0,86			16,03	1,42		
	Vatech	6	16,50	1,59			15,97	0,91			13,72	1,55		
	CBCT	6	17,18	1,23			17,55	0,82			16,11	1,34		
	Total	24	17,97	2,20			17,60	1,70			16,21	2,29		
A	Digora	6	7,61	7,60	2,007	0,571	7,89	1,62	1,396	0,707	7,92	1,70	2,012	0,366
	Ins.	6	6,85	6,85			7,08	2,15			6,98	2,11		
	Vatech	6	7,05	7,05			7,22	2,33			6,83	2,25		
	CBCT	6	6,69	6,69			7,09	1,76			7,62	1,68		
	Total	24	7,05	7,05			7,32	1,88			7,34	1,87		
B	Digora	6	6,26	6,26	2,533	0,469	6,17	1,25	0,965	0,810	6,0933	1,45	1,031	0,597
	Ins.	6	5,48	5,48			5,57	1,39			5,7167	1,54		
	Vatech	6	5,77	5,77			5,72	1,70			5,4333	1,51		
	CBCT	6	5,30	5,30			5,82	1,12			6,0167	1,10		
	Total	24	5,70	5,70			5,82	1,31			5,8150	1,34		

*: İstatistiksel olarak anlamlı fark vardır.

Bu farkın sebebinin ise Digora'da yapılan ölçümlere bağlı olduğu görülmüştür.

Tartışma:

Teknolojideki hızlı gelişmelerle birlikte son yıllarda ülkemizde de CBCT'nin dış hekimliğinde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (23). CBCT'nin dentomaksillofasiyal görüntülemedeki doğruluğu ve güvenilirliği de birçok çalışmada ortaya konmuştur (24-26). Kamburoğlu ve ark.'nın farklı CBCT sistemleri kullanarak insan kafatası üzerinde yapılan doğrusal ölçümleri karşılaştırdıkları çalışmada, ölçümlerin son derecede doğru ve tekrar edilebilir olduğunu bildirmişlerdir (24). Çalışma sonucunda dentomaksillofasiyal bölgedeki ölçümler için CBCT kullanımını önermişlerdir.

Buna karşın her ne kadar baş boyun bölgesindeki ölçümler için CBCT altın standart olarak önerilmekteyse de, halen her merkezde bulunmaması ve diğer rutin görüntüleme sistemlerine göre radyasyon dozunun yüksek olması gibi dezavantajlara sahiptir (27). Bu nedenle panoramik ve periapikal radyografilerde yapılan ölçümlerin doğruluğu önemli bir tartışma konusudur.

Dört farklı dijital sistemde yapılan doğrusal ölçümleri karşılaştırdığımız çalışmanın sonucunda bütün sistemlerde R ölçümü hariç gözlemciler arası korelasyonun yüksek olduğu görülmüştür. Nishikawa ve ark.'ları da panoramik radyografilerdeki ölçümlerin doğruluğunu BT ölçümleri ile karşılaştırdıkları çalışmada, panoramik ve BT ölçümleri arasında yük-

sek oranda korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın ölçümler arasındaki korelasyonun yüksek olmasının ölçümlerin güvenilirliğini doğrulamak için yeterli olmadığını ve panoramik ölçümlerde % 10'luk bir hata payı olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple doğrusal ölçümler için panoramik radyografi kullanımını önermemişlerdir (28).

Korelasyon testi haricinde, gözlemciler arası ve yöntemler arası uyumun değerlendirildiği Kruskal-Wallis testi sonucunda yine R ve T değerlerinde gözlemciler arası ve yöntemler arası istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Özellikle vertikal ölçümlerde meydana gelen bu farklılıkların gözlemciler arasında dişlerin fizyolojik apeksi ve mine sement birleşiminin lokalizasyonunda meydana gelen gözlem farklılıkları sonucu olduğu düşünülmektedir (29). Yöntemler arasında meydana gelen farkın ise özellikle periapikal radyografide yapılan ölçümler sonucu olduğu bulunmuştur. Periapikal radyografilerden elde edilen sonuçlar diğer ölçüm yöntemlerinde elde edilen sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Bunun durumun ise fakültemizde kullanılan Digora fosfor plak sistemi yazılımından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Panoramik radyografilerde ise magnifikasyon faktörü hesaplanarak yapılan ölçümlerin daha başarılı olduğu ve CBCT ölçümlerine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Wakoh ve ark.'larının periapikal radyografi, panoramik radyografi, konvansiyonel tomografi ve BT kullanarak implant uzunluğu

ölçümlerini karşılaştırdıkları çalışmada elde edilen sonuçlarda ise standardize edilmiş periapikal radyografilerde gerçeğe yakın ölçümler elde edildiği ve panoramik radyografilerde görüntü çözünürlüğünün düşük olması ve magnifikasyonlara bağlı hatalı ölçümler yapıldığı bildirilmiştir (30).

Bu pilot çalışmanın sonucunda dijital görüntüler üzerinde yapılan horizontal ölçümlerin görüntüleme yöntemleri arasında farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Buna karşın vertikal ölçümlerde; gözlemciler arası anatomik yapıların tespitindeki farklılıklara ve periapikal radyografilerde cihaza ve kullanılan yazılıma bağlı istatistiksel farklar olduğu tespit edilmiştir.

Bu bulgular doğrultusunda CBCT ile görüntülemenin yapılmadığı durumlarda özellikle cerrahi planlama ile ilgili mesafe ölçümlerinde (kemik yüksekliği, mandibular kanala olan mesafe) magnifikasyon faktörü dikkate alınarak dijital panoramik radyografi kullanılması önerilmektedir. Diş hekimliğinde rutin olarak çekilen periapikal radyografilerin ise kullanılan dijital sistemin özelliklerine ve uygulama metoduna bağlı olarak dişin orijinal boyutundan farklı sonuçlar verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynaklar:

1. Volchansky A, Cleaton-Jones P, Drummond S, Bönecker M. Technique for linear measurement on panoramic and periapical radiographs: a pilot study. *Quintessence Int* 2006; 37: 191-7.
2. Fatemitabar SA, Nikgoo A. Multichannel computed tomography versus conebeam computed tomography: linear accuracy of in vitro measurements of the maxilla for implant Placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010; 25: 499-505.
3. Santos Tde S, Gomes AC, de Melo DG, Melo AR, Cavalcante JR, de Araújo LC et al. Evaluation of reliability and reproducibility of linear measurements of cone-beam-computed tomography. *Indian J Dent Res* 2012; 23: 473-8.
4. Versteeg KH, Sanderink GC, Van Ginkel FC, Van der Stelt PF. Estimating dis-

tances on direct digital images and conventional radiographs. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 439-43.

5. Woolhiser GA, Brand JW, Hoen MM, Geist JR, Pikula AA, Pink FE. Accuracy of film-based, digital, and enhanced digital images for endodontic length determination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2005; 99: 499-504.

6. Kazzi D, Horner K, Qualtrough AC, Martinez-Beneyto Y, Rushton VE. A comparative study of three periapical radiographic techniques for endodontic working length estimation. *Int Endod J* 2007; 40: 526-31.

7. Bosmans N, Ann P, Aly M, Willems G. The application of Kvaal's dental age calculations technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int* 2005; 153: 208-12.

8. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 1995; 74: 175-85.

9. Landa MI, Garamendi PM, Botella MC, Alemán I. Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *Int J Legal Med* 2009; 123: 123-8.

10. Aglarıcı OS, Yılmaz HH. Diş hekimliğinde dijital radyografi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2010; 2: 45-52.

11. Farman AG, Levato CM, Gane D, Scarfe WC. In practise. How going digital will affect the dental Office. *J Am Dent Assoc* 2008; 139: 14-9.

12. Van Der Stelt PF. Filmless imaging: The uses of digital radiography in dental practice. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 1379-87

13. Gormez O, Yılmaz HH. Image Post-Processing in Dental Practice. *Eur J Dent*. 2009; 3: 343-7.

14. Wyatt CC, Pharoah MJ. Imaging techniques and image interpretation for dental implant treatment. *Int J Prosthodont* 1998; 11: 442-52.

15.Lingeswar D, Dhanasekar B, Aparna IN. Diagnostic Imaging in Implant Dentistry. IJOICR 2010; 1: 147-53.

16.PA Monsour, R Dudhia. Implant radiography and radiology. Aust Dent J 2008; 53: 11-25

17.Duckworth JE, Judy PF, Goodson JM, Socransky SS. A method for geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. J Periodontol 1983; 54: 435-40.

18.Jeffcoat MK, Reddy MS, Webber RL, Williams RC, Ruttimann UE. Extraoral control of geometry for digital subtraction radiography. J Periodontal Res 1987; 22: 396-402.

19.Frederiksen NL, Bensen BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from film tomography used for dental implant diagnostics. Dentomaxillofac Radiol 1994; 23: 123-7.

20.Reddy MS, Mayfield-Donahoo T, Vandervan FJ, Jeffcoat MK. A comparison of the diagnostic advantages of panoramic radiography and computed tomography scanning for placement of root form dental implants. Clin Oral Implants Res 1994; 5: 229-38.

21.Sonick M, Abrams J, Faiella RA. A comparison of the accuracy of periapical, panoramic, and computerized tomographic radiographs in locating the mandibular canal. Int J Oral Maxillofac Implants 1994; 9: 455-60.

22.Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. Dentomaxillofac Radiol 1991; 20: 40-2.

23.Senem G, Yiğit Ö. Applications of cone beam computerized tomography in endodontics. GÜ Diş Hek Fak Derg 2010; 27: 207-17.

24.Kamburoglu K, Kolsuz E, Kurt H, Kılıç C, Özen T, Paksoy CS. Accuracy of CBCT measurements of a human skull. J Digit Imaging 2011; 24: 87-793.

25.Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37: 80-93.

26.Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. Am J Orthod Dentofac Orthop 2010; 137: 16-7.

27.Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. Int Endod J 2007; 40: 818-30.

28.Nishikawa K, Suehiro A, Sekine H, Kousuge Y, Wakoh M, Sano T. Is linear distance measured by panoramic radiography reliable? Oral Radiol 2010; 26: 16-9.

29.Persson RE, Tzannetou S, Feloutzis AG, Brägger U, Persson GR, Lang NP. Comparison between panoramic and intra-oral radiographs for the assessment of alveolar bone levels in a periodontal maintenance population. J Clin Periodontol 2003; 30: 833-9.

30.Wakoh M, Harada T, Otonari T, Otonari-Yamamoto M, Ohkubo M, Kousuge Y et al. Reliability of linear distance measurement for dental implant length with standardized periapical radiographs. Bull Tokyo Dent Coll. 2006; 47: 105-15.

Sorumlu Yazar: Mehmet Zahit Adışen
Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı.
Kırıkkale, Türkiye
Telefon: +90 318 2244927-2243618
Fax: +90 318 2250685
E-mail: m_zahit@hotmail.com