



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÖK KANAL TEDAVİSİNDE KANAL BOYLARININ
TESPİTİNDE KULLANILAN FARKLI APEKS
BULUCULARIN DOĞRULUĞUNUN PERİAPİKAL
RADYOGRAFİ VE KONİK İŐINLI BİLGİSAYARLI
TOMOĞRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Kazım DELİCE

**Samsun
Ocak 2022**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÖK KANAL TEDAVİSİNDE KANAL BOYLARININ
TESPİTİNDE KULLANILAN FARKLI APEKS
BULUCULARIN DOĞRULUĞUNUN PERİAPİKAL
RADYOGRAFİ VE KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Kazım DELİCE

**Danışman
Prof. Dr. Hikmet AYDEMİR**

**2. Danışman
Prof. Dr. Ali KELEŞ**

**Samsun
Ocak 2022**

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Uzmanlık öğrencisi Dt..... tarafından
danışmanlığında hazırlanan “.....” başlıklı bu
çalışma jürimiz tarafından .../.../..... tarihinde yapılan sınav ile
.....
Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Bu tez, Anabilim Dalınca belirlenen ve yukarıda adları
yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

...../...../2021
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tezimin hazırlanması boyunca desteğini, ilgisini ve tecrubesini hiğbir zaman esirgemeyen, tez danıőmanım sayın Prof. Dr. Hikmet Aydemir'e

Bilgi ve deneyimleriyle ufkumu geniőleten zengin bakıő ağısıyla yol gosteren ikinci tez danıőanım sayın Prof. Dr. Ali KELEŞ' e

Tez s¼recinde bilgi ve tecr¼belerini esirgemeyen ve bana ışık tutan değerli hocalarım Prof. Dr. Ebru zsezer Demiry¼rek ve Doğ Dr. Elif Kalyoncuoğlu hocama

Asistanlık d¼nemimdeki ęalıőma arkadaőlarım Uzm Dt. K¼bra Bozsoy, Dt. Onur K¼meę, Dt. Kevser Şenel ve Sabiha G¼lęin Alak'a

Eğitim hayatım boyunca beni destekleyen hep yanımnda olan ailem Salih Delice, Fatma Delice, Asım Delice ve Aysun Delice Yıldız'a

Teőekk¼r¼ borę bilirim.

ÖZET

KÖK KANAL TEDAVİSİNDE KANAL BOYLARININ TESPİTİNDE KULLANILAN FARKLI APEKS BULUCULARIN DOĞRULUĞUNUN PERİAPİKAL RADYOGRAFİ VE KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI RADYOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı kök kanal boyu ölçüm metotlarının kanal boyunu belirlemede doğruluğunun karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Metot: Çalışmada 30 adet çekilmiş mandibular birinci premolar dişleri kullanıldı. Örneklerin giriş kavitesi açıldıktan sonra koronal kısımları mine-sement sınırına kadar uzaklaştırıldı. Gerçek kanal uzunluklarının belirlenmesi amacıyla, x3 büyütme dental lup altında, #15 K tipinde kanal eğesi ucu majör apikal foramen görününceye kadar yerleştirildi. Eğenin stoperinin koronal yüzeye temas ettiği nokta ile eğenin uç kısmı arasındaki fark kumpas ile ölçülerek gerçek kanal boyu tespit edildi. Dişler, ağız ortamını taklit etmesi amacıyla aljinat ölçü materyali içerisine gömüldü. Elektronik apeks bulucularda kanal boyu tespiti için üretici firma talimatına göre sinyal alınmaya kadar kanal eğeleri kök kanalı boyunca ilerletildi ve eğenin boyu ölçüldü. Radyolojik yöntem ile kanal boyu tespiti yapılması için dişlerden periapikal radyografiler alındı. Görüntüler üzerinde, oran-orantı yöntemi kullanılarak kanal boyu ölçümleri kaydedildi. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile çalışma boyu ölçümlerinin yapılması için fantom çeneye dişler yerleştirildi. Hazırlanan model üzerinde tomografi çekimleri yapıldı ve elde edilen görüntüler üzerinde cihazın yazılım programındaki ölçüm ara yüzü kullanılarak çalışma boyu ölçümleri kaydedildi. Gerçek kanal uzunluğu ile elektronik ve radyografik yöntemlerle tespit edilen kanal boyu ölçümleri karşılaştırıldı. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için Kruskal Wallis testi kullanıldı. (p<0,05)

Bulgular: Kök kanal boyu tespitinde elektronik apeks bulucular ve konik ışını bilgisayarlı tomografinin, periapikal radyografa göre daha yüksek doğruluğa sahip olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Endodonti; Elektronik apeks bulucu; Konik ışınli bilgisayarlı tomografi; Periapikal radyografi; Majör apikal foramen

KAZIM DELİCE, Uzmanlık Tezi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Samsun-2022

ABSTRACT

EVALUATION OF THE ACCURACY OF DIFFERENT APEX LOCATOR USED IN DETECTION OF CANAL LENGTH IN ROOT CANAL TREATMENT WITH PERIAPICAL RADIOGRAPHY AND CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Aim : The aim of this study is to compare the accuracy of different root canal length measurement methods in determining the canal length.

Material and Metod : 30 extracted mandibular first premolar teeth were selected in this study. After access cavity preparation, the coronal parts of the teeth were removed from the enamel-cementum border. In order to determine the root canal lengths, under the x3 magnification dental loupe, the #K-file were used. The actual canal length was determined by measuring the difference between the point where the stopper of the file touches the coronal surface and the tip of the file with a caliper. Teeth were embedded in alginate to mimic the oral environment. While determining the length of the canal in electronic apex locators, the canal files were advanced in the root canal until the signal recommended by the manufacturers was received. After the stopper was fixed to the coronal surface with flowable composite, the file was removed from the canal and the distance between the stopper and the tip of the file was measured with a caliper. Radiographs of the teeth were taken to determine the canal length with periapical film. Working length measurements were recorded on the images using the measurement interface of the software program of the device. Teeth were placed in the phantom jaw to measure the working length with cone-beam computed tomography (CBCT). Tomography images were taken on the prepared model and working length measurements were recorded on the obtained images using the measurement interface in the software program of the device. Actual canal length and working length measurements determined by electronic and radiographic methods were compared. Shapiro-Wilk test was used for statistical evaluation of the data.

Results: Electronic apex finders and cone beam computed tomography were found to have higher accuracy than the periapical radiographic method in determining root canal length.

KAZIM DELİCE, Speciality Thesis

Ondokuz Mayıs University– Samsun - 2022

SİMGELER VE KISALTMALAR

KIBT	:Konik ışınli bilgisayarlı tomografi
EAB	:Elektronik apeks bulucu
BT	:Bilgisayarlı tomografi
NaOCI	:Sodyum hipoklorit
Post-op	:Post operatif
%	:Yüzde
Cm	:Santimetre
K tipi	:Kerr
CCD	:Charged-coupling device
EDTA	:Etilen diamin tetraasetik asit
kHz	:KiloHertz
kΩ	:KiloOhm
kVp	:Pik kilovoltage
mA	:Miliamper
μA	:Mikroamper
μCT	:Mikro CT / Bilgisayarlı mikrotomografi
mm	:Milimetre
μm	:Mikrometre
SLOB	:Same Lingual Opposite Buccal
RVG	:Radyovizyografi

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Apeks Anatomisi.....	3
2.2. Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler.....	6
2.2.1. Kağıt Konların Nemliliğinin Değerlendirilmesi	6
2.2.2. Parmak Hassasiyeti Yöntemi	7
2.2.3. Konvansiyonel Radyografi.....	7
2.2.4. Dijital Radyografi.....	9
2.2.5. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT).....	15
2.3.6. Elektronik Yöntem	22
3.MATERYAL VE METOT	32
3.1 Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması	32
3.2. KIBT ile Çalışma Boyu Ölçümü.....	32
3.3.Periapikal Radyograf ile Çalışma Boyu Ölçümü	34
3.4.Gerçek Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi	35
3.5.Elektronik Apeks Bulucu ile Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi.....	36
3.6. İstatistiksel Analiz.....	38
4.BULGULAR	39
5. TARTIŞMA	42
KAYNAKLAR	50
EKLER	63

1.GİRİŞ

Endodontide kök kanal tedavisinin amacı, dekompoze pulpa dokusu, nekrotik artıklar ve mikroorganizmaların kök kanalından uzaklaştırılması ve hermetik bir şekilde kanal boşluğunun doldurulmasıdır.¹

Kök kanal tedavisi sırasında tüm işlem basamaklarının kök kanalı içinde gerçekleştirilmesinin önemli olduğu belirtilmektedir.² Periapikal dokularda iyileşmenin sağlanması için; preperasyon, irrigasyon ve kanal dolgusu işlemlerinin apikal daralım bölgesinde sonlandırılmasının gerekli olduğu vurgulanmaktadır.³ Kök kanalının anatomisinin ve morfolojisinin bilinmesinin, başarılı bir endodontik tedavide büyük öneme sahip olduğu ve tespit edilemeyen kanal varlığının endodontik başarısızlığının önemli nedenleri arasında olduğu bildirilmektedir.⁴

Bunun sağlanması için kök kanalı çalışma boyunun doğru tespit edilmesi en önemli basamaklardan biri olduğu bildirilmektedir .Endodontik tedavi sırasında hasta konforunun sağlanmasında süre önemli bir faktördür. Bu sebeple kök kanal çalışma boyunun tespitinin daha güvenilir ve daha hızlı yapılabildiği farklı yöntemler üzerinde araştırmalar sürdürülmektedir.

Kök kanal preperasyonunun apikal daralım bölgesinde bitirilmesinin gerekli olduğu belirtilmektedir.⁵ Minör apikal foramen olarak da bilinen pulpanın bittiği ve periodontal ligamentin başladığı bölge sement dentin sınırı olarak adlandırılmaktadır. Kanal tedavisinin sonlandırılması gereken nokta kökte herhangi bir rezorpsiyon varlığına göre değişmektedir. Rezorpsiyon olmadığında apeksten 1 mm geride, sadece kemik rezorpsiyonu olduğunda 1,5 mm geride ve hem kemik hem de kök rezorpsiyonu olduğunda ise 2 mm geride olacak şekilde belirlenmesi önerilmektedir.⁶

Periapikal radyograflerin, dünyadaki birçok diş hekimi tarafından güvenilir bulunduğu ve standart kanal boyu tespitinde kullanıldığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, bu analog veya dijital olarak kullanılabilen tekniğin, apikal bölgenin yanlış yorumlanmasına, görüntünün bozulmasına ve çalışma boyunun yanlış tespit edilmesine yol açması gibi bazı eksikliklerinin olduğu belirtilmektedir.⁷

Teknolojinin gelişimi ile birlikte apikal daralım bölgesini bildiren elektronik apeks bulucuların (EAB) kullanımları artmıştır. İlk birkaç neslinin başarısızlığından sonra, "çoklu frekanslar" üretilmesi ile yeni elektronik apeks bulucular ile bu sorunların çözüldüğü bildirilmektedir.⁸ EAB, güvenilirlik ve doğruluk açısından periapikal

radiyograflardan üstün olsa da, performansı, restorasyonun elektrik iletkenliği veya anatomik yapılarıdaki varyasyonlar gibi çeşitli faktörler nedeniyle yanlış sonuçlar verebileceği belirtilmektedir.⁹

Güncel bir radyografik görüntüleme tekniği olan KIBT, geleneksel radyografik görüntüleme tekniklerinde karşılaşılan çeşitli eksikliklerin giderilebilmesi amacıyla klinik kullanıma sunulmuştur. Tedaviden önce KIBT taramasından elde edilen verilerin, uygun teşhis, uygun tedavi planlaması ve daha iyi bir kanal tedavisine olanak sağladığı belirtilmektedir.¹⁰ KIBT yönteminin sahip olduğu geometrik hassas ölçüm araçları, kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde ve çalışma uzunluğunun belirlenmesinde klinisyene yardımcı olmaktadır.¹¹

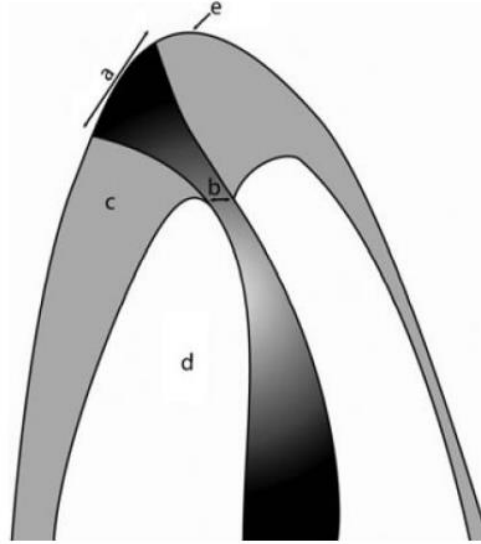
Bu tez çalışmasının amacı, üç farklı EAB, periapikal radyografi ve KIBT'in kök kanal boyunun belirlenmesinde doğruluklarının karşılaştırmalı olarak in vitro değerlendirilmesidir.

2.GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavisinin amacı; kron ve kök pulpasının çıkarılmasının ardından, kök kanal sisteminin mikroorganizmalardan, organik ve inorganik doku artıklarından mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesi ve kanal girişinden kök ucuna kadar üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır.¹² Genel olarak kök kanal tedavisinin, kök kanal sistemi ile sınırlı olması gerektiği kabul edilmektedir. Bu amaçla kök kanal sisteminin son noktası olan minör apikal foramenin, tedavi sırasında mümkün olduğunca doğru şekilde tespit edilmesi önemlidir. Bu nedenle kanal tedavisi sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli kriterlerden biri, kullanılan enstrümanların kök kanalı içinde ne kadar ilerletilmesi, preperasyon ve kanal dolgusunun hangi noktada sonlandırılmasının doğru bir şekilde tespit edilmesi olduğu belirtilmektedir.¹³

2.1. Apeks Anatomisi

Black aralığı; periodontal ligament ile dentin-sement sınırında konumlanan huni şeklinde yapı olarak tanımlanmaktadır³ (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Black aralığı. a. majör apikal foramen b. minör apikal foramen c. sement
d. dentin e. apeks

Black aralığının tepe noktasını minör apikal foramen tabanını ise majör apikal foramenin oluşturduğu belirtilmektedir.¹⁴

Yaşa bağılı olarak apikal foramenin yapısında farklılar görülebilmektedir. Apikal foramenin çapının 18-25 yaş arasında 502 µm, 50 yaş ve üzerinde ise 681 µm olduğu ve bu çapların sırasıyla, #50 ve #60 nolu kanal eğesinin uç bölgesinden alınan çapraz kesitin çapından daha büyük olduğu bildirilmektedir.³ Kök kanalında apikal foramenin yerinin çoğu zaman dişin anatomik apeksinde bulunmadığı ve sıklıkla 0,5-3 mm sapma gösterebildiği ve yaşlı dişlerde bu sapmaların sement birikiminden dolayı daha sık görülebileceği belirtilmektedir.¹⁴

Literatürde majör apikal foramen ile anatomik apeks arasındaki mesafenin farklı değerlere sahip olduğu çalışmalar mevcuttur. Dummer ve ark.³ apeks ile majör apikal foramen arası uzaklığın anterior dişlerde 0,35 mm olduğunu bildirmişlerdir. Kuttler¹⁵ ise, anatomik apeks ile majör apikal foramen arası mesafenin genç bireylerde 0,48 mm yaşlı bireylerde ise 0,6 mm olduğunu belirtmektedir. Green¹⁶, bu mesafenin anterior dişlerde 0,3 mm, posterior dişlerde ise 0,43 mm olduğunu ve incelediği 400 dişte ç, majör apikal foramenin anatomik apeks ile aynı noktada olmadığını, çoğunlukla majör apikal foramenin anatomik apeksten 0.5-2.2 mm geride ve orta hattın dışında bir lokalizasyonda görüldüğünü belirtmektedir. Anatomik apeks ve majör apikal foramen arasındaki mesafeyle ilgili genel düşünce, apeks ile majör foramen arası mesafe posterior dişlerde anterior dişlere göre, yaşlı dişlerde ise genç dişlere göre daha uzak olduğu yönündedir.¹⁷

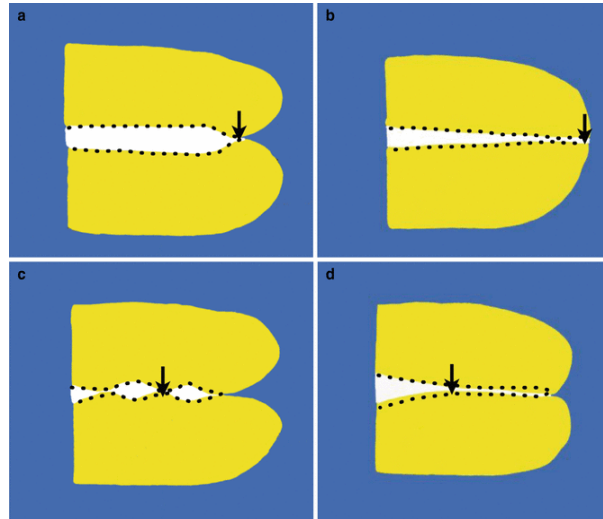
Sekonder sementin, gelişimini tamamlamış dişlerde kökün apikal kısmında bulunduğu bildirilmektedir. Apeksten 1-1.5 mm kadar koronalde dentin ile sement birleşir ve bu bölgeye dentin-sement birleşimi adı verilmektedir. Bu bölgenin pulpa dokusunun sonlandığı ve periodontal ligamentin başladığı bölge olduğu bilinmektedir.¹⁸ Dentin-sement sınırının yerinin her kanalda farklılık gösterebildiği gibi genellikle majör apikal foramenin 1 mm daha koronalde konumlandığı ve her zaman minör apikal foramenin görülmediği de bildirilmektedir.¹⁸ Sement dokusunun, genişliğinin ise apikalden koronale doğru arttığı ve farklı kanallarda değişkenlik gösterebildiği belirtilmektedir. Düzensiz bir yapıda olan dentin-sement birleşiminin, kök kanalında hep aynı seviyede olmadığı, bazı dişlerde apikalden daha uzak bir bölgede konumlanırken, bazı dişlerde ise apikale daha yakın konumlanabildiği belirtilmektedir.¹⁸

Kök kanal preperasyonunu ve kök kanal dolgu işleminin bitirilmesi gereken yer ve kök kanalının en dar yeri olarak belirtilen apikal daralım bölgesinin ise; majör apikal

foramenden çoğunlukla 0,5-1 mm koronalde yer aldığı yapılan çalışmalarda bildirilmektedir.^{3,19}

Dentin-sement sınırının düzensiz yapısından dolayı apikal daralımın yeri her dişte farklılık gösterebilmektedir. Pulpayı besleyen kan damarlarının minör apikal foramen bölgesinde daralmasından dolayı kök kanalı enflamasyonunu başarılı bir şekilde tedavi etmenin zor olduğu belirtilmektedir.¹²

Minör apikal foramenin yapısındaki farklılıklardan dolayı lokalizasyonunun tespit edilmesinin zor bir işlem olduğu bildirilmektedir. Dummer ve ark.³ yaptıkları çalışmada alınan topografiye göre apikal daralımın dört farklı şekilde görülebileceğini bildirmişlerdir(şekil 2.2). Araştırmacılara göre tip 2 topografiye sahip dişlerde taşkın preperasyon ve kanal dolgusu, tip 4 topografiye sahip dişlerde ise yetersiz preperasyon ve kanal dolgusu gibi prosedürel hataların meydana gelebileceğini belirtmektedirler.



Şekil2.2. Apikal daralımın topografisi a. geleneksel tek darlık (Tip 1) b. açılı darlık (Tip 2)
c. çoklu darlık (Tip 3) d. paralel darlık (Tip 4)

Dentin-sement sınırı çoğu araştırmacıya göre, kök kanal tedavisinin sonlandırılması gereken yer olarak gösterilmektedir.^{2,18} Fakat, dentin-sement sınırının sabit bir lokalizasyonu bulunmamaktadır. Ancak, yapılan çalışmalarda minör apikal foramen, kök kanalının en dar noktası ve anatomik olarak en uygun belirleyici nokta olduğunda, kök kanal tedavisinin bu noktada sonlandırılması gerektiği bildirilmektedir.^{13,18}

Başarılı bir kök kanal tedavisi için pulpa dokusunun kök kanalından tamamen uzaklaştırılması gerektiği bildirilmektedir. Yapılan tedavinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri çalışma boyunun doğru olarak tespit edilmesi olduğu belirtilmektedir.¹²

Apikal daralım bölgesine farklı uzaklıklarda çalışma boyları belirlenerek yapılan çalışmada, en iyi prognozun apikal daralım bölgesinde, en kötü prognozun apikal daralımın 2 mm gerisinde, en kötü ikinci prognozun ise apikal daralımın ilerisinde tedavisi sonlandırılan grupta olduğu gözlemlenmiştir.^{2,20} Apikal morfolojiyi klinik olarak belirlemenin zor olduğu, apikal kök rezorpsiyonu ve periapikal patoloji varlığında minör apikal foramenin görülme oranının yaklaşık iki kat azaldığı yapılan bir çalışmada bildirilmektedir.¹⁷ Yapılan bir araştırmada vital dişlerde kök kanal tedavisinin radyolojik apeksten 2-3 mm geride sonlandırılması, kök kanal dolgu materyallerinin periapikal bölgeye ekstrüde olarak irritasyon oluşturmasını engellediği için kanal tedavisinin sonlandırılması gereken en uygun bölge olduğu belirtilmektedir.¹² Fakat devital dişlerde apikal bölgede görülen lateral kanallar iyileşmeyi olumsuz etkileyeceğinden bu dişlerde kanal tedavisinin anatomik apeksten en fazla 2 mm geride sonlandırıldığı durumlarda prognozun iyi olduğu bildirilmektedir.¹²

2.2. Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Kanal boyunun tespiti için günümüze kadar, kâğıt konların nemliliğinin değerlendirilmesi, parmak hassasiyeti, radyografik yöntemler, elektronik apeks bulucular ile belirleme gibi pek çok yöntem uygulanmıştır.²¹⁻²⁵

2.2.1. Kağıt Konların Nemliliğinin Değerlendirilmesi

Kâğıt konlar endodontik tedavide irrigasyon prosedürlerinin tamamlanmasının ardından kök kanalının kurutulması amacıyla kullanılmaktadır. Kök kanallarının kurutulmasının ardından kağıt konun uç kısmında herhangi bir kanama ve ya nem varlığının görülmesi kanal boyunun kaybedildiği ve genellikle taşkın preperasyon yapıldığını göstermektedir.²¹

Rosenberg Yöntemi

Kâğıt kon, tahmini olarak kanal boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirilerek kâğıt konun uç kısmında nem varlığı izleninceye kadar kök kanalı

içerisinde 0.25 mm'lik aralıklarda birkaç defa ilerletilir. Kağıt konun kuru kaldığı maksimum uzunluk kök kanal çalışma boyu olarak belirlenmektedir.²⁶

Hibrit Yöntem

Kağıt kon apikal foramenden çıkarılır ve konun ucunda nem varlığı görülene kadar bir büyük çaptaki kağıt kon bir miktar daha kısa olarak yerleştirilir. Kağıt konun uç kısmında nem varlığının izlenmediği uzunluk, çalışma boyu olarak kabul edilmektedir.²⁷

2.2.2. Parmak Hassasiyeti Yöntemi

Kanal aletinin kanal içinde ilerletildiği sırada tecrübeli bir diş hekimi aletin sıkışmasından apekse ulaşıldığını parmak hassasiyeti ile anlayabilmektedir. Parmak hassasiyeti, tecrübeli ellerde faydalı bir yöntem olmasına rağmen yanılgıların olabileceği bildirilmektedir.²⁸ Parmak hassasiyeti ile kanal boyu tespit edilmesi sırasında tecrübeli hekimlerin sadece %60'ının minör apikal forameni belirleyebildikleri ve parmak hassasiyeti yönteminin kanal boyu tespitinde en az güvenilir yöntem olduğu rapor edilmiştir.²⁹

2.2.3. Konvansiyonel Radyografi

Kanal boyu tespitinde günümüzde en sık kullanılan yöntemin radyografi olduğu belirtilmektedir.²³ Radyolojik yöntemle çalışma boyu tespiti, çoğunlukla radyolojik apekten 1 mm geride hesaplanmaktadır. Radyografiler yardımıyla kök ve kron arasında oluşan açılar ve eğimlerin ölçülebildiği bildirilmektedir.²³

Ingle yöntemi ve oran ve orantı yönteminin radyolojik olarak kanal boyu tespitinde kullanılabileceği belirtilmektedir.³⁰ Oran orantı yönteminde; önceden boyu ölçülmüş bir kanal eğesi, teşhis filmi referans alınarak kök kanalına yerleştirilir ve radyografik görüntüsü elde edilerek, aynı rehber noktasından başlayarak kanal eğesinin ve dişin röntgen boyu ölçülür. Elde edilen ölçümler ile tek bilinmeyenli bir denklem kurularak dişin gerçek boyu hesaplanır ve bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde kanal boyu tespit edilebilir.³⁰ Ingle yönteminde ise; alınan teşhis radyografında dişin boyu ölçülerek bu uzunluk deneme boyu olarak kaydedilir. Radyografide açılı çekmeye bağlı oluşabilecek hatalar göz önünde bulundurularak hesaplanan deneme boyundan güvenlik payı olarak 1 mm çıkarılır. Kanal eğesi hesaplanan boyda kök kanalına yerleştirilerek ikinci defa radyografi alınır. Alınan radyografıda eğenin ucu ile radyolojik apeks arasındaki mesafe ölçülerek deneme boyuna eklenir. Böylece koronal rehber noktası ile

radyolojik apeks arası uzaklık belirlenir. Bu boydan güvenlik payı olarak 1 mm çıkarılır ve çalışma uzunluğu elde edilir.³⁰

Endodontik uygulamalarda, radyolojik yöntemle çalışma uzunluğu tespitinde hem konvansiyonel hem de dijital radyografiler kullanılmaktadır. Çalışma uzunluğu tespitinde konvansiyonel ve dijital radyografilerin karşılaştırıldığı çok sayıda çalışma literatürde mevcuttur ancak bu çalışmaların sonuçları farklılık göstermektedir.³⁰⁻³²

Kanal tedavisi sırasında uzun yıllardır konvansiyonel periapikal radyografi kullanıldığı belirtilmektedir.³⁰ Konvansiyonel periapikal radyografide görüntü kalitesi bazı faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bunlar; film tipi, ışınlama süresi, densite ve banyo işlemleri olarak belirtilmektedir.³¹ Film hızı, filmin x-ışınına duyarlılığının göstergesidir. Filmde görüntü oluşması için gereken ışınlama süresi film hızı olarak adlandırılmaktadır. Emülsiyon tabakasındaki gümüş kristallerinin boyutuna bağlı olarak film hızı, yavaştan hızlıya doğru A-B-C-D-E-F olarak isimlendirilmektedir. F en hızlı, A en yavaş filmi göstermektedir. D, E ve F hızında filmler dental radyografide kullanılması uygun olan filmler olarak bildirilmektedir.³¹ Hastaya daha az radyasyon uygulanması için hızlı filmlerin tercih edilmesi gerektiği belirtilmektedir.³¹ D ve E hızındaki filmlerin performansının değerlendirildiği çalışmalarda, her iki film tipinin performansları arasında herhangi bir fark olmadığı ve daha az radyasyon dozu oluşturması sayesinde kanal boyu tespitinde E hızındaki filmlerin kullanılması önerilmektedir.³² D, E ve F hızındaki filmlerin, kök görüntü kalitesi ve kök kanal boyu değerlendirilmesi üzerindeki etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada her üç tipteki filmler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmektedir.³³

Banyo işlemleri uygulanmış bir filmde koyuluk derecesi densite olarak adlandırılmaktadır.³⁴ Densite elde edilen radyografın kalitesini ve yorumlanmasını etkilemektedir. Koyuluk derecesi; filme gelen ışının kalitesine ve miktarına, objenin kalınlığına ve banyo işleminin kalitesine bağlıdır. Uygun densite için temel belirleyici faktör; miliamper ve ışınlama süresidir. Miliamper, katottan anotta akan elektronları kontrol eder. Bir saniyede akan elektron miktarı ne kadar çok ise ortaya çıkan radyasyon miktarı da o kadar fazladır. Işın süresi ve miliamper çarpıldığında miliamper-saniye elde edilir. Işınlama süresini veya miliamperi ya da her ikisini birlikte değiştirmek densitede değişikliklere yol açar.³⁴ Densite 3 olduğunda kanal boyu tespitinde en iyi sonuçlar alınmıştır.³⁴

Banyo işlemi konvansiyonel radyografide görüntü kalitesini etkiler. Banyoda x-ışımına maruz kalan bir filmde gözle görülemeyen görüntünün, gözle görülebilmesi için filme bazı kimyasal işlemler uygulanır. Film banyosu işlemi konvansiyonel radyografide ya manüel olarak banyo tanklarında ya da otomatik banyo tanklarında yapılmaktadır. Manüel banyo tankları birinci ve ikinci banyo solüsyonu ile suyun konulduğu üç ya da dört gözden oluşur. Banyo tanklarının ışık sızdırmaması gereklidir ve tank solüsyonlarını ayarlayan termometreler olmalıdır. Birinci ve ikinci banyo solüsyonları aynı ısıda olmalıdır. Manüel banyo tanklarında banyo işlemi; filmin birinci banyo solüsyonunda bekletilmesi, yıkama, ikinci banyo solüsyonunda bekletilmesi, yıkama ve kurutma aşamalarını kapsar. Banyo solüsyonlarda belirli sıcaklık dereceleri vardır ve film solüsyonun içinde bu sıcaklık derecelerine göre farklı sürelerde bekletilir. Banyo sıcaklıkları sabit olmalıdır, yoksa görüntünün netliği düşer. Banyo solüsyonlarında tazelik çok önemlidir. Aksi takdirde bayatlayan banyo solüsyonları görüntünün kalitesini düşer. Standart bir banyo işleminin her zaman gerçekleştirilememesi ve buna bağlı olarak hata oranının artması manuel banyo tanklarının en büyük dezavantajlarından biridir.³⁵

Konvansiyonel radyografilerin dezavantajları;

- ✓ Film çekimi ve görüntü oluşturulması sırasında geçen sürenin uzun olması
- ✓ Banyo işlemlerine bağlı olarak film netliğinin değişmesi
- ✓ Radyasyon dozunun fazla olması
- ✓ Banyo solüsyonların sıcaklığı ve bekletilme süresinin kullanıcı kontrolünde olması sebebiyle standart bir banyo işleminin yapılamaması

Filmlerin elektronik ortamlarda saklanabilmesi ve radyasyon dozunu azaltmak amacı ile dijital radyografi cihazları üretilmiştir.^{35,36}

2.2.4. Dijital Radyografi

Dental radyografilerde zaman içinde görüntü kalitesi artırılarak, radyasyon dozunun düşürülmesi gibi gelişmeler yaşanmıştır. Konvansiyonel yöntemlerden farklı olarak dijital yöntem, ağız içine yerleştirilen ve X ışınlarına duyarlı bir elektronik alıcının radyasyonu, farklı elektronik devrelerle bir ekran üzerinde görüntüye dönüştürmesi yoluyla gerçekleşmektedir.³⁷

Görüntülerin elde edilme yöntemine göre dijital radyografiler indirekt, yarı direkt ve direkt dijital radyografi olmak üzere üçe ayrılır.

İndirekt Dijital Radyografi

Bu görüntüleme tekniğinde konvansiyonel radyografi gibi analog formda görüntüler elde edilir. Daha sonra lazer tarayıcılar, solid fazlı tarayıcılar ve densitometre ile görüntüler dijital forma dönüştürülür. İndirekt görüntüleme de görüntülerde değişimler ve veri kayıplarının meydana geldiği belirtilmektedir.³⁸

X-ışını fosfor plaklara ulaştığında kristal tuz emülsiyonları oluşur. Bu kristal tuz emülsiyonu, eforyum ile aktive edilmiş baryum-flor tuzlarının bileşiminden oluşur. X ışını eforyum uyardığında radyasyon enerjisini absorbe eder. Daha sonra latent görüntü oluşur. Işınlanan plaka helyum-neon lazer tarayıcısından geçer. Görüntü plakları helyum-neon lazer ışınları ile tarandığında, kristal tuzlarında depolanan foton enerjisi ışık enerjisine çevrilir. Fiber optikler ışığı fosfor plaklardan, ışık enerjisini depolayarak elektrik enerjisine çeviren bir tüpe iletir. Tüpte bulunan kırmızı bir filtre yardımıyla stimüle edilmiş ışık emilir ve yeşil ışık ile farklı voltajlara çevrilir. Tüpten çıkan voltajdaki bu farklılıklar, stimüle edilmiş ışığın yoğunluğundaki değişimlere benzer voltaj sinyali, analog dijital dönüştürücü tarafından ölçülür, bilgisayara aktarılır ve dijital verilere çevrilerek görüntü oluşur.³⁹

Periapikal filmlere benzer boyuttaki fosfor plakların X ışınına aşırı duyarlılıkları nedeniyle ışınlama sürelerinin konvansiyonel filmlere göre kısa oluşu, esneklikleriyle hasta ağzına kolayca yerleştirilmeleri, hasar görmedikleri durumlarda tekrar kullanımları ve kablosuz oluşları en önemli avantajlarıdır.⁴⁰

Yarı Direkt Dijital Radyografi

Bu yöntemde 1981 yılında Fuji firması (Japonya) tarafından üretilen ışıkla uyarılan direkt görüntü plakları (fosfor luminesens plaklar) kullanılmaktadır.³⁸

Fosfor plakları oluşturan polyester tabakanın üzeri, baryum-flor kristal tuzları emülsiyonu ile kaplıdır. Baryum iyodin, klorin ya da bromin ile bileşik halde bir kafes formundadır. Görüntü plakları helyum-neon lazer ışınları ile tarandığında, kristal tuzlarında depolanan foton enerjisi ışık enerjisine çevrilir. Fiberoptik ışığı tüpe iletir. Bu tüp ışık enerjisini depolayarak elektrik enerjisine çevirir. Tüpte bulunan kırmızı bir filtre, uyarılmış ışığı emer ve geriye kalan yeşil ışık ise farklı voltajlara çevrilir. Tüpten çıkan voltajdaki bu farklılıklar, uyarılmış ışığın yoğunluğundaki değişimlere benzer. Voltaj sinyali ölçülür. Bunu analog dijital dönüştürücü yapar. Bilgisayara aktarılır ve dijital verilere dönüştürülerek görüntü oluşturulur.⁴⁰

Direkt Dijital Radyografi

Bu yöntemde görüntü, sensör ışlandıktan sonra, veriler analogtan dijitalle dönüştürülür, bilgisayarda işlenir ve ekranda görülür hale gelir. X ışınlarının yoğunluğunu ölçen bir sensör filmin yerini almıştır. Bu ölçümler, satır ve sütunlardan oluşan iki boyutlu bir matris üzerinde yapılır. Dijital görüntüyü oluşturan en küçük birime piksel adı verilir. Dijital görüntü, yatay ve dikey olarak yan yana sıralanmış piksellerden oluşmaktadır. Pikseller, ışınlamadan sonra enerjinin depo edildiği elektronlardan oluşur.⁴¹

Sensörde ışlandıktan sonra elde edilen veriler; bir analog-dijital dönüştürücü yardımıyla dijital formda bilgisayara iletilir.(Şekil2.4) Analog-dijital dönüştürücü, analog bir sinyali bilgisayarın tanıyabileceği sayısal bilgi (dijital sinyal) haline çeviren elektronik parçadır. Verilerin işlenmesi için ikili sayı sistemi kullanır. Sadece “0” ve “1” rakamlarından oluşan bu ikili sayı sisteminde veriler 8 haneli bir sayıyla ifade edilir. Bu sayının her bir basamağı bit (binary digit) olarak ifade edilir. Basitçe, bir bitlik bir görüntü “1” ve “0” lardan oluşan (açık/kapalı) bir dizi pikselden oluşur ve elde edilen renkler yalnızca siyah ve beyaz olur. Satırlar y koordinatlarını, sütunlar ise x koordinatlarını gösterir. Her bir hücrenin değeri o hücrede temsil edilen pikselin grilik derecesidir. Birbiri ardına dizili bu satırlardan elde edilen sayısal bilgiler, bilgisayar ekranının grilik derecesini gösterecek şekilde aktarılır. Günümüzde 8, 10, 12 ya da 16 bit derinlikteki verileri tespit edebilen dijital sensörlerde, bit derinlikleri 2'nin üstleri şeklinde ifade edilir. Bunun anlamı, dijital sensörün teorik olarak 256 ile 65.536 bit arasındaki densite farklarını (grilik derecesi) tespit edebildiğidir. Foton yoğunluğu 0-256 gri derecelik bir ölçüm skalasında elektronik olarak ölçülür. Bu skaladaki 0 değeri, maksimum X ışını almış bölgeyi ifade eder. Başka bir deyişle 0 değeri görüntünün en siyah kısmını ifade ederken 256 değeri ise hiç ışın almamış bölgeyi yani görüntüdeki en radyoopak (beyaz) bölgeyi tanımlar. Dijital görüntünün oluşması için; elektronik sensör, röntgen cihazı

analog dijital dönüştürücü, bilgisayar ve çözünürlüğü yüksek monitör ve yazılım



programına ihtiyaç vardır⁴¹

Şekil2.4 Direkt dijital radyografi

Yazılım programları vasıtasıyla görüntü üzerinde tanısal kapasitede değişikliğin yapılmasıyla incelemenin kolaylaştırması dijital radyografinin avantajlarındanıdır.⁴²

Solid state cihazlar direkt dijital radyografik görüntüleme tekniğinde, görüntü oluşturmak için kullanılır. Görüntü sensörü olarak da bilinir. Bu sensörler (alıcılar), Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) ve Charge-coupling Device (CCD) olmak üzere çeşittir. Bu sensörlerin görevleri aynıdır fakat teknolojilerin farklılık gösterir.⁴⁰ CCD sensörler 1969 yılında bulunmuştur. Teknolojik ürünlerin bir kısmında kullanılmaktadır (fotoğraf makinası, televizyon)

CCD sensörler fotoelektrik hücrelerden oluşmaktadır. CCD sensörler üzerinde çok miktarda piksel bulunmaktadır ve bu pikseller ışığa duyarlıdır. Sensör ışınlandıktan sonra, fotoelektrik hücreler, x-ışınının enerjisi oranında elektrik sinyali üretirler. Işınlanmadan sonra her piksel, oluşan enerjinin depolandığı elektronlardan oluşur. CCD'den gelen sinyali toplayan amplifikatörler vardır. Her bir pikselde depolanan elektronların, monitör üzerinde görüntü oluşturmak amacıyla, belirli bir sırayla, okuyucu çıkış amplifikatörüne yani yükseltece aktarılması işlemine Charged-coupling işlemi denir.⁴³ Elektrik yükünü voltaja dönüştüren çıkış amplifikatörüdür. Analog formda oluşan veriler, analog-dijital dönüştürücü aracılığı ile dijital formata dönüştürülür, bilgisayara aktarılır ve görüntü oluşur.⁴⁴

CCD'nin avantajlarının yanında dezavantajları da vardır. Bunlar;

- * sensörün rijit yapısı
- * elektrik kablosu, hasta ağzına yerleştirmenin zor olması

* analog-dijital dönüşümden önce charge-coupling işlemi gerçekleşmelidir ve bunun için yüksek enerji kullanılmalıdır.⁴⁵,

CMOS sensörler, CCD sensörlerinin dezavantajlarını gidermek amacıyla üretilmiştir. Yarı iletken aktif piksel sensör görüntüleme sistemidir. CMOS sensörlerdeki piksellerin içinde, transistor vardır. Işınlandıktan sonra pikseller tek tek okunmakta ve USB kablosu ile bilgisayara aktarılmaktadır. Şarj edilebilen bir bataryaya gerek duyulmaz. Daha az enerjiye ihtiyaç duyulur çünkü negatif ve pozitif devrelerinin sadece biri açık olur. Analog-dijital dönüşümünden önce charged-coupling işlemi yapılmaz. Enerji miktarına ihtiyaç CCD ye göre 100 kat daha düşüktür. Maliyeti düşüktür. Piksellerde çıkış yükselteci vardır. CCD den farklı olarak elektrik devreleri çok sayıda değil tek bir çip üzerinde toplanır.⁴⁵

Direkt dijital sensörler 3 farklı boyda üretilir. 0 numaralı boy pediatrik periapikal, 1 numaralı boy periapikal ve pediatrik bitewing, 2 numaralı boy periapikal ve bitewing görüntülerde kullanılmaktadır. Görüntülenebilen alan miktarı periapikal filmlerden daha azdır.⁴⁵

Birçok Dijital radyografi tekniğinin çözünürlük kalitesi periapikal filmlerden düşüktür. Teknolojik gelişmelerle birlikte, çözünürlük değerleri periapikal filmlerden daha iyi olan dijital radyografi sistemleri üretilmiştir fakat; yapılan çalışmalar dijital radyografiler ve konvansiyonel radyografiler arasındaki uzaysal çözünürlük farkının klinik açıdan anlamlı derecede farklı olmadığını belirtmiştir.⁴⁶

Kirlilik-parazit, sensörlerin yakaladığı ışını doğru analiz edememesi ile ilgili bir sorundur ve kirlilik oranı arttıkça, görüntü kalitesi azalır. Kirlilik parazit görüntünün özelliklerini bozar. İki çeşittir bunlar; yüksek frekanslı gerilim ve düşük frekanslı gerilimdir. Sensörün x-ışınına karşı duyarlılığı arttıkça parazit oranı da artar.⁴¹ Noise (kirlilik); görüntüde istenmeyen alanlardır. Sensör, hastadan geçen x-ışınlarının densitesini (koyuluk) ölçerler. Fakat sensör tarafından yakalanan x ışınları görüntü oluştururken aynı kalitede değerlendirilmez ve sinyalin bir kısmı görüntüde istenmeyen alanlar oluşturur. Bu durum görüntüye noise olarak yansır. Sinyal/kirlilik oranı; iyi bir görüntü elde edebilmek için sisteme girilen veriler ile görüntüde istenmeyen alanların oluşmasına sebep olan kayıp (değerlendirilmeyen) veriler arasındaki oran, sinyal/kirlilik oranıdır. Bu oranın artması durumunda görüntü kalitesi artar.⁴⁷

Dijital Radyografide Görüntü Kalitesi

Endodontik tedavide Dijital görüntülemeyi oldukça sık kullanırız. Kök kanalının yapısının incelenmesi, kanal boyu belirleme, tedaviden sonra başarının değerlendirilmesi aşamalarının etkin bir şekilde yapmamızı sağlamaktadır.⁴⁵ Birbirine yakın olan objeleri ayırt edebilme kapasitesin çözünürlük denir. Uzaysal çözünürlük ve kontrast çözünürlüğü olmak üzere iki çeşittir.

Kontrast çözünürlüğü, görüntüdeki piksel sayısıdır. İnsan gözü kontrast çözünürlüğünü sınırlar. Çünkü kullanılan grilik derecesi 256 farklı tondan oluşurken biz bunun sadece 36 tonunu algılayabiliriz.⁴⁸

Uzaysal çözünürlük, görüntüdeki detayları ayırt edebilme kapasitesidir. Uzaysal çözünürlüğü piksel çapı belirler. Piksel çapının ne kadar artarsa çözünürlüğün o kadar fazla olduğu yapılan çalışmada belirtilmiştir.⁴⁶

Direkt Dijital Radyografinin Avantajları

- ✓ Radyasyon dozunun azlığı
- ✓ Dijital görüntü üzerinde yapılabilen değişiklikler
- ✓ Banyo işleminin ortadan kalkması
- ✓ Görüntülerin kaydedilmesi, arşivlenmesi ve iletimi

Direkt Dijital Radyografinin Dezavantajları

- ✓ Yüksek maliyet
- ✓ Kullanılan sensörlerin görüntülenen alanı kısıtlayan boyutları
- ✓ Çözünürlük
- ✓ Görüntülerin bilgisayar ortamında kaybolma riski

Kanal tedavisinde, kanal boyu ölçümünde güvenilir bir yöntem olmasına rağmen; radyografik yöntemin bazı yetersizlikleri vardır. Üç boyutlu bir obje iki boyutlu olarak görülür. Buna ek olarak; anatomik komşuluklar, anatomik farklılıklar, ışın süresi, çekim tekniği gibi faktörler hem konvansiyonel, hem de dijital radyografinin yorumlanmasını etkilemektedir.³⁰

Apikal (majör) foramen kök kanalının kökten ayrılarak periodontal ligamente açıldığı bölge olarak tanımlanırken, radyolojik apeks, kökün radyografide görünen anatomik sonlanma noktası olarak tanımlanmaktadır.⁴⁹ Apikal foramen kök ucunda değil de, kökün yan yüzeyinde bukko-lingual doğrultuda ise radyografide görmek oldukça

zorlaşır. Bu tür sapmalarda, horizontal yönde farklı açılardan alınan radyografiler bir ölçüye kadar yararlı olabilmektedir.⁵⁰ Çekilmiş dişlere kanal eğesi yerleştirip apikale kadar ilerlettiklerinde dişlerin yalnızca %82'sinde eğeyi apikal foramende görebilmiştir. Kemiğin yoğunluğu ve anatomisi apeksi kapatmak suretiyle kanal eğesinin görünebilirliğini imkânsız kılar. Radyografide üst 1. molarların % 20'sinde, üst 2. molarların ise %42'sinde zigomatik arkın süperpozisyonunun apeksin görülmesine engel olduğu gösterilmiştir.²⁴

Radyasyonun zararları, radyografik yöntemlerle birlikte seyreden teknik sorunlar ve kök kanalını apeksin ilerisinde şekillendirmeden sakınmak amacıyla, kök kanal boyunu elektronik olarak tespit edebilen cihazlar piyasaya sürülmüştür.⁸

2.2.5. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KİBT)

Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları 1960'lı yılların sonlarında kullanıma sunulmuştur. Godfrey Hounsfield,⁵¹ 1973 yılında bilgisayarlı tomografi cihazının patentini alarak Nobel fizyoloji ödülüne sahip olmuştur. BT görüntüleme geleneksel radyografik görüntüleme yönteminin dezavantajlarını büyük ölçüde elimine etmesine rağmen, yüksek radyasyon dozu, maliyetinin yüksek oluşu ve görüntünün yorumlanmasındaki zorluklarından dolayı endodontide sınırlı kullanımıyla alanına sahiptir. KİBT ya da Dijital Hacimsel Tomografi (DHT), geleneksel BT'den daha düşük radyasyon dozu ile üç boyutlu görüntü oluşturulması amacıyla 1998 yılında kullanıma sunulmuş ve 2000 yılında Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır.⁵² Bazı KİBT tarayıcıları sabit bir görüş alanına (FOV) sahiptir ancak FOV boyutu değiştirilerek klinik şartlara uyumun arttırılabilmesi amacıyla üretilen cihazların da mevcut olduğu belirtilmektedir.⁵³ Sadece incelenmek istenilen alan ışınlandığından endodontik amaçlı taramalar için sadece sınırlı FOV kullanımı uygundur. Böylelikle, etkin doz azaltılmış olur, oluşan görüntüler geniş FOV taramalarla elde edilenlerden daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olur.⁵³ Geleneksel BT tarayıcılardan farkı fan şekilli ışın yerine, konik şekilli ışın kullanmalarıdır. KİBT ile incelenecek bölgenin üç boyutlu görüntüsü, hastanın kafasının çevresinde 180-360 derece olarak dönen sensör ve kaynak arasındaki direkt ilişki kullanılarak, tek bir taramayla elde edilmektedir.⁵⁴

İntraoral radyografilerdeki iki boyutlu görüntünün aksine KİBT lerde "voksel" olarak adlandırılan birimlerle üç boyutlu görüntü oluşturulur. Her vokselin, taraması

yapılan hastada karşılığı olan bölgenin X-ışını absorbe edebilme değerine göre bir sayısal karşılığı vardır ve görüntüleme biriminde değerlendirilerek vokseller tek tek gri tonlarda renklendirilir.⁵⁵ İyonize radyasyon kullanımının söz konusu olduğu diğer görüntüleme yöntemlerinde olduğu gibi, KIBT kullanımında da doğru endikasyona karar vermek önemlidir. Hastanın maruz kalacağı radyasyon dozu teşhis ve tedaviye katkı sağlayacak makul olan en düşük doz olacak şekilde seçilmez. Bununla birlikte, risk değerlendirilmesi yapılmalı ve KIBT tarayıcından elde edilecek görüntülerin sağlayacağı avantajlar, hastanın radyasyona maruz kalmasından dolayı gündeme gelecek dezavantajlara baskın gelmelidir.

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Avantajları

KIBT sayesinde kemik gibi yüksek kontrasta sahip yapıların görüntüleri net bir şekilde elde edilir. Bu özelliği sayesinde KIBT teknolojisi geleneksel bilgisayarlı tomografiye göre maksillofasiyal görüntüleme açısından klinik uygulamada önemli avantajlar sağlamaktadır.⁵¹

X-ışını demetinde sınırlama: KIBT ile ışınlama sırasında X-ışını demeti sadece incelenecek olan bölgeye doğrultulur. Bundan dolayı radyasyon dozu minimal seviyede tutulur. KIBT ile kafa-yüz bölgesinin tamamı görüntülenileceği gibi tek bir çene veya 1-2 dişi içeren küçük alanlarda da tarama yapılabilir.^{51,56}

Görüntünün Doğruluğu: KIBT de vokseller küçük kübik birimlerden oluşur. Bu birimler ışığı abasorbe eder. Görüntünün çözünürlüğünün yüksek olması için voksel boyutunun küçük olması lazımdır. BT lerde vokseller anizotropiktir. KIBT lerde ise bu vokseller izotropiktir. KIBT vokseller üç boyutta da kenarları birbirine eşit bir küp şeklindedir ve kenar boyları 0,4 mm ile 0,075 mm arasında değişiklik gösterir. Voksel kübik yapısının kenar uzunluğu nispeten küçük olduğu için daha küçük ölçümler yapılabilir. Voksel şekli izotropik olduğundan dolayı bu ölçümlerin farklı düzlemlerde birbiri ile uyumlu ve doğru sonuçları vermesini sağlamaktadır.⁵⁷

Hızlı Tarama Süresi: KIBT ile görüntü elde etme BTye oranla çok da kısa sürede olur. Işınlanma süresi 2-6 saniyedir. BT de bu süre daha fazladır. Bunun sebebi; bir tam dönüşünde görüntü oluştuğundan dolayıdır. Görüntü elde etme evresinde KIBT den sürekli bir radyasyon yayılımı olmaz. Cihazın atım aralığına göre küçük pozlamalar

yapılır. Hastanın hareketinden olan artefaklar minimize indirilir. Bunun yanında oluşan ham görüntü sayısı çok daha azdır. Obje tarandıktan sonra oluşan ham görüntülerin yeniden yapılandırılması için de belli bir süre gerekmektedir. Bu süre cihazdan cihaza farklılık göstermekle beraber yaklaşık 5 dakika civarındadır.^{56,57}

Maksillofasiyal Görüntülemeye Özgü Görüntü Modelleri: BT ile elde edilen görüntüler üzerinde inceleme yapmak için çalışma istasyonlarına ihtiyaç vardır. Görüntülerin başka bir kişisel bilgisayarda kullanılabilmesi için ikinci bir yazılımla uygun bir formata dönüştürmek gerekir. Ancak bu durum maliyeti ve tanı süresini arttıran bir süreçtir. KIBT cihazlarında ise elde edilen görüntülerin yeniden yapılandırılması herhangi bir kişisel bilgisayarda rahatlıkla yapılabilir. Ayrıca bu tür yazılımlara her kullanıcının satın alarak kolayca ulaşabilme şansı vardır. Böylece klinisyen, klinik ortamında gerçek zamanlı olarak görüntüleri inceleyebilir. KIBT ile tarama sonucu elde edilen görüntülerin voksel yapısı izotropik olduğundan hacimsel görüntünün tamamı hastanın anatomik özelliklerini de yeniden düzenleyecek şekilde yeniden yapılandırılabilir.⁵⁷

Azalmış Görüntü Artefaktı: Metal artefaktlar, KIBT de oluşan görüntülerde en büyük dezavantajdır. Bunu önlemek için firmalar tarafından çeşitli artefakt düzeltici ve ya azaltıcı yazılımsal algoritmalar üretmişlerdir. Bunların sonucunda metal artefaktlar önemli oranda azaltılabilir.⁵⁷

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Sınırlamaları

Yumuşak Doku Tiplerinin Ayırt Edilmesi: KIBT de komşu kas grupları birbirinden ayıramaz. Bunun sebebi de benzer radyasyon uygulayıp benzer yoğunlukta görüntülerin oluşmasıdır. Derin kas gruplarını izlemek KIBT de daha zordur. Nispeten yüzeysel kas grupları izlenebilir. Daha ince kesitler alınıp farklı görüntüleme düzlemi kullanılarak bu dezavantajı giderilir. Manyetik rezonans görüntüleme, yumuşak dokularda çok yüksek çözünürlükte görüntüleme elde eder. Fakat, maksillofasiyal bölgede birbirine yakın konumlanmış olan yüz kaslarının ayırt edilmesinde bu görüntüleme tekniklerini karşılaştıran az sayıda çalışma bulunmaktadır.⁵⁸

Radyasyon dozu: KIBT görüntülenmesinde diğer görüntüleme tekniklerinde olduğu gibi x ışını kullanılmaktadır. Çocuklarda hayatları boyunca tekrarlanan BT görüntüleme sonucunda dokuların radyasyona karşı duyarlılıklarında artış, radyasyon sebepli kanser riskinde yükseliş ve radyasyona duyarlı organlarda kanser riskinin artması gibi sonuçlar olabilir. Maksillafasiyal görüntülemelerde, tanıda kullanılan her ışınlamada ALADA (As Low As Diagnostically Achievable) prensibine göre davranılmalıdır. ALADA kuralına göre göre, mümkünse hastaya en az radyasyon ile ışınlama yaparak tanı değeri en iyi görüntüyü oluşturmak amaç edinilir. Fakat bu radyasyon değeri yeterli tanı oluşturamayacak kadar az olursa düşük kalitede bir görüntü oluşur ve hasta tekrar ışın almak zorunda kalır bu da istenmeyen bir durumdur.⁵⁹

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

KIBT, Panoramik ve Konvansiyonel radyografik görüntülemelerin yetersiz kaldığı durumlarda, dentomaksillofasiyal bölgede kaliteli görüntüler vermesi, milimetrik seviyede inceleme yapmasından dolayı diş hekimliğinde kullanım alanı geniştir.⁵⁷

KIBT cihazları, diş hekimliğinin her alanında tanı ve tedavide önemli bir yer tutmaktadır. Patolojilerin tanısında, sınırlarının ve hatta içeriklerinin (katı, sıvı, jel) belirlenmesinde faydalı bilgiler verir.⁵⁷

Maksiller sinüs, tükürük bezi ve TME incelenmesinde, maksillofasiyal travma ve implant uygulamalarında kullanılır. KIBT'nin kesit ve üç boyutlu görüntüleri, ortognatik cerrahi planlanmasında, maksillofasiyal travma vakalarında, baş ve boyun kanserlerinin tedavi planlamasında, tümörlerin hacimlerinin hesaplanmasında, dudak-damak yarıklı çocuklarda nazal deformitelerin incelenmesinde ve her türlü kraniyofasiyal cerrahi uygulamalarında kullanılır. KIBT ile kraniyofasiyal patolojilerin lokalizasyonu, boyutu, şekli ve içeriği incelenir. Gömülü dişlerin lokalizasyonu ve mandibular kanal gibi çevre anatomik yapılarla ilişkileri görülür. KIBT, süpernümerer dişler, tükürük taşları ve maksillofasiyal bölgede görülen diğer kalsifikasyonların varlığı ve ayırıcı tanısında da kullanılır.⁶⁰

KIBT, maksillomandibular yapıların kafa tabanı ile ilişkisini gösteren hacimsel üç boyutlu iskeletsel görünümü sağlar. Bu yöntemin en büyük kullanım potansiyeli, iki veya üç boyutlu sefalometrik görüntüleri sağlama kapasitesidir. Ayrıca KIBT ile konvansiyonel panoramik görüntüye benzer panoramik görüntü elde edilebilir ve komşu bölgelerin süperpozisyonu daha az olduğu veya hiç olmadığı (en ince kesitlerde) için daha

belirgindir. KIBT teknolojisi, dental ölçümlerde gerçek boyutlara çok yakın sonuçlar verir.⁶¹

Ortognatik cerrahi uygulamalarında, tedavi öncesi ve tedavi sonrası hastaların değerlendirilmesinde KIBT görüntülerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Ayrıca dudak, damak ve çene yarığı olan hastalarda, kemik defektleri ve yarığın komşu dişlere yakınlığı bu yöntemle görüntülenir. KIBT'de, dento-iskeletsel ilişkinin ve fasiyal estetiğin gösterilmesi, büyüme ve gelişimin değerlendirilmesi mümkündür. Ayrıca eksik, gömülü ve süpernümerer dişler, dental gelişim ve erüpsiyon aşaması, kök boyutları ve diş hareketine engel olan kök anomalileri saptanabilir.⁶²

Endodontik Uygulamalarda Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

Endodontinin bir çok alanında KIBT kullanılmaktadır. İnternal ve eksternal kök rezerbsiyonlarda, patolojilerin teşhisinde, vertikal ve horizontal kök kırık teşhisinde, dental travmalarda, teşhis ve tedavi planlamalarında kullanımının yaygın olduğu belirtilmektedir.⁶³

Periapikal radyograflarda üç boyutlu yapıların sadece iki boyutlu görüntüsü elde edilir. Bu yöntemlerde diğer yapıların görüntü üzerine süperpozisyonlar olabilir. KIBT ile alınan görüntülerde bu problemler ortadan kalkmaktadır. Endodontik uygulamalarda küçük görüntüleme alanlı konik ışınlı bilgisayarlı tomografi kullanılması önerilmektedir.⁶⁴

Endodontide enflamasyon göstergesi olan periapikal radyolüsent değişiklikler, periapikal radyograflarda net bir şekilde görülmektedir. Ancak radyolüsensin görünür hale gelmesi için kemikte yıkım miktarının ilerlemesi ve belirli bir seviyeye gelmesi gerekmektedir. KIBT'de periapikal hastalıklar, radyolojik olarak henüz belirgin olmadığı başlangıç aşamasındayken, yani kemik yıkımının 2 boyutlu görüntüler ile henüz izlenemediği dönemde tespit edilebilir. Mevcut patoloji ilerlemeden kanal tedavisinin yapılması, muhtemel kemik yıkımını önleyerek endodontik tedavinin başarı yüzdesini artırır. Kist ve granülomların ayırıcı tanısının yapılmasında, endodontik cerrahiye gerek olup olmadığının kararının verilmesinde de KIBT kullanılabilir. KIBT, kök perforasyonlarının teşhisinde de kullanılır. İntraoral radyograflar üç boyutlu anatomik yapıları iki boyutlu olarak gösterdiği için radyograflarda mezial ya da distal yönlü perforasyonlar görülür. Ancak bukkal veya lingual yüzeyde bulunan perforasyonlar

tanımlanamaz. Bukkal ve lingual yüzeydeki perforasyonlar KIBT ile görüntülenebilir. KIBT'in endodontik uygulamalardaki en önemli alanlarından biri de tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde sağladığı faydalardır. Ancak, kanal dolgu patları ve kırık kanal aletleri, KIBT görüntülerinde ışınsal yönde parlama yapabilir. KIBT, endodontik apikal cerrahi vakalarında da kullanılabilir.^{58,65}

Periapikal Lezyon Teşhisi

KIBT, anatomik gürültü artifakt oluşumunu engeller. Bu sayede bukkal ve lingual duvar demineralize olmadan önce radyolüsent lezyonun teşhis edilmesine olanak sağladığı bildirilmektedir.⁶⁶ Apikal periodontitis, konvansiyonel radyografik yöntemlerle, periapikal dokunun %40'ı demineralize olmadan önce teşhis edilememektedir. Lezyon küçük iken, KIBT daha iyi diagnostik sonuçlar vermektedir. Başlangıç aşamasındaki lezyonların tespitinde, panoramik radyografilerle karşılaştırıldığında KIBT daha hassas olduğu belirtilmektedir.⁶⁷

Ayrıca, KIBT semptomatik irreversible pulpitisin teşhisinde de panoramik radyografiden daha iyi sonuçlar verdiğini belirten çalışma mevcuttur.⁶⁴

Diş Morfolojisi

Kök kanal anatomisinin iyi belirlenmesi endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkilemektedir. Vertucci sınıflamasında kök kanallarının pek çok varyasyonuna dikkat çekilmiştir.⁶¹

Matherne ve ark.⁶⁸ intraoral dijital (CCD ve fosfor plak) ve KIBT görüntüleri olan çekilmiş 72 dişin kanal sayısını tespit etmeleri için endodontistler ile beraber çalışmıştır. Dişler maksiller molar, mandibuler premolar ve mandibular keser olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Araştırmacılar, intraoral radyograflarda, endodontistlerin dişlerin %40'ında en az bir tane kök kanalını tespit edemedikleri gözlemlemişlerdir. KIBT'da gözlemciler, her maksiller molar dişte ortalama 3,58, premolar dişte ortalama 1,21 ve keser dişlerde 1,5 kanal tespit etmişlerdir. CCD'de ise maksiller molarlarda 3,1, premolarlarda 1, keser dişlerde ise 1 kanal tespit etmişlerdir. Bu çalışma göstermektedir ki, KIBT kullanan gözlemciler, intraoral radyografi kullanan gözlemcilere oranla kanal sayısının tespitinde daha başarılı olmuşlardır.

Apikal Lezyonları Taklit Eden Radyolüsensilerin Teşhisi

Endodontik orjinli olmayan lezyonlar, dişlerin periapikal dokularında gelişebilirler ve hastalığın erken evresinde tespit edilmezlerse daha büyük lezyonlara dönüşebilmektedir. Nazopalatinal kanal kisti veya Stafne kemik kavitesi 2 boyutlu radyografilerde apikal periodontitisi, radiküler veya rezidüel kisti taklit edebildiği belirtilmektedir. Bu durum teşhiste zorluk yaratmaktadır.^{69,70}

Kök Kırıkları

Vertikal kök kırıkları iki boyutlu radyograflarda sadece radyasyon gören bölgeye girdiği zaman teşhis edilebildiğinden üç boyutlu görüntülemelerde vertikal kök kırıklarını teşhis etmede periapikal radyograflardan daha başarılı olduğu bildirilmiştir.⁷¹

Literatürde horizontal kök kırıklarının KIBT ile değerlendirilmesinde metal postların etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 0.2 mm'lik voksel büyüklüğünün horizontal kök kırık teşhisinde başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.⁷²

Kök Rezorpsiyonları

Eksternal kök rezorpsiyonunun boyutu ve lokalizasyonunun tespitinde KIBT görüntüleri önerilmektedir.^{73,74} Benzer şekilde, başka bir çalışmada küçük lezyonların saptanması, lokalizasyonu ve rezorpsiyonun diğer durumlardan ayrılmasının teşhisinde, KIBT'dan yararlanılması gerektiğini bildirmişlerdir.⁵⁴ Yüzeysel defektlerin teşhisinde KIBT, konvansiyonel yöntemlerden daha başarılı bulunmuştur.⁷⁵

Kronik Ağrı

Kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerle ilgili kronik ağrı varlığında, KIBT görüntüleri alınması önerilmektedir.⁷⁶ KIBT, apikal oluşum ve yüksek innervasyona sahip periosteum arasındaki ilişkiyi belirlemede yardımcı olduğu belirtilmektedir.⁷⁷ İnatçı fasiyal ağrı çoğunlukla atipik odontaljinin sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.⁷⁸ Bununla birlikte, KIBT, kronik ağrıya sebep olan periapikal enflame dokuların ortaya çıkarılmasında yardımcı olmaktadır.⁷⁶ Diğer yandan, klinik deneyimler göstermektedir ki, kanal tedavisinin tekrarlanması, kronik ağrıya sebep olan periapikal lezyonlarda, semptomların azalmasına nadiren yardımcı olmaktadır.

Sinüs İlişkisi

KIBT ile elde edilen üç boyutlu görüntüleme, maksiller molar dişlerdeki periapikal lezyonların sinüste enflamatuvar değişikliklere sebep olduğunu gösterilmiştir.⁷⁹ Doğru yapılan bir kanal tedavisi ile, tek taraflı maksiller sinüs ağrılarının geçebileceği yapılan çalışmada belirtilmiştir.⁸⁰

Kanal Tedavisinin Değerlendirilmesi

Kök kanal dolgusu yapılmış dişlerdeki ölü boşlukları tespit etmek için intraoral konvansiyonel ve dijital radyografiler ile KIBT gibi çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. 300 mikrometreden büyük boşluklar tüm yöntemler ile gözlenebilmesine rağmen bundan daha küçük boşlukların tespitinde KIBT, intraoral dijital görüntüleme, intraoral konvansiyonel görüntülemeden daha başarılı olduğu yapılan bir çalışmada bildirilmiştir.⁸¹

KIBT in dişhekimliğinde özellikle endodonti alanında kullanımının arttığı görülmektedir. İki boyutlu görüntüleme tekniklerinin yeterli olmadığı durumlarda üç boyutlu görüntülemenin tanıya katkı sağlayacağı düşünülüyorsa KIBT kullanımı kaçınılmaz hale gelir. Bu durumda kar/zarar oranı dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve radyasyon dozunu optimum seviyede tutmak için mümkün olan en küçük görüntüleme alanları tercih edilerek KIBT kullanılmalıdır. KIBT taraması sırasında hesaplanan efektif radyasyon dozunun panoramik radyografilerden 2-4 kat fazla olduğu unutulmamalıdır. Bu yüzden, KIBT görüntülemeleri aynı hastada sık uygulanmamalı ve görüntüler mutlaka arşivlenmelidir.⁸²

2.3.6. Elektronik Yöntem

Elektronik apeks bulucular geleneksel yöntemlere alternatif olarak 1918 yılında Cusfer tarafından üretilmiştir.²⁵ Radyasyonun zararlı etkileri, radyografik teknikle ilişkili olarak ortaya çıkan teknik sorunlar nedeniyle kök kanal boyunun elektronik olarak tespiti, diş hekimleri arasında kullanımı giderek artan bir yöntem olmuştur.

Custer, kök ucunu çevreleyen periodontal dokuların elektrik iletkenliğinin, kanal içinin iletkenliğinden daha fazla olduğuna inanarak, elektrik iletimiyle kök kanal boyunun tespit edilebileceğini belirtmiştir.²² Custer; oral mukozaya yerleştirdiği bir elektrot ve pulpaya yerleştirdiği tirnef arasına bir voltaj uygulamış ve oluşan elektrik akımının değerini ölçerek foramenin yerini tespit etmiştir. Tirnerf apikal foramene yaklaştığında elektrik iletkenliğindeki artmanın bir sonucu olarak elektrik akımı artmış

ve sonuçta miliakım ölçerde belli bir hareket gözlenmiştir. Elektrik akımı ve elektrik iletkenliği ile orantılı olan bu hareketin, tirnerfin apikal foramene göre pozisyonunu tespit etmede güvenilir bir rehber olabileceği sonucuna varmıştır.²²

Köpek dişlerinde yapılan bir çalışmada; kök kanalına yerleştirilen kanal aleti ile oral mukoza'ya yerleştirilen bir elektrot arasında elektriksel olarak 6,5 k Ω 'luk bir direncin varlığı ve bu direncin ağız içinde her yerde sabit olduğunu tespit edilmiştir.⁸³ Kanal eğesinin ucu apikal foramenden periodontal ligamente ulaştığında, kanal eğesi ile ağız içi muköz membran arasındaki elektriksel direncin 6,5 k Ω değerinde olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, kanal eğesinin, kök kanal duvarını veya pulpa odasını perfore ettiği ve periodontal membrana ulaştığında elektriksel direncin de, eğenin apekse ulaştığı zamanki değerine eşit olduğunu belirtmiştir.⁸⁴

Direnç (rezistans) bazlı aletler, apikal foramende periodontal dokuyu tespit edebilmesine rağmen apeksin pozisyonunu tam tayin edemezler. Bu yüzden isimlerinin elektronik apeks bulucu olması doğru değildir. Bunun yerine elektronik foramen bulucu ya da elektronik kanal boyu ölçüm cihazı olarak isimlendirilmesinin daha doğru olduğu bildirilmiştir.⁸

Empedans ölçme fikri daha sonra rezistans ölçme fikrinin yerini almıştır. Daha sonra teknolojinin gelişmesiyle birlikte frekans tip ve orantı tip elektronik apeks bulucular diş hekimlerinin hizmetine sunulmuştur.¹

Cihazın klipsleri hastaya rahatsızlık verebilir. Klipsler otoklavda steril edilebilir. Diğer uzantı ve parçalar dezenfekte edilebilir.

Elektronik apeks bulucuların nesil sınıflandırması

Birinci Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Rezistans Tip)

Rezistans tip apeks bulucular, oral mukoza ve periodontal doku arasındaki 6,5 k Ω 'luk elektriksel direnci, dudağa yerleştirilen negatif uç ile kök kanalındaki pozitif uç arasını ölçmektedir. Negatif uç dudak klipsi pozitif uç ise kanal aletidir. Kanal içindeki alet periodontal ligamente temas ettiğinde devre tamamlanır. Bu durumda cihazın göstergesi 6,5 k Ω 'u göstermektedir (Şekil2.5). Bu gösterge foramen apikale olarak değerlendirilmekte ve çalışma boyutu bu ölçüm ile hesaplanmaktadır. Fakat bu tip cihazlarla kök kanalı içinde çok az miktarda pü, aşırı kanama ya da pulpa dokusu bulunsa bile apekse ulaşılmış gibi hatalı okumalar elde edilebilir.^{85,86}

Birinci nesil elektronik apeks bulucuların bazı dezavantajları vardır;

- ✓ Kanama varlığında, pulpa dokusu varlığında, kanaldan cerahat gelmesi durumunda yanlış sonuçlar verebilir.⁸⁶
- ✓ Kullanımdan önce kanala uygun eğe seçimi yapılmalıdır.
- ✓ Ölçüme başlamadan önce kanal aletlerinin kalibre edilmesi gerekir
- ✓ Açık apeks ve periodontal lezyonun varlığında yanlış ölçüm verebilir
- ✓ Lokal anestezi altında tedavi edilse bile sızlama şeklinde ağrı olabilir.
- ✓ Doğru akım kullanılır ve doğru akım kalp pili taşıyan hastalarda tehlikeli olabilir.⁸⁷



Şekil2.5 Root canal mater

İkinci Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Empedans Tip)

İkinci nesil elektronik apeks bulucuların çalışma prensipinde diş, ucu kapalı uzun dar bir tüp gibi düşünülmüştür. Dişin apikal bölgesinin koronal bölgeye göre giderek artan bir elektriksel empedans sergilemesine dayanmaktadır.⁸⁷

İkinci nesil elektronik apeks bulucularda dudak klibi kullanılmaz. Elde tutulan bir parçası vardır. Böylelikle enfeksiyondan kaçınılmaya çalışılmıştır. Dudak klibinin temassızlık sorunu da elimine edilmiştir. Bu sistemde kök içinde kanal aleti kullanılmaz, problemler kullanılır. Problemlerin uç kısmı açık kalacak şekilde plastik kaplamayla izole edilmiştir.⁸

Problemler nemli kanallarda ölçüm yapabilir. Fakat kanal eğelerinden kalın olduklarından dolayı eğimli ve dar kanallarda ölçüm yapamazlar. Empedans tipti apeks

bulucular kullanım öncesi kalibre etmek gerekir. Klinik kullanımı zordur. Eğer cihazın pili zayıflarsa yanlış ölçüm yapabilir.⁸⁸

Diş eti oluşu ve periodontal ligament arasındaki frekansın aynı olduğu varsayımına dayanan sono-explorer adlı cihaz 1970-1980 yılları arasında yaygın olarak kullanılan 2. Nesil bir elektronik apeks bulucudur.⁸⁹ Her kullanımda dişin periodontal sulkusunda kalibre edilmesinin zorunlu olması bu cihazın en büyük dezavantajıdır.⁹⁰

1979 yılında Hasegawa ve ark. tarafından geliştirilen Endocaterda (şekil2.6) eğenin üzeri teflon ile kaplanmış. akat eğenin kalınlığının artmasıyla, dar kanallarda kullanılamamıştır.⁹¹ kullanım öncesi kalibrasyon gerekliliği

ve hastalarda sızlama tarzında ağrı oluşturmaları cihazın dezavantajlarındandır.⁹² Endocater kanal aleti ile dudak klipsi arasında maksimum empedans farkı prensibine göre çalışmaktadır. Cihaz dişin uzun içi boş ve apeksi kapalı tüp şeklinde olduğu prensibi ile çalışmaktadır. Buna göre diş, korondan apikale doğru kanal duvarlarının elektriksel empedansı artmaktadır. Yani dişin, korondan apikale doğru kanal duvarlarının elektriksel empedansı . Şeffaf dentin 17 yaşında başlar ve ömür boyu devam eder. Kanal içi ani bir empedans düşmesi cihaz tarafından apeks olarak algılanır.^{87,88}

Perforasyonlar, kanallardaki dallanmalar, empedans değişimine bağlı olarak tespit edilebilmektedir.



Şekil2.6 Endocater

Üçüncü Nesil Apeks Bulucular (Frekans Tip)

Yamaoka tarafından 1990 yılında, farklılık gösteren kanal koşullarında bile daha doğru bir kanal boyu ölçümü yapabilen bir elektronik apeks bulucu geliştirilmiştir. Bu da 1. ve 2. Nesil apeks bulucuların dezavantajı olan nemli ortamlarda hatalı sonuç vermesini ortadan kaldırmıştır.⁹³

Frekans tip apeks bulucular hastada ağrı oluşturmaz. Bunun sebebi küçük voltajda çalışmasıdır. Ayrıca sodyum hipoklororit ve doku artığı varlığında tutarlı ölçümler verir.^{87,88}

Apit/Endex (Osada Electric Co, Tokyo, Japonya) ilk üçüncü nesil apeks bulucu olarak tanımlanır. Bu cihazın da her kullanımdan önce kalibre edilmesi gerekir. İki farklı frekans kullanılır , kanal içinde elektrik iletkenliği olan bir sıvı olsa bile doğru ölçüm yapabilir.⁹⁴

Kobayashi ve ark. kendini kalibre edebilen ve nemden etkilenmeyen Root ZX (J Morita, Tokyo, Japonya) üretmişlerdir. Root ZX kanalın sonlanma noktasını tespit edebilmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda empedans değerlerini ölçerek birbirlerine orantılar. Yeni teknolojilerin, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabilmesi ve daha doğru sonuçlar verebildiği ifade edilmektedir. Yeni üretilen elektronik apeks bulucuların doğruluğu ile ilgili yapılan çalışmalarda Root ZX (Şekil2.7) altın standart olarak görülmektedir.⁸⁸

Bir diğer 3. nesil elektronik apeks bulucular, Justy II (Hager & Werken, Duisburg, Almanya), Mark V Plus (Moyco/Union Broach, Bethpage, NY, ABD) ve Endy 5000 (Loser, Leverkusen, Almanya)'dir .



Şekil2.7 Root ZX

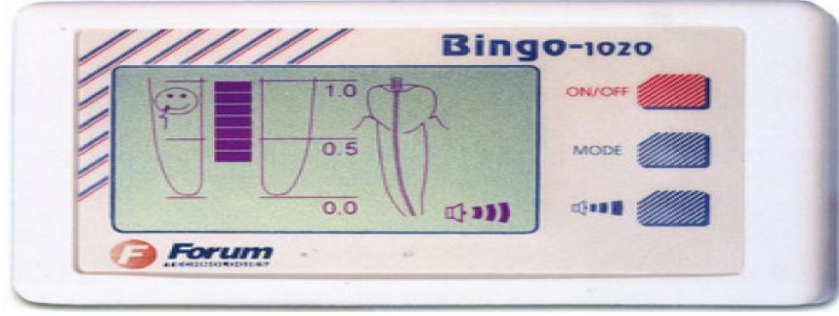
Dördüncü Nesil Apeks Bulucular (Orantı Tip)

Orantı tip apeks bulucular, kanalda sıvı varlığında kanalın empedansı iki farklı dalga boyuna sahip iki elektriksel akımın anında ölçülmesi prensibine göre çalışır. Birinci frekans (f1) (8 kHz) ve ikinci frekans (f2) (400 Hz) olarak isimlendirilen bu dalgalardan f1 daha büyüktür. f1 için ölçülmüş empedans Z1, f2 için ölçülmüş empedans değeri de Z2 olarak adlandırılmaktadır. Z1 ile Z2 arasındaki oran kanal aletinin ucunun kanal içindeki yeri hakkında bilgi verir. Bu iki empedansın oranları ölçüldüğünde her zaman Z1 değeri Z2'den küçüktür, yani Z1'in Z2 oranı 1'den azdır. Bu elektriksel ve kanal duvarının kapasitansına bağlı bir prensiptir. Kanal duvarı, apikal foramen daha düşük elektriksel kapasitansa sahiptir. Kanal aletinin ucu foramen apikaleye yaklaştığında iki empedans oranı çok yakın olur. Fakat, oran kanal aleti apikal darlığa geldiğinde bir hayli düşmektedir. Dördüncü nesil apeks bulucular foramen apikale yakınlarındaki bu elektriksel değişimleri tespit edebilme prensibine göre çalışır.⁸⁷

1999 yılında; Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail)(şekil2.8) adı verilen elektronik apeks bulucu üretilmiştir.⁸ Daha sonra bu cihaz Dentsply tarafından Ray-Pex 4 (VDW, Munich, Germany) olarak üretilmiştir.⁸⁸

Dördüncü nesil apeks bulucu isimleriyle; Endo Analyzer 8005 (Analytic, Orange, CA Sybron Dental), Propex (Dentsply- İsviçre), AFA Apex Finder (Analytic Technology, Redmond, Amerika Birleşik Devletleri), Raypex 5 (VDW, Munich, Almanya) isimli cihazlar üretilmiştir. Dördüncü nesil apeks bulucuların çalışma sistemi, empedans oran-bazlı elektronik apeks bulucularla benzerlik göstermektedir. Empedansın özellikleri olan direnç ve kapasitansdaki ani değişiklikleri tespit ederek kanalın bitim yerini gösterir.⁸

Root ZX daha sonra geliştirilerek, J.Morita firması tarafından, Dentaport ZX (J Morita, Tokyo, Japonya)'i piyasaya sürmüştür. Dentaport ZX, Root ZX ile aynı çalışma prensiplerine sahiptir. Dentaport ZX ile Raypex 5'in karşılaştırıldığı bir çalışmada kök kanal boyu belirlemede benzer sonuçlar ortaya çıkarmıştır.⁹⁵



Şekil2.8 Bingo-1020

Beşinci nesil apeks bulucular (Multifrekans tip)

Teknolojinin gelişmesi ile, ikiden fazla frekans ile empedans ölçümü yapan apeks bulucular geliştirilmiştir. Bunlar multifrekans tiplerdir.⁸⁸

Kalibrasyona gerek olmayan multifrekans cihazlara Root ZX II (J. Morita, ABD) (şekil2.9) ve Joypex5 (Denjoy Dental Corporation, Çin). gösterebiliriz.⁹⁶

Bu cihazlar, kanal içinde NaOCI gibi iletken bir solüsyon varlığında doğru ölçüm yapabildiği, fakat kanalın içi tamamen kuruyken ölçüm doğruluğunun azaldığı belirtilmiştir.⁹⁷



Şekil2.9: Root ZX 2

Altıncı Nesil Apeks Bulucular(Adaptif tip)

Adaptif tip cihazların en önemli özellikleri kanal nemlilik koşullarından etkilenmemeleridir. Multifrekans cihazların kuru kanallarda ölçüm doğruluğunu azaltan bu dezavantajının üstesinden geldiği belirtilmektedir.⁹⁷ Bu cihazların, ölçüm öncesi kanal

kurutma veya nemlendirme ihtiyacını ortadan kaldırdığı, kanalda pulpa dokusu, kanama veya eksuda varlığında doğru ölçüm yapabildiği ileri sürülmektedir.⁹⁶



Şekil2.9 Raypex6

Elektronik Apeks Bulucuların Ölçüm Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler

Pulpanın Vitalitesi

Kök kanal tedavisinde elektronik apeks bulucuların doğruluğu üzerinde etkisinin olmadığı bildirilmiştir.^{98,99} Yapılan bir in vivo kanal boyu ölçme çalışmasında; vital ve devital dişler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.^{98,100}

AFA Apex Finder apeks bulucusu ile yapılan çalışmada, kanal boyu ölçümünde pulpanın canlılığından etkilenip etkilenmediğini araştırılmıştır. Cihazın vital dişlerde apikal daralımı gös

terme oranı %93,9 fakat devital dişlerde bu oranın %76,6'ya düştüğü ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir.⁸⁵

Elektrik İleten Solüsyonlar

Kanalda sodyum hipoklorit gibi, iletkenlik özelliği yüksek bir solüsyon olduğunda dahi , yeni apeks bulucular doğru sonuçlar vermektedir .⁸⁹ Root ZX ile yapılan farklı irrgasyon solüsyonları kullanılarak yapılan kanal boyu ölçüm çalışmasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.¹⁰¹ Ayrıca yine Root ZX ile farklı NaOCL konsantrasyonlarında yapılan karşılaştırmada da bir fark bulunamamıştır.^{87,102}

Perforasyonlar ve Kök Kırıkları

EAB'lerin çalışma boyunu tespit etmenin yanında, kök perforasyonları, yatay ve dikey kök kırıkları gibi olguları tespit etmek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir.^{88,103} Elektronik apeks bulucuların perforasyon tespiti açısından karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, dişler köklerinin orta hattından perfore edildikten sonra aljinata gömülmüştür. K tipi eğelerle yapılan elektronik ölçümler sonucunda kullanılan EAB'lerin perforasyonları tespit etme başarısının yüksek olduğu ve perforasyonların yerini saptamak için klinikte etkin bir şekilde kullanılabileceği ileri sürülmüştür.¹⁰⁴

Elektrik İleten Solüsyonlar

İn vitro ortamda, %5,25 NaOCl, RC Prep, EDTA ve Peridex'in, Root ZX'in ölçüm doğruluğu üzerine etkileri olup olmadığı konusunda yapılan çalışmada; yıkama solüsyonunun ölçüm doğruluğu üzerine bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.¹⁰¹ Ayrıca farklı konsantrasyonlarda (%5,25, %2,65, %1 ve %0,5) NaOCl'in 'Root ZX' in ölçüm hassasiyetini etkilemediği görülmüştür.⁸⁶

Son yıllarda üretilen multifrekans tip cihazlar kalibrasyon gerektirmemekte; hassasiyet olmaksızın rahat bir klinik çalışma sağlanmakta; kanal içinde NaOCl gibi nispeten yüksek iletkenlik özelliği bulunan solüsyonların varlığında çalışma başarısı etkilenmemekte ve hem çelik hem de nikel titanyum kanal aletleri kullanılarak başarılı ölçümler yapılmaktadır.⁹⁷

Apikal Foramenin Çapı

Elektronik apeks bulucular ile kanal boyu tespitinde apikal foramenin çapının ölçüm doğruluğu üzerine etkisi konusundaki genel kanı, kanal aletinin çapının kanal boyu ölçüm cihazlarının doğruluğunu etkilemediği yönündedir. Root ZX kullanarak yapılan çalışmada 10 nolu eğe ile ölçüm yapıldıktan sonra kanalı döner eğelerle genişletmişler, 60 no'lu eğe ile tekrar ölçüm yapmışlar ve eğenin çapının ölçüm sonuçlarını etkilemediği sonucuna varmışlardır.¹⁰⁵

Buna ek olarak, Herrera ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada apikalde sıkışan bir kanal aleti kullanımının Root ZX' in ölçüm doğruluğunu etkilediği bulunmuştur.¹⁰⁶

Apikal Kök Rezerpsiyonu

Apikal kök rezerpsiyonun olduğu durumlarda elektronik apeks bulucuların kullanımı tartışmalı bir konudur. Kök rezerpsiyonu olan ve olmayan süt dişlerinde yapılan çalışmalarda anlamlı bir fark bulunamamıştır.^{107,108}

Çalışma boyunun kolay ve güvenilir bir biçimde belirlenmesini sağlayan modern apeks bulucuların, aynı zamanda, kök perforasyonlarında ve rezerpsiyonlarda başarılı bir Şekilde kullanılabildiğini gösteren çalışmalar vardır.^{109,110} Son nesil apeks buluculardan olan Propex Pixi ve Raypex 6'nın kök perforasyonlarını başarıyla tespit edebildiği bildirilmiştir.¹¹¹

3.MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim dalı laboratuvarında yapıldı ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 2020/520 sayı ile onaylandı. Çalışma için a priori power analizi Yılmaz ve ark.¹¹² çalışmalarının etki büyüklüğü kullanılarak f-test ailesi ANOVA (tek yönlü) testi için örneklem sayısı hesaplaması G*Power programı 3.1 versiyonu ile yapıldı. Analiz sonucunda 0.05 tip bir hata ve 0.99 beta değerleri ile grup başına düşen minimum örnek sayısı 20 bulunmuştur.

3.1 Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

Çalışmamızda, protetik ve periodontal sebeplerle çekilmiş 20 adet insan mandibular premolar dişleri kullanıldı. Dişler x3 büyütme lup (Zumax, Suzhou, Çin Halk Cumhuriyeti) altında eksternal rezorpsiyon, çatlak veya kırık açısından değerlendirilerek bu özelliklere sahip dişler çalışma dışı bırakıldı. Schneider metoduna göre kök kanal kurvatürü hesaplandı ve 10° altında eğime sahip dişler çalışmaya dahil edildi. Tüm dişlerden deney prosedürü öncesi meziodistal ve bukkolingual yönde periapikal radyograflar alınarak internal rezorpsiyona sahip olmayan, matürasyonunu tamamlamış, tek bir kanala sahip olan, lateral kanal veya kök kanal morfolojisinde herhangi bir anomali saptanmayan ve kalsifikasyon gözlenmeyen dişler çalışmaya dahil edildi. Dişler, mine sement sınırından kesildi. Kron ve kök yüzeyindeki yumuşak ve sert doku eklentileri bir periodontal küret yardımıyla temizlenerek deney prosedürü uygulama aşamasına kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik içerisinde bekletildi.

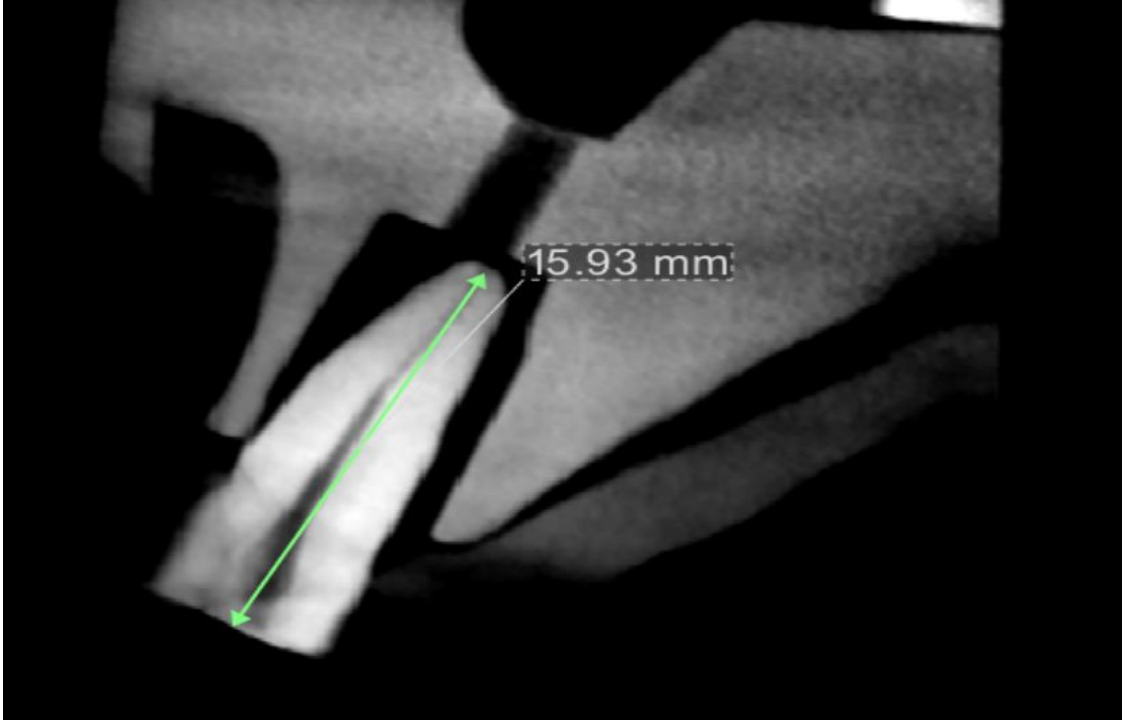
3.2. KIBT ile Çalışma Boyu Ölçümü

KIBT (Papaya 3D, Genoray, Gyeonggi-do, Güney Kore) ile (Şekil 3.1) kanal boyu tespiti için örneklerin yerleştirildiği fantom çene, 360°'lik bir rotasyon ekseninde, sagittal ve vertikal düzlemler yere dik, okluzal düzlem yere paralel olacak şekilde pozisyonlandırıldı. Tüm örneklerin taraması 90 kV güç, 10 mA akım parametrelerinde her bir örnek için 12 saniye sürede tamamlandı.



Şekil3.1 KIBT ile kanal boyu ölçümü

KIBT görüntülerine ait aksiyal kesitler üzerinde her bir kök, mine-sement birleşiminden apikale doğru takip edildi ve kökün gözlendiği son nokta kaydedildi. Aksiyal kesit üzerinde belirlenen son nokta, daha sonra sagittal kesit üzerinde saptanarak doğrulandı ve konumu mm olarak kaydedildi. Sagittal, koronal ve aksiyal düzlemde her bir kök kanalının en uygun görüntüsü elde edildiğinde, son noktanın (majör foramen) her bir düzlemdeki görüntüleri arasında çapraz kontroller yapıldıktan sonra yazılım programının ölçüm cetveli özelliği kullanılarak kanal boylarının ölçümü yapıldı.



Şekil3.2. Ölçüm cetveli kullanarak KIBT kanal boyu ölçümü

3.3.Periapikal Radyograf ile Çalışma Boyu Ölçümü

Sensör, düz bir zemin üzerinde, sensör tutucu ile sabitlendi ve #15 K tipinde bir eğe kök kanalında sıkışınca kadar ilerletildi. Eğeler yerleştirildikten sonra lastik stoperin kaymaması için stoper akıcı kompozit (Filltek Ultimate Flowable, 3M, Minnesota, Amerika Birleşik Devletleri) ile sabitlendi. Örnekler sensör üzerine yerleştirilerek üretici firma talimatları doğrultusunda 0,16 sn. ışınlandı.(Şekil 3.3) Ölçümler 2 kez tekrarlandı ve ortalama değerler hesaplandı.

$$\frac{\text{Kanal egesinin röntgen boyu (a)} = \text{Dişin röntgen boyu (c)}}{\text{Kanal egesinin gerçek boyu (b)} = \text{Dişin gerçek boyu (X)}}$$

Formülü kullanılarak dişin gerçek boyu hesaplandıktan sonra elde edilen ölçümden 1 mm çıkarılarak çalışma boyu tespiti yapıldı.

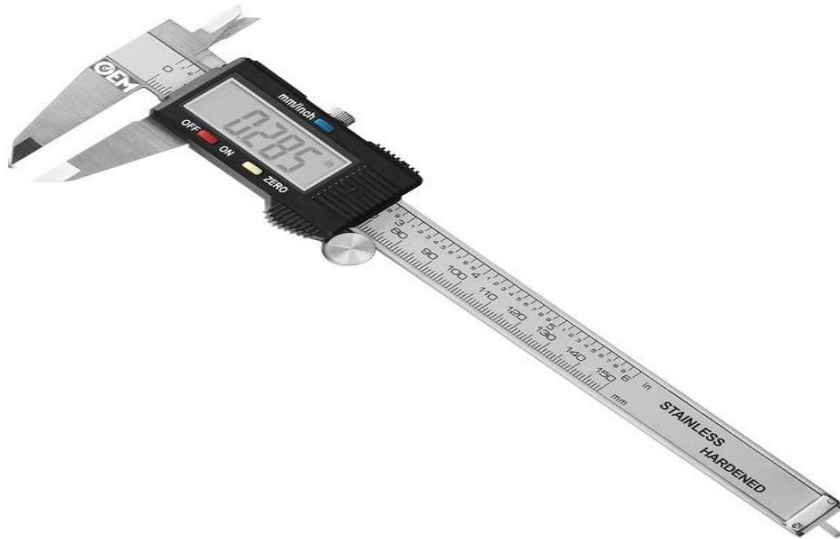


Şekil3.3 Periapikal radyograf ile kanal boyu ölçümü

3.4.Gerçek Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi

Kökler x3 büyütme lup altında #15 K tipi kanal eğesi yerleştirilerek eğenin ucu majör foramenden görülünceye kadar ilerletildi.

Daha sonra eğenin lastik stoperi, önceden düzleştirilen kök yüzeyine tam olarak yerleştirildi ve lastik stoperin kaymasını önlemek amacıyla, lastik stoper eğeye akıcı kompozit ile sabitlendi. Kök kanalından çıkartılan eğenin, lastik stoperin alt kenarı ile uç kısmı arasındaki mesafe 0,01 mm hassasiyet gösteren bir kumpas ile ölçüldü (Şekil 3.4).

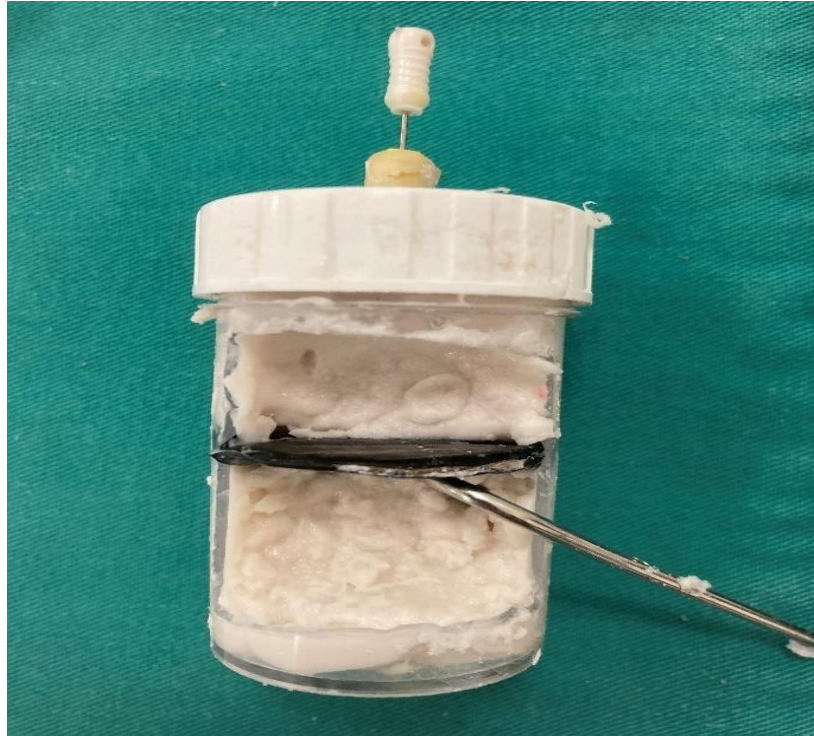


Şekil3.4 Kumpas

Her bir örnek için ölçümler üç kez tekrar edildi ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak kaydedildi. Elde edilen bu ortalama değerden 0,5 mm çıkartılarak gerçek kök kanal çalışma uzunluğu tespit edildi.

3.5. Elektronik Apeks Bulucu ile Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi

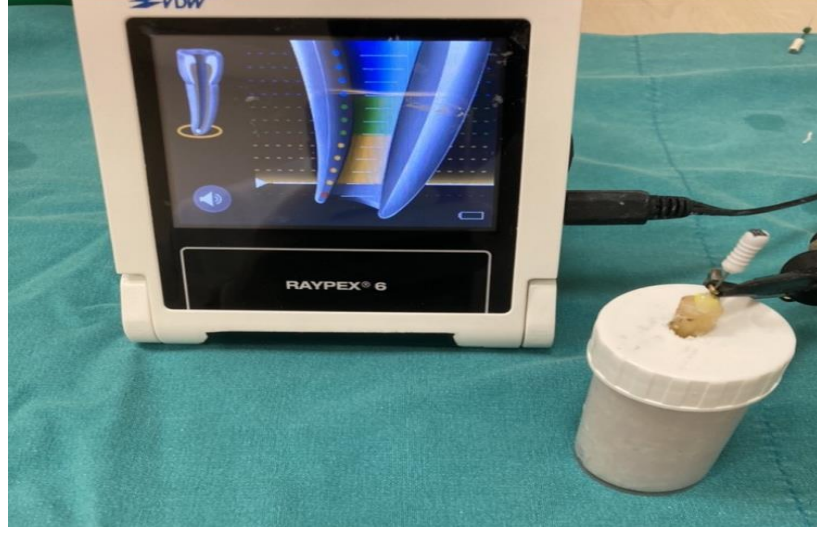
Dişler, daha önce yapılan çalışmalar örnek alınarak in vitro ortamda periodontal dokuların taklit edilebilmesi için aljinat modele yerleştirildi.^{102,113} Eğe ile dudak klipsi arasında herhangi bir elektrik iletimi olmaması amacıyla örneklerin apikal bölgesine yalıtkan bir madde yerleştirildi (Şekil3.5). Elektronik ölçümleri gerçekleştirmek amacıyla cihazın iki elektrotlu kablusunda bulunan tutucu uca #15 no'lu K tipi(densply, İsviçre) eğe tutturuldu. Diğer elektrota aljinat içindeki dudak klipsi bağlandı. Düzenek tamamlandıktan sonra kök kanallarına, %2,5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) enjekte edildi⁹⁷ ve elektronik ölçümler yapılarak kaydedildi.



Şekil3.5. Yalıtkan madde yerleştirilen deney düzeneği

Elektronik apeks bulucular ile kök kanal boyunun tespit edilmesi için Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya) (Şekil 3.2), Root ZX mini (Morita, Arizona, Amerika Birleşik Devletleri) (Şekil 3.7) ve Airpex (Eighteeth, Jiangsu, Çin Halk Cumhuriyeti) (Şekil 3.8)

kullanıldı. Her bir ölçüm 2 kez tekrar edilerek, eğenin ekranda 0.0 noktasında 5 saniye boyunca sabit kaldığı durumlarda geçerli sayıldı. Her bir ölçümden 0.5 mm geride olacak şekilde elektronik kanal boyu tespit edildi.



Şekil3.6 Raypex 6



Şekil3.7 Root ZX mini



Şekil3.8 Airpex

3.6. İstatistiksel Analiz

Araştırmada incelenen değişkenlerden doğru ölçme oranlarının karşılaştırılması için parametrik analiz yöntemleri uygulanıp uygulanamayacağını belirlemek için Shapiro Wilk testi ve Levene varyans homojenlik testi kullanıldı. Elde edilen bulgulara göre verilerin normal dağılım göstermediği ve varyanslarının homojen olmadığı belirlendi. ($p < 0,05$) Bu nedenle doğru ölçme oranlarının karşılaştırılması için Kruskal Wallis H testi kullanıldı ve gruplar arası farklılık Dunn çoklu karşılaştırma testi ile belirlendi. Verilerin incelenmesinde SPSS paket programı kullanılmıştır.

4.BULGULAR

Verilere parametrik analiz uygulanıp uygulanamayacağını belirlemek için normallik varsayımı Shapiro Wilk testi ile incelenmiş ve verilerin normallik dağılımına ait bulgular Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo1. Verilerin normallik varsayımlarına ait bulgular

Ölçüm Yöntemi	n	Ortalama	Std Sapma	Test istatistiği	p
Gerçek	20	16,03	1,040	0,979	0,917
Rootzx ZX mini	20	16,00	1,031	0,978	0,907
Raypex 6	20	15,97	0,995	0,970	0,751
Airpex	20	15,92	1,021	0,985	0,983
KIBT	20	15,91	1,014	0,969	0,726
Radyografi	20	16,46	1,054	0,961	0,571

Veriler incelendiğinde gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde kullanılacak varyans analizinin uygulanıp uygulanamayacağını belirlemek için yapılan Shapiro Wilk testi sonuçlarına göre değişkenlerin normallik varsayımını sağladığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Farklı ölçüm yöntemleri ile elde edilmiş çalışma uzunluğu arasındaki farklar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kök kanal boy ortalamaları

Ölçüm Yöntemi	n	Ortalama	Std Sapma	F	p
Gerçek	20	16,03	1,040		
Root ZX mini	20	16,00	1,031		
Raypex6	20	15,97	0,995		
Airpex	20	15,92	1,021	0,872	0,502
KIBT	20	15,91	1,014		
Radyografi	20	16,46	1,054		

Tablo 2 incelendiğinde ölçüm yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenememiştir ($p>0,05$). Gerçek kanal ölçüm değerleri ile diğer yöntemlerden elde edilen ölçümler arasındaki farklılara ait karşılaştırmalar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Gerçek kök kanal uzunluğu ile yapılan ölçümlerin farklarının minör foramene uzaklıklarının dağılımları

Ölçüm Yöntemi	n	Ortalama	Std Sapma	Medyan	Min	Mak	F	p
Root ZX mini	20	0,035 ^a	0,208	0,10	-0,60	0,30		
Raypex6	20	0,060 ^a	0,179	0,10	-0,50	0,30		
Airpex	20	0,115 ^a	0,143	0,10	-0,20	0,40	35,521	<0,001
KIBT	20	0,125 ^a	0,192	0,10	-0,20	0,50		
Radyografi	20	-0,445 ^b	0,170	-0,40	-0,80	-0,20		

Tablo 3 incelendiğinde gerçek kanal ölçüm değerleri ile diğer yöntemlerden elde edilen ölçüm farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Elde edilen bulgulara göre Root ZX mini, Raypex6, Airpex, KIBT yöntemlerinden elde edilen ölçüm farkları arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken Radyografiden elde edilen ölçüm farkları istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve Radyografi yöntemi diğer yöntemlere göre gerçek kanal uzunluğuna daha uzak ölçümler yaptığı belirlenmiştir.

Gerçek kanal ölçüm değerlerine göre yöntemlerin doğru ölçme oranları açısından yöntemler arasındaki karşılaştırmalar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Ölçüm yöntemlerinin doğru ölçme oranlarının (%) karşılaştırılması

Ölçüm Yöntemi	n	Ortalama	Std Sapma	Medyan	Min	Mak	Test İstatistiği	P
Root ZX mini	20	99,01 ^a	0,915	99,365	96,08	100,00		
Raypex6	20	99,13 ^a	0,776	99,320	96,73	100,00		
Airpex	20	99,16 ^a	0,764	99,100	97,42	100,00	33,619	<0,001
Cbct	20	98,86 ^a	0,806	99,070	96,88	100,00		
Radyografi	20	97,21 ^b	1,065	97,250	95,24	98,84		

Tablo 4 incelendiğinde gerçek kanal ölçüm değerleri göre ölçüm yöntemlerin doğru ölçme oranları belirlenmiş ve yöntemlerin doğru ölçme oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). Elde edilen bulgulara göre Root ZX mini, Raypex 6, Airpex, KIBT yöntemlerinden elde edilen ölçümlerin doğruluk oranları arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken radyografiden elde edilen doğru ölçüm oranları diğer yöntemlere göre daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin amacının; kök kanal sisteminin preperasyonla dekompoze dokulardan arındırıp dezenfekte edildikten sonra sızdırmaz ve üç boyutlu olarak doldurulmasıyla inflamasyonun önlenmesini sağlamak olduğu belirtilmektedir.² Bunun için endodontik tedavinin en önemli aşamalarından birinin çalışma boyunun doğru bir şekilde tespit edilmesi olduğu bilinmektedir.⁵ Çalışma uzunluğu kısa olarak hesaplandığında kök kanal sisteminde mevcut enfekte dokular tam olarak temizlenememekte, daha uzun hesaplandığında ise preperasyona bağlı olarak periapikal dokular irrite olabilmektedir. Kök kanalının şekillendirilmesi ve doldurulmasının apikal sınırı, endodontinin temel tartışma konularından biri olmaya devam etmektedir.^{12,96}

Wu ve ark.¹¹⁴ minör apikal foramen ve majör apikal foramenin lokalizasyonunu klinik olarak tespit etmenin oldukça zor olduğunu ve radyolojik apeksin daha güvenilir bir referans noktası olabileceğini belirtmektedir. Histolojik çalışmalarda ise; preperasyon ve dolum aşamalarının apikal daralmanın hemen koronalinde sonlandırılmasının en çok tercih edilen durum olduğu, gutta perka ve kanal patının apikal dokulara taşmasının ise şiddetli enflamatuvar reaksiyona yol açabileceği bildirilmektedir.² Ricucci ve ark.², çalışma boyunun minör apikal foramende veya hemen koronalinde sonlandırılması gerektiğini belirtmektedir. Elektronik apeks bulucuların doğruluklarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için aynı dişlerin kullanılması önemlidir.¹¹⁵ Bu nedenle, bu çalışmada ölçümler sırasında aynı dişler kullanıldı. Elektronik apeks bulucuların doğruluğunun değerlendirildiği birçok çalışmada EÇB ölçümlerinde paslanmaz çelik el eğeleri kullanılmıştır.^{116,117} Gehlot ve ark.¹¹⁸ paslanmaz çelik el eğeleri ile yapılan EÇB ölçümlerinin doğruluğunun Ni-Ti eğelerin ölçümlerinden istatistiksel olarak daha fazla olduğunu bildirmiştir. Bu amaçla çalışmada, genişletilmiş apikal foramenlerde, köklerin apikal uçlularına uygun paslanmaz çelik el eğeleri ile EÇB ölçümleri yapıldı.

Gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırın majör apikal foramen olarak kabul edildiği çalışmalarda, bir büyüteç ya da ışık mikroskobu altında majör apikal foramen tespit edilerek kanal eğesi foramenden görülünceye kadar kanal içine yerleştirilmektedir.^{114,119} Majör foramen ile koronal referans noktası arasındaki mesafe gerçek kanal boyu olarak belirlenmektedir.^{113,120,121} Gerçek kanal boyunun apikal sınırının minör apikal foramen olarak kabul edildiği çalışmalarda ise minör foramen iki

farklı şekilde tespit edilebilmektedir. Bunlardan ilki majör apikal foramen ve koronal seviyede seçilen rehber nokta arasındaki mesafe ölçülerek, minör apikal foramenin majör apikal foramenden ortalama olarak 0,5-1 mm gerisinde olduğu bilgisi göz önüne alınarak minör apikal foramenin belirlenmesidir.^{25,122} Diğeri ise, dişlerin longitudinal olarak ikiye bölünmesinin ardından, apikal 3-4 mm'lik bölümde kanal eğesi görülene kadar dentinde aşındırma yapılarak yansıtılmalı ışık mikroskobu altında farklı büyütmelemlerde minör apikal foramenin görsel olarak tespit edilmesidir.^{123,124} Ancak minör apikal foramenin her dişte benzer şekilde vertikal kesitte görülmesi mümkün olmayacağından, çalışmamızda birinci yöntem kullanılarak gerçek çalışma uzunluğu tespit edilmiştir. Kanal genişletme ve doldurma aşamalarının ideal apikal seviyesinin, minör foramen olması gerektiğini ileri süren literatür bilgilerinin ışığında; çalışmamızda kanal boyunun apikal sınırı minör foramen, koronal sınırını ise mine-sement sınırı olarak belirlenmiştir.^{2,12}

Dijital radyografi ile yapılan çalışma uzunluğu belirleme yönteminde, radyografik olarak elde edilen uzunluk ile gerçek çalışma uzunluğu karşılaştırılırken; 0,5-1 veya 2 mm gerisinde yapılan ölçümlerin klinik olarak kabul edilebilir aralıkta olduğu bildirilmektedir.^{125,126} Dijital periapikal radyograflar çalışma uzunluğunu belirlemede anahtar yöntem olarak belirtilmesine rağmen, bu yöntemde sonuçların doğruluğunu etkileyen bazı faktörler mevcuttur.¹²⁷⁻¹²⁹ Forsberg ve ark.¹³⁰ yaptıkları çalışmada paralel teknikle alınan periapikal radyografların kanal boyu belirlemede açığortay tekniğine göre daha güvenilir olduğunu bildirmektedir. Fakat, Mentş ve Gençöğlü¹²⁹ 2002 yılında yaptıkları çalışmada paralel teknik ile alınan periapikal radyograf yöntemiyle belirlenen çalışma uzunluğunun, gerçek çalışma uzunluğundan %7,58 oranında daha fazla ölçülmesine sebep olarak taşkın preperasyona yol açabileceğini belirtmektedir. El Ayouti ve ark.¹³¹ 2001 yılında yaptığı çalışmada radyolojik apeksten 0-2 mm daha geride belirlenen çalışma boyunun, premolar ve molar dişlerde %22-51 oranında taşkın preperasyona sebep olduğunu belirtmektedir. El Ayouti ve ark.¹³² 2002 yılında yaptığı çalışmada ise bu problemin üstesinden gelmek için radyografik yöntemin elektronik apeks bulucular ile kombine edilmesi gerektiğini bildirmektedir. Çalışmamızda açığortay tekniğine göre daha güvenilir olması sebebiyle radyolojik çalışma uzunluğu belirlenmesinde paralel teknik kullanılmıştır.

Geleneksel radyolojik yöntemlere alternatif veya kombine olarak piyasaya sunulan elektronik apeks bulucuların klinik uygulamalarda kullanıma girmesiyle,

endodontik tedavide ihtiyaç duyulan radyograf sayısı azalarak hastaların daha az radyasyon dozuna maruz kalması sağlanmıştır.^{133,134} Periodonsiyum ve oral mukoza arasında sabit bir rezistans olduğu prensibinden yola çıkılarak 1962 yılında ilk elektronik apeks bulucu kullanıma sunulmuştur.⁸⁴ Elektronik apeks bulucuların etkinliklerini değerlendiren birçok çalışma literatürde mevcuttur. Elektronik apeks bulucuların kullanma talimatlarına uygun olarak kullanılmasıyla minör forameni tespit etmede oldukça başarılı oldukları bildirmektedir. İki boyutlu radyolojik yöntemlerde minör apikal foramen tespit edilemezken, elektronik apeks bulucuların yardımıyla minör foramenin tespitinin mümkün olduğu belirtilmektedir.^{41,135,136} Campbell ve ark.¹³⁷ , Kaufman ve ark.¹¹³ ,Venturi¹²²,Pascon ark.¹³⁸ ,Herrera ve ark.¹⁰⁶ gibi birçok araştırmacı çalışmalarında elektronik apeks buluculardan elde ettikleri (majör foramen) ölçümlerden 0,5 mm çıkartmışlardır ve bu ölçümü gerçek kanal boyu olarak kabul ederek çalışmalarını kurgulamışlardır. Bizim de çalışmamızda aynı şekilde apikal foramen ile mine sement referans noktası arasında yaptığımız ölçümden 0,5 mm çıkartarak bulunan sonuç gerçek kanal boyu olarak kaydedilmiştir.

Huang¹³⁹ apeks bulucuların etkinliğinin değerlendirilmesinde oral mukoza ve periodontal dokuları taklit edebilen in vitro modellerin kullanılmasını desteklemektedir. Kaufmann ve Katz¹¹³ , Donnelly¹⁴⁰ , Czerw ve ark.¹⁴¹ Meares ve ark.¹⁰² Bodur ve ark.¹⁴² yaptıkları in vitro çalışmalarda periodontal dokuları taklit etmesi amacıyla aljinat modelleri kullanmışlardır. Ucuz ve basit olması, saatlerce bozulmaması ve kök apekslerinin görülmemesi aljinat modelin avantajları arasındadır. Yanlış ölçümlere neden olabilen kök kanalı içerisine sıvı akışı aljinat modelin göreceli sertliği ile önlenmektedir.¹⁴³ Çalışmamızda periodantal dokular ve oral mukozanın elektrik rezistansını taklit etmesi ve doğru sonuçlar vermesi amacıyla elektronik apeks bulucu cihazları aljinat ölçü materyali içine gömülen örnekler üzerinde uygulanmıştır.

Elektronik apeks bulucu cihazların doğru sonuç vermesi için kök kanalının nemli olmasının gerektiğini belirten çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu amaçla yapılan çalışmada sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunu irrigasyon iğnesi ile her bir dişin kök kanalına az miktarda enjekte ederek kanalda iletken bir ortam sağlaması amacıyla uygulamıştır.⁹⁷ Ebrahim ve ark.¹⁴⁴ Dentaport ZX'in farklı çaptaki kök kanal aletlerini kullanarak önceden genişletilmiş kanallarda irrigasyon solüsyonu olarak klorheksidin, sodyum hipoklorit ve EDTA kullanarak elektronik apeks bulucuların doğruluğunu

değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak klorheksidin kullanılan grupta küçük çapta kanal aleti kullanımının normalden daha uzun bir ölçüm yaptığını ancak %5'lik ve %2,5'lik NaOCl ve %17 lik EDTA kullanılmasının küçük çaplı veya büyük çaplı kök kanal aletlerinin doğruluğunu etkilemediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda, klinik uygulamada yaygın olarak kullanılan bir irrigasyon solüsyonu olması ve birçok in vitro çalışmada kök kanalında iletken olarak kullanılması sebebiyle %2.5 konsantrasyonda NaOCl tercih edilmiştir.

Teknolojideki hızlı gelişmelerle birlikte son yıllarda ülkemizde de KIBT'nin diş hekimliğinde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Jeger ve ark.¹⁴⁵ 2012 yılında yaptığı çalışmada KIBT kullanılarak kök kanalının geliştirilmiş görsellerinin elde edilebileceği ve bu sayede gerçek kanal boyu ölçümlerinin artan doğruluk oranında kaydedilebileceğini bildirmiştir. Janner ve ark.¹⁴⁶ KIBT ile elde edilen kanal uzunluğu ölçümlerinin elektronik apeks bulucular ile karşılaştırılabilir doğrulukta sonuçlar verdiğini belirtilmiştir. Kamburoğlu ve ark.¹¹² KIBT sistemleri kullanarak insan kafatası üzerinde yapılan doğrusal ölçümleri karşılaştırdıkları çalışmada ölçümlerin yüksek doğruluk oranında ve tekrar edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda dentomaksillofasiyal bölgedeki ölçümler için KIBT kullanımını önermişlerdir.¹¹² Çalışmamızda bu avantajlarından dolayı üç boyutlu ve güvenilir bir yöntem olan KIBT görüntüleme tekniği kullanılmıştır. Sherrard ve ark.¹⁴⁷ değişen voksel genişliğinde KIBT görüntülerinin diş ve kök boyu ölçümündeki doğruluk ve güvenilirliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, 0,4 mm voksel genişliğinin 0,2 ve 0,3 mm'ye göre daha düşük güvenilirlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda gerçek kanal boyunu belirleyebilmek amacıyla 0,2 mm'lik voksel genişliğinde KIBT görüntüleri elde edilmiştir.

Metska ve ark.¹⁴⁸, 33 adet kesici kesici, küçük azı ve büyük azı dişinin 40 kökü üzerinde, gerçek kanal uzunluğu, KIBT ile elde edilen çalışma boyu ve dijital radyografi kanal boylarını ölçmüş ve karşılaştırmıştır. Molar dişlerinde KIBT'nin dijital radyografiye göre daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamız buna paralel olarak KIBT görüntülerinin periapikal radyografiye oranla daha doğru sonuçlar elde ettiğini göstermektedir. Ancak Tchorz ve ark.¹⁴⁹ yaptıkları çalışmada karmaşık kök kanal anatomisini yansıtmada KIBT'in etkili bir yöntem olmasına rağmen yüksek radyasyon dozundan dolayı endodontik tedavide rutin kök çalışma uzunluğu, ölçümlerinde kullanılmaması gerektiğini belirtirmişlerdir.

Martinez-Lozano ve ark.¹⁵⁰ 2001 yılında apikal sınırı majör foramen olarak referans aldıkları in vitro çalışmada konvansiyonel radyografi, dijital radyografi ve elektronik apeks bulucu yöntemlerini kullanarak kök kanal çalışma uzunluğunu belirlemişler ve gerçek kanal boyu ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar majör foramene $\pm 0,5$ mm uzaklıktaki ölçümleri başarılı ölçüm aralığı olarak belirlemişler ve bu aralıkta majör forameni tespit etme oranlarını RVG için %61,4 ve konvansiyonel radyografi için %50,6 Apit EM-S3 için %67,8 olarak tespit etmişler ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu bulgulara dayanarak üç yöntemin de tam olarak gerçek kanal boyunu tespit edemediği sonucuna varmışlardır. Ancak çalışmamızda elektronik apeks bulucuların kanal boyunu belirlemede başarılı bir yöntem olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın sonuçları Martinez-Lozano ve ark.¹⁵⁰ çalışma sonuçlarıyla uyumlu bulunmamıştır. Aradaki farkın kullandığımız elektronik apeks bulucuların yeni nesil olması ve daha doğru sonuçlar vermesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Çalışmamızda benzer olarak periapikal film kullanılarak ölçülen kanal boyu, elektronik apeks buluculara göre daha düşük doğrulukta sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

Kaufman ve ark.¹¹³ çekilmiş dişler üzerinde iki elektronik apeks bulucu ve konvansiyonel radyografiyle yapılan kök kanal uzunluğu ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada büyüteç altında apikal foramen tespit edilmiş ve kanal egesi majör apikal foramenden görülene kadar ilerletilmiş ve gerçek boy; apikal foramen ile koronal referans noktası arası olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar Root ZX ve Bingo 1020 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Ancak; konvansiyonel radyografi ölçümlerini, her iki elektronik apeks bulucu ve gerçek boy ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur. Araştırmacılar bu bulguların sonucunda elektronik yöntemin radyografik yöntemle göre daha güvenilir olduğu belirtmişlerdir. Çalışmamızın sonuçları bu açıdan Kaufman ve ark.¹¹³ sonuçlarıyla uyumlu bulunarak elektronik apeks bulucuların kullanımının radyografik yöntemden kanal boyu belirlemede daha üstün olduğunu göstermiştir. Kishor¹⁵¹ 35 adet tek köklü dişte yaptığı in vitro çalışmada, çalışma boyunun belirlenmesinde konvansiyonel radyografi, dijital radyografi ve elektronik apeks bulucunun (Formatron D-10, Parkell) doğruluklarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak çalışma uzunluğunun belirlenmesinde her üç yöntemin de eşit seviyede etkili olduğunu fakat yöntemler arasında gerçek kök kanal boyuna en yakın olanının apeks bulucular olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmamızda buna benzer

olarak gerçek çalışma uzunluğuna en yakın olan yöntemin elektronik apeks bulucular olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın sonucu Kishor ve ark. çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Literatür incelendiğinde, çalışmamızda kullandığımız Root ZX mini, Raypex 6 ve Airpex elektronik apeks bulucularının kök kanalı çalışma boyu belirlenmesindeki doğruluklarını karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bundan dolayı, çalışmamızın sonuçları bu açıdan karşılaştırılamamaktadır.

Liang ve ark.¹⁵², kuru insan mandibularında bulunan 198 kök kanalı içeren 162 dişi, KIBT ile çalışma ölçümü yaptıktan sonra, çektikleri dişlerin gerçek kanal uzunluklarını karşılaştırmışlar ve KIBT'nin doğru ve güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Lucena ve ark.¹⁵³ yaptıkları in vitro çalışmada, 150 adet çekilmiş dişte gerçek kanal uzunluğunu elektronik apeks bulucu olarak Raypex 6 ve KIBT kullanarak karşılaştırmışlardır. Raypex 6 ile elde edilen ölçümlerin doğruluğunun KIBT'ye göre daha yüksek olduğunu ve $\pm 0,5$ mm aralığında da Raypex 6'nın daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızın bulgularında KIBT ile Raypex 6 arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Lucena ve ark.'nın¹⁵³ çalışması ile bizim çalışmamızın sonuçları bu açıdan uyumlu bulunamamıştır. Aradaki bu farkın bizim çalışmamızda kullandığımızdan daha büyük voksel genişliğinde KIBT görüntüleri kullanmalarından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Daha büyük voksel genişliğinin uzaysal çözünürlükte azalmayı beraberinde getirdiği ve bunun da anatomik oluşumların konumunun doğru olarak tespit edilebilmesini güçleştirdiği bildirilmektedir.¹⁵⁴ Moscoso ve ark.¹⁵⁵ Raypex 6'nın doğruluğunu %88.22 bulmuş ancak egeyi kök kanalı içerisinde elektronik apeks bulucunun ekranında kırmızı çubuklar yanana kadar ilerletmişlerdir. Bizim çalışmamızda daha yüksek doğruluk çıkmasının sebebinin, üretici firmanın kullanım talimatlarına uygun kullanımından dolayı olduğunu düşünmekteyiz.

Yılmaz ve ark.¹¹² kuru bir mandibula üzerindeki 30 dişte yaptıkları in vitro çalışmada, çalışma boyu belirlemede EAB'lerin, KIBT ve radyografiye göre daha iyi sonuçlar verdiğini ve bu yöntemin gerçek kanal uzunluğu ile yüksek korelasyonda olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kanal boyu uzunluğunu en iyi tespit eden yöntemlerin elektronik apeks bulucular olduğu radyografik görüntüleme yöntemlerinin ise doğruluğunun daha az olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın bulguları, Yılmaz ve ark. çalışmasıyla uyumlu bulunmuştur.

Mahmoud ve ark.¹⁵⁶ yaptığı çalışmada KIBT , Raypex 6, Root ZX , Propex ve periapikal radyografi yöntemleriyle kanal uzunluğu ölçümlerinin doğruluğunu karşılaştırmışlardır. KIBT, Raypex 6, Root ZX, ve Propex arasında anlamlı bir fark olmadığı fakat kanal boyu belirlemede doğruluğu en düşük yöntemin periapikal radyografi olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmamızