

Diş Uzunluklarının Dental Volumetrik Tomografi Yardımıyla 6 inç ve 9 inç Tarama Alanları Kullanılarak Ölçülmesi

Measurement of Tooth Length by Using Dental Volumetric Tomography with 6 inch and 9 inch Field of Views

Kıvanç Kamburoğlu*, Tuncer Özen**, Cenk Kılıç***

Özet

Kadavra dişlerinin uzunluklarının ölçülmesinde dental volumetrik tomografinin kesinliğinin ve tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesi.

İki adet kadavra mandibulasına ait 18 adet sağlıklı diş, dental volumetrik tomografi (NewTom 3G Plus) yardımıyla 6 inç ve 9 inç tarama alanları kullanılarak görüntüldü. İki gözlemci, oluşturulan kesitsel görüntüler üzerinden diş boylarını birer hafta arayla ikişer kez ölçtü. Daha sonra, belirlenen 18 adet dişin gerçek boyu, bir anatomist tarafından dijital kumpas yardımıyla ölçüldü. Gözlemci uyumu için Gage R&R ANOVA analizi yapıldı. Dental volumetrik tomografi ve dijital kumpas arasındaki ölçümlerin korelasyonu için regresyon analizi yapıldı.

İki farklı tarama alanı ile elde edilen görüntülerden yapılan uzunluk ölçümleri dikkate alındığında gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumda önemsiz farklılıklar bulundu. Dijital kumpas ve dental volumetrik tomografi ile iki ayrı tarama alanı kullanılarak yapılan diş uzunluğu ölçümleri arasında yüksek regresyon katsayısı ile birlikte kuvvetli çizgisel bir ilişki bulundu (6 inç tarama alanı ile R-kare = %96.6 ve 9 inç tarama alanı ile R-kare = %96.9). Dijital kumpas ile yapılan uzunluk ölçümleri ile 6 inç tarama alanıyla alınan görüntüler arasındaki ortalama farklılık 0.17 mm iken 9 inç tarama alanıyla alınan görüntülerde ise bu fark 0.16mm olarak bulundu.

Dental volumetrik tomografi kullanılarak diş uzunluğu ölçümlerinde kesin ve tekrarlanabilir sonuçlar ortaya kondu.

Anahtar Kelimeler: Dental volumetrik tomografi, NewTom, diş uzunluk ölçümü

Abstract

To assess the accuracy and reproducibility of length measurements obtained from cadaver teeth by using dental volumetric tomography.

Images of 18 healthy teeth from 2 cadavers were acquired with a dental volumetric tomography (NewTom 3G Plus scanner) using both 6 inch and 9 inch field of views. Two observers separately measured the length of each tooth on cross-sectional images by use of the inbuilt measurement tools twice with an interval of one week. Thereafter, real lengths of the teeth were measured with a precision digital caliper by an anatomist. Observer agreement was calculated by Gage R&R ANOVA analysis. Correlation between the quantitative measurements obtained from cone beam CT and digital caliper was tested by regression analysis with the null hypothesis being correlation coefficient was equal to zero.

There was an insignificant difference between or within observers considering the tooth length measurements obtained by 6 inch FOV and 9 inch FOV images. Regression analysis between tooth length measurements made by direct caliper and 6 inch FOV – 9 inch FOV images revealed high regression coefficient (R-sq = 96.6% for 6 inch and R-sq = 96.9% for 9 inch) showing a strong linear relationship. The tooth length measurement difference of 6 inch FOV and 9 inch FOV images from the direct caliper measurements showed means of 0.17 mm and 0.16 mm, respectively.

Highly accurate and reproducible results were obtained in tooth length measurements by using dental cone beam computerized tomography.

Key Words: Dental volumetric tomography, NewTom, tooth length measurement

* Dr. Dt. GATA, Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi, Oral Diağnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı

** Doç. Dr. GATA, Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi, Oral Diağnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı

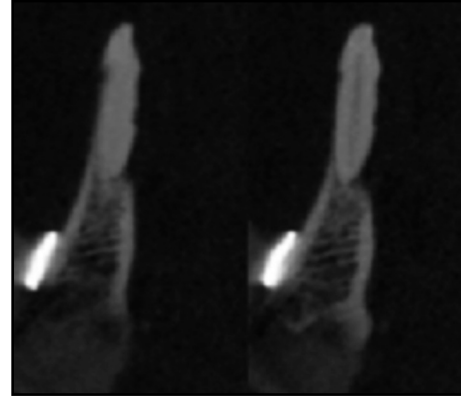
***Dr. Dt. GATA, Anatomi Anabilim Dalı

GİRİŞ

Son yıllarda, dental yapıların üç boyutlu olarak değerlendirilmesi amacıyla çeşitli dental volumetrik tomografi cihazları piyasaya sürülmüştür. Bu sistem, bir panel ya da alan dedektörüne merkezlenmiş konik şekilli x ışını demeti kullanarak gantry'nin tek bir rotasyon hareketiyle tüm başın taranmasını sağlar. Konvansiyonel bilgisayarlı tomografi (BT) tarayıcılarında ise tam bir görüntünün oluşabilmesi için birçok ayrı kesitin bir araya gelmesi gerekmektedir.¹⁻³ Dental bölgedeki sert dokuların görüntülenmesinde multidedektör BT'ye oranla daha üstün olan dental volumetrik tomografi, yüksek izotropik uzaysal çözünürlüğü, distorsiyonsuz görüntüleri, kullandığı düşük ışın dozu, cihazın küçük hacmi ve göreceli olarak uygun fiyatı sayesinde dentomaksillofasial görüntüleme için kullanılmaya aday, hızla yükselen bir teknolojidir.^{3,4} Şimdiye kadar yapılan dental volumetrik tomografi çalışmaları, kafatasları üzerindeki belirli bölgelerin ya da çapı bilinen frezlerle hazırlanmış yapay defektlerin ölçülmesine yönelik sonuçlar ortaya koymuştur. Bugün için dental volumetrik tomografi yardımıyla diş uzunluklarının ölçülmesine yönelik herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Diş uzunluklarının ölçülmesi diş hekimliğinin tüm alanlarında yararlı olacağı gibi dental volumetrik tomografi cihazı ile yapılan ölçümlerin kesinliği ve tekrarlanabilirliği ile ilgili fikir sahibi olmamızı da sağlayacaktır. Bu çalışmanın amacı dental volumetrik tomografi ile 6 inç ve 9 inç tarama alanları kullanılarak yapılan diş uzunluğu ölçümlerinin dijital kumpasla yapılan direkt ölçümlerle karşılaştırılmasıdır.

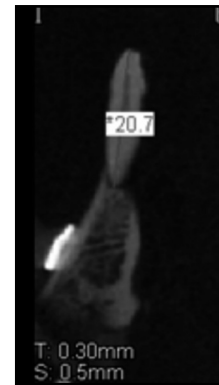
GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, iki ayrı kadavra mandibulasına ait 18 adet tek köklü sağlıklı diş kullanıldı. Mandibulaların deri ve yumuşak doku kısımları bistüri, penset ve diseksiyon makası kullanılarak dikkatlice kaldırıldıktan sonra 18 adet diş, davye yardımıyla atravmatik bir şekilde çekildi. Dişler tekrar soketlerine kondu ve mandibulalar dişlerin yerleşmiş oldukları soketleriyle birlikte bir Lindeman keski yardımıyla 18 ayrı parçaya bölündü. Her bir diş ve içinde bulunduğu alveoler kemik yapısı (toplam 18 adet örnek) bir kaide üzerinde dental volumetrik tomografi (NewTom 3G Plus tarayıcı, Quantitative Radiology, Verona, Italy) yardımıyla 6 inç ve 9 inç tarama alanları kullanılarak 110 kVp'de, 36 saniye tarama zamanıyla tarandı. Tarama sonrasında, 0.2 mm kalınlıkla alınan aksiyel kesitler NewTom 3G Versiyon 2.11 yazılımı ile yeniden oluşturuldu ve her dişin uzun eksenine dik olacak şekilde 0.3 mm kalınlıkta ve 0.5 mm aralıklı kesitsel görüntüler elde edildi (Resim 1).



Resim 1: New Tom 3G Plus tarayıcı ile 0.2 mm kalınlıkla alınmış aksiyel kesitlerin NewTom 3G Versiyon 2.11 yazılımı ile yeniden oluşturulmuş, 0.3 mm kalınlıkta ve 0.5mm aralıklı ardışık iki adet kesitsel görüntüsü.

Oral diağnoz ve radyoloji alanında doktoralı iki diş hekimi, gözlemci kalibrasyonu yapıldıktan sonra, elde edilen bu görüntüler üzerinden uygun kesitlerde, yazılım içerisindeki ölçüm araçlarını kullanarak diş uzunluğunu minenin en yüksek tepe noktasından apekse kadar ikişer kez ölçtü ve ortalama değeri kaydetti (Resim 2).



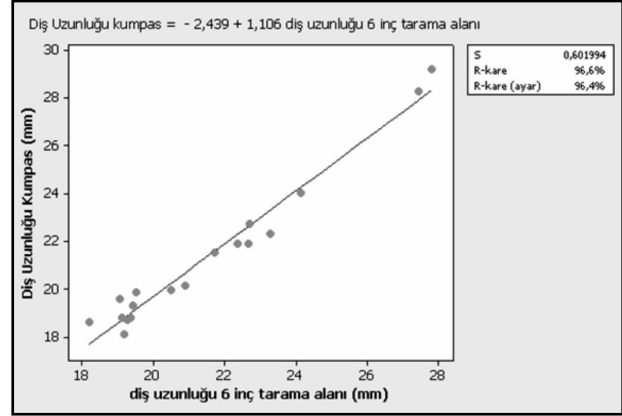
Resim 2: Yazılımın ölçüm araçları yardımıyla ölçülmüş diş uzunluğunun gösterildiği kesitsel görüntü.

Aynı ölçümler, aynı gözlemciler tarafından bir hafta sonra gözlemci içi uyumu ölçmek amacıyla tekrar edildi. Daha sonra ise, çekilen dişlerin gerçek uzunlukları minenin en yüksek tepe noktasından apekse kadar dijital kumpas (Shinwa Co, Osaka, Japan) yardımıyla bir anatomist tarafından iki defa ölçüldü ve ortalaması kaydedildi. Bu ölçümler krosseksiyonel tomografi görüntülerinden alınan ölçümler için altın standard olarak kabul edildi. Kullanılan dental volumetrik tomografi cihazı, hastanın hacmine göre otomatik olarak radyasyon dozunu ayarlama özelliği sayesinde her hasta için ayrı doz uygulayabilmektedir. Ayrıca, 6 inç, 9 inç ve

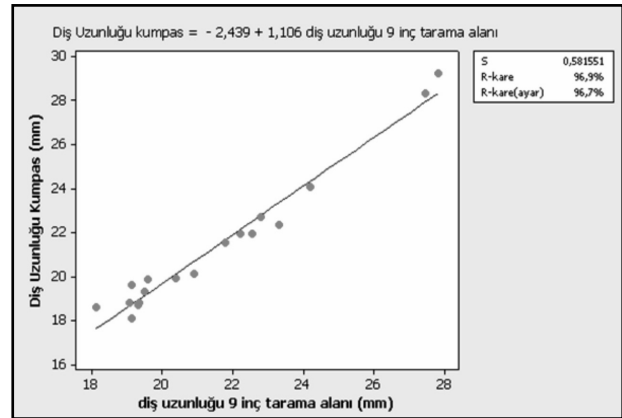
12 inç olmak üzere, üç farklı tarama alanı ayarlamasına izin vermektedir. Küresel rekonstrüksiyon hacmi ile birlikte, 6 inç tarama alanı için piksel büyüklüğü = 0,11 mm x 0,11 mm, en yüksek çap = 100 mm; voksel büyüklüğü = 0,19 mm³ iken 9 inç tarama alanı için ise piksel büyüklüğü = 0,15 x 0,15 mm, en yüksek çap = 140 mm ve voksel büyüklüğü = 0,29 mm³'dür. Tüm görüntüler, 17 inç monitor (Flatron, LG, Seoul, Korea) kullanılarak, ekran çözünürlüğü 1280x1024 piksel ve 32 bit renk derinliğinde karanlık bir odada değerlendirildi. Gereken durumlarda parlaklık ve kontrast ayarlamaları yapıldı. Elde edilen veriler istatistiksel analiz paketine (Minitab Release 15 – US) aktarıldı. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumluluk Gage R&R ANOVA yardımıyla hesaplandı. Ayrıca, dental volumetrik tomografi ile dijital kumpas arasındaki kantitatif ölçümlerin korelasyonu regresyon analizi yardımıyla yokluk hipotezi için korelasyon katsayısı sıfıra eşit kabul edilerek test edildi. Bu testin sonuçları karşılık gelen R-kare değerleri göz önüne alınarak değerlendirildi. Bu testin sonuçlarına göre eğer R-kare değeri %64'den büyükse ve p<0.05 ise, iki ölçüm arasında kuvvetli ilişkiyi ifade eden alternatif hipotez kabul edildi.

BULGULAR

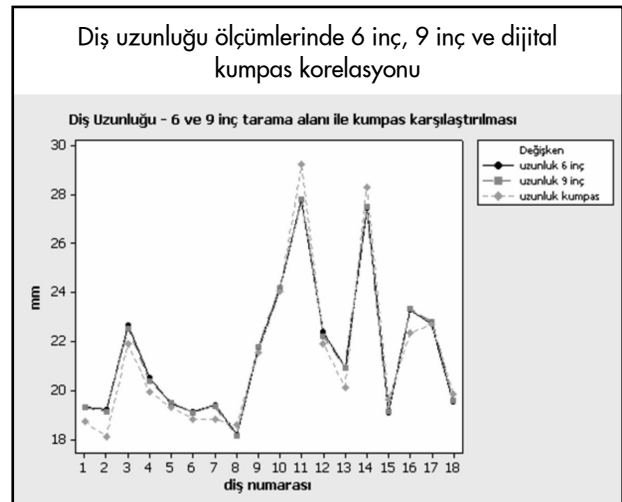
Gage R&R ANOVA analizi, 6 inç ve 9 inç tarama alanları ile alınan görüntülerde yapılan ölçümlerde, gözlemci içi ve gözlemciler arasında diş uzunluğu ölçümleri açısından önemsiz farklılıklar ortaya çıkardı. Diş uzunluğu ölçümleri için, Gage R&R değeri %30'dan daha küçük olarak hesaplandı. Bu değer, 6 inç tarama alanı için %24.44 iken 9 inç tarama alanı için ise %23.31 olarak bulundu. Bu nedenle, analizler için, her iki gözlemciden alınan uzunluk ölçümlerinin ortalaması küçük varyasyonlara bakılmaksızın dikkate alındı. Regresyon analizi, dijital kumpas ve 6 inç ile 9 inç tarama alanları yardımıyla alınan görüntülerde yapılan uzunluk ölçümleri arasında kuvvetli lineer ilişkiye işaret eden yüksek regresyon katsayısı ortaya koydu (6 inç için, R-kare = % 96.6 ve 9 inç için R-kare = %96.9) (Şekil 1) (Şekil 2). Dijital kumpas ölçümleri ile 6 inç ve 9 inç tarama alanı görüntüleri ölçümlerinin korelasyonu şekilde görülmektedir (Şekil 3). Direkt dijital kumpas ölçümlerinin 6 inç tarama alanlı görüntülerden ortalama farkı 0,17 mm iken 9 inç tarama alanı görüntüleri için bu fark 0.16mm olarak bulundu. 6 inç tarama alanı için diş uzunluğu ölçümleri %95 olasılıkla, dijital kumpastan, -1.1437 ile 1.4807 mm arasında fark gösterirken bu fark 9 inç tarama alanı görüntüleri için -1.1143-1.4321'dir (Şekil 4).



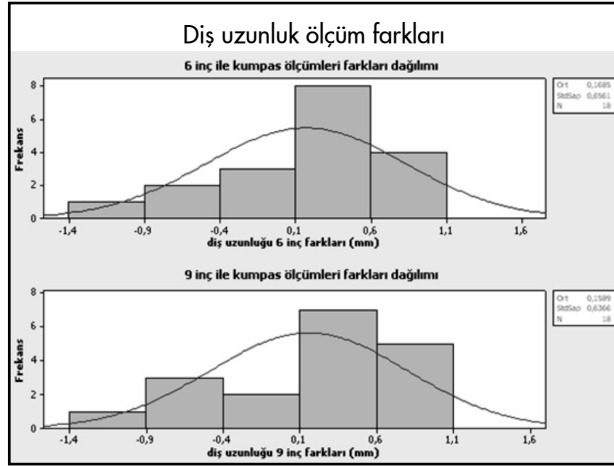
Şekil 1: Dijital kumpasla dişlerden ve 6 inç tarama alanı yardımıyla elde edilen görüntüler üzerinden yapılan ölçümler arasındaki regresyon analizi. R-kare = % 96.6.



Şekil 2: Dijital kumpasla dişlerden ve 9 inç tarama alanı yardımıyla elde edilen görüntüler üzerinden yapılan ölçümler arasındaki regresyon analizi. R-kare = %96.9.



Şekil 3: Diş uzunluğu ölçümlerinde 6 inç tarama alanı kullanılarak alınan görüntüler üzerinden yapılan ölçümler, 9 inç tarama alanı kullanılarak alınan görüntüler üzerinden yapılan ölçümler ve dijital kumpas ile dişlerden yapılan direkt ölçümlerin korelasyonu



Şekil 4: Direkt dijital kumpasla dişlerden yapılan direkt ölçümlerin 6 inç ve 9 inç tarama alanları ile elde edilen görüntülerde yapılan ölçümlerden farkı.

Uzunluk ölçümleri açısından, yüzdeler göz önüne alındığında, 6 inç tarama alanı için dijital kumpasa göre ortalama fark %1.01 iken bu fark 9 inç tarama alanı için %1.00 olarak bulundu. 6 inç tarama alanı görüntüleri için uzunluk ölçümlerinin oranı %95 olasılıkla dijital kumpasa göre, %-4.82 ile %6.85 arasında değişirken, 9 inç tarama alanı için bu fark %-4.67 ile %6.60 arasındaydı.

TARTIŞMA

Dental volumetrik tomografi kullanarak dişlerin uzunluklarını ölçmeyi amaçladığımız araştırma oldukça yüksek oranda kesin ve tekrarlanabilir sonuçlar ortaya koydu. Farklı gözlemciler ve tarama alanları dikkate alındığında ortaya çok küçük ve istatistiksel açıdan önemsiz bir varyasyon çıktı. Gözlemci performansı, ölçümler yapılırken alınan referans noktaları, farenin hassasiyeti ve kullanılan yazılım ölçüm çalışmaları açısından önemli faktörlerdir. Çalışma için seçilmiş uzmanlar yazılımın ölçüm araçlarını kullanma konusunda deneyimliydi ve ölçümler öncesi gözlemci kalibrasyonu yapıldı. Çalışmada elde edilen yüksek başarı bunlara bağlanabilir.

Sürmemiş diş kronlarının genişliğini ölçmek amacıyla yapılan bir çalışmada dental volumetrik tomografi kullanılarak kesin ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edilmiş, gözlemciler arasında ölçümler açısından anlamlı farklılık bulunamamıştır.⁵ Bizim çalışmamızda elde edilen bulgular bu çalışma ile tamamen uyumludur. Bahsedilen çalışmada, her ne kadar dental volumetrik tomografi ölçümleri laboratuvar sonuçlarına oranla daha yüksek değerler verse de farklılık klinik açıdan anlamsız bulunmuştur. Araştırmacılar, laboratuvar ölçümleri

ve tomografik ölçümler arasındaki farkı +0.088 mm (± 0.027 mm; en az 0.062 mm, en fazla 0.114 mm) olarak hesaplamışlardır.⁵ Biz, direkt dijital kumpas ölçümlerinin 6 inç tarama alanlı görüntülerden ortalama farkını 0.17 mm, 9 inç tarama alanlı görüntülerden farkını ise 0.16 mm olarak hesapladık. Uzunluk ölçümleri açısından, yüzdeler göz önüne alındığında ise, 6 inç tarama alanı için dijital kumpasa göre ortalama farkı %1.01 ve 9 inç tarama alanı için ise %1.00 olarak bulduk. Diğer bir çalışmada, genial tüberküllerin anatomik yerinin tespiti amacıyla üç boyutlu dental volumetrik tomografi kullanılmış, diseksiyon yapılmış kadavralar ve tomografik görüntülerden yapılan ölçümler arasında anlamlı fark bulunamamıştır.⁶ Kadavra temporomandibular eklemi ve ilgili yapılardan alınan dental volumetrik tomografi görüntülerindeki ölçümler, sefalometrik radyografi ve anatomik gerçek uzunluklarla karşılaştırılmıştır.^{7,8} Ölçümler, dental volumetrik tomografi için konvansiyonel sefalometrik radyograflara oranla çok daha gerçeğe yakın bulunmuştur. Kurukafalar üzerindeki çeşitli internal ve eksternal anatomik bölgelerin kumpas ve dental volumetrik tomografi ölçümleri karşılaştırılmıştır. Tomografik ölçümler gerçek mesafelere göre daha düşük bulunsada, istatistiksel anlamlılık sadece kafa tabanı için ortaya konmuştur. Bu nedenle dental volumetrik tomografi dentomaksillofasial bölgedeki lineer ölçümler için güvenilir kabul edilmiştir.⁹ Bizim sonuçlarımız da, dental volumetrik tomografi için normal mesafelerle oldukça uyumlu sonuçlar ortaya koymuş ve yüksek korelasyon katsayısı ile birlikte güçlü lineer ilişki göstermiştir.

Çapları bilinen frezlerle kadavra mandibulasında hazırlanmış kaviterlerin dental volumetrik tomografi ile yapılan lineer ölçümleri bizim çalışmamızla benzer şekilde yüksek gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum göstermiştir.¹⁰ Sözü edilen çalışmada, ortalama genişlik farkı, -0.07 mm (± 0.02 S) ve ortalama yükseklik farkı ise -0.27mm (± 0.02 S; $P < 0.01$) bulunmuştur. Benzer şekilde, yeni geliştirilmiş bir dental volumetrik tomografi cihazı ve BT cihazı frezlerle hazırlanmış kaviterlerin ölçümünde kullanılmıştır.¹¹ İki sistem arasında anlamlı farklılık bulunamazken, sadece tek bir gözlemcinin tüm ölçümleri yaptığı çalışmada dental volumetrik tomografi için ortalama ölçüm hatası 0.26 mm (± 0.18 mm) ve ortalama yüzde hatası %0.98 (± 0.73) olarak hesaplanmıştır. Lineer regresyon analizi, ortalama hata oranı ve uzunluk arasında pozitif korelasyon göstermiştir ($R=0.628$; $P=0.004$). Gözlemci içi tutarlılık Cronbach's alpha (0.9999991891) ile yüksek bulunmuştur.¹¹ Bizim çalışmamız, bahsedilen çalışmayla gözlemci içi uyumu açısından benzer sonuçları verdi ancak çalışmamızda

anatomik diş boyu ölçümlerinin radyografik görüntü değerlendirmesi yapmayan bir anatomist tarafından yapılmasının ölçümlerde daha objektif değerlendirme olanağı sağladığı görüşündeyiz. Ayrıca, çalışmaya iki gözlemcinin katılması gözlemciler arası uyumu değerlendirmemizi de sağladı. NewTom ve CB MercuRay sistemlerinin çeşitli landmarkların ölçülmesi yolu ile karşılaştırılması NewTom için 0.07 ± 0.41 mm ve CB MercuRay için ise 0.00 ± 0.22 mm oranında ortalama farklar ortaya koymuştur. CB MercuRay ile dijital kumpas ölçümlerine daha yakın sonuçlar bulunmuştur.¹² Bizim ölçümlerimizin kesinliği de bahsedilen çalışmalardaki değerlere yakındır.

Dental volumetrik tomografinin değerlendirildiği bir çalışmada yapılan ölçümlerde kadavra mandibularlarının yumuşak doku eşdeğeri olan sukroz solusyonu içerisine gömülerek görüntülenmesinde kuru mandibulaya oranla daha başarılı sonuçlar bulunmuştur.¹³ Çalışmamızda, yumuşak doku eşdeğeri de kullanılmış olsaydı daha da iyi sonuçlar ortaya çıkabilirdi.

Anatomik ve radyografik ölçümlerin karşılaştırılmasında dental volumetrik tomografi ve spiral BT'nin kullanıldığı bir çalışmada dental volumetrik tomografi istatistiksel olarak anlamlı bir üstünlük sağlamıştır.¹⁴ Dental volumetrik tomografi ile ortalama ölçüm farkları, 0.01 ile 0.65 mm arasında ve ortalama sapma ise %1.4 olarak bulunmuştur. Dental volumetrik tomografi ile alınan kesitsel görüntülerde süngersi kemik spiral BT'ye oranla daha keskin şekilde gözlenmiştir.¹⁴ Dental volumetrik tomografi ile yapılan ölçümler, sefalometrik ve panoramik tekniklerin aksine kafatasının pozisyon değişimlerinden veya ölçüm yapılan bölgenin yerinden etkilenmez. Gözlemci deneyiminin ölçümlerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği açısından olumlu etkisi vardır.¹⁵ Lineer ölçümler için dental volumetrik tomografi Accuitomo 3D cihazı -0.09 ± 1.64 mm doğruluk ortaya koymuş ve gözlemci uyumu yüksek bulunmuştur.¹⁶ Konvansiyonel BT ve dental volumetrik tomografi, periodontal defektlerin ölçülmesinde histolojik kesitlere kıyasla sadece küçük bir sapma göstermiştir. Histolojik kesitlerle yapılan karşılaştırmalarda, konvansiyonel

BT 0.16 mm \pm 0.10 mm ve dental volumetrik tomografi 0.19 mm \pm 0.11 mm sapma gösterirken dental volumetrik tomografi daha iyi subjektif görüntü kalitesi ortaya koymuştur.¹⁷

Dental volumetrik tomografi cihazlarının verdiği efektif radyasyon dozları büyük oranda, sistem özelliklerine, tarama alanına ve seçilmiş teknik faktörlere bağlanmaktadır. Yapılan bir efektif radyasyon dozu çalışmasına göre, i-CAT ile alınan dozlar NewTom 3G'den 3.3 kat fazla iken, MercuRay için 9.5 kat daha fazladır.¹⁸ Bu çalışmada kullanılan NewTom 3G dental volumetrik tomografi cihazının, hastanın hacmine göre otomatik olarak radyasyon dozunu ayarlama özelliği sayesinde her hasta için ayrı doz uygulama özelliği vardır. Ayrıca, 6 inç, 9 inç ve 12 inç olmak üzere, üç farklı tarama alanı ayarlamasına izin vermekte ve uygun seçimin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede, efektif dozda artış olmadan kesin ve tekrarlanabilir lineer ölçümler yapılabilmektedir. Yeni piyasaya çıkacak cihazlarda akıllı sensörler ve ışın demeti teknolojilerinin daha sık kullanılması sayesinde radyasyon güvenliği açısından çok önemli yararlar sağlanacağı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada ortaya çıkan bulgular ışığında dental volumetrik tomografi ile yapılan diş uzunluğu ölçümleri oldukça doğru ve tekrarlanabilir bulundu. Tarama alanının değiştirilmesi, ölçüm yeteneğini değiştirmezken diş uzunluğu ölçümleri açısından gözlemci içi ve gözlemciler arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmadı. Deneyimli gözlemciler tarafından dental volumetrik tomografi ile lineer ölçümler güvenilir olarak yapılabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Sinan Horasan ve Asım Horasan'a Newton cihazının kullanılmasında gösterdikleri ilgi, Tümer Artürk'e ise istatistiksel analizlerdeki desteği için teşekkürü borç bilir.

Kaynaklar

1. Liu D, Zhang W, Zhang Z, Wu Y, Ma X. Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 105: 91-98, 2008.
2. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IAB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 8: 1558-1564, 1998.
3. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofacial Res.* 6: 31-36, 2003.
4. Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, Araki M, Kawashima S, Terakado M. A comparison of a new limited cone beam tomography for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 95: 371-377, 2003.
5. Sakabe J, Kuroki Y, Fujimaki S, Nakajima I, Honda K. Reproducibility and accuracy of measuring unerupted teeth using limited cone beam X-ray CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 36: 2-6, 2007.
6. Hueman EM, Noujeim ME, Langlais RP, Prihoda TJ, Miller FR. Accuracy of cone beam computed tomography in determining the location of the genial tubercle. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery.* 137: 115-118, 2007.
7. Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 128: 803-811, 2005.
8. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 132: 550-560, 2007.
9. Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofac Radiol.* 33: 291-294, 2004.
10. Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, Misch KA, Sarment DP. Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 35: 410-416, 2006.
11. Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, Zöller JE. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 104: 551-559, 2007.
12. Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofac Radiol.* 37: 80-93, 2008.
13. Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 37: 10-17, 2008.
14. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 19: 228-231, 2004.
15. Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 103: 534-542, 2007.
16. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, Van Steenberghe D, Suetens P. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 105: 512-518, 2008.
17. Mengel R, Candir M, Shiratori K, Flores de Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: An in vitro study on native pig and human mandibles. *J Periodontol.* 76: 665-673, 2005.
18. Ludlow JB, Ludlow LED, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol.* 35: 219-226, 2006.

Yazışma Adresi:

Yazışma Adresi: Dr. Kıvanç Kamburoğlu
GATA, Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi, Oral Diyanoz ve Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara
Tel: (312) 304 60 64
E-mail: dtkivo@yahoo.com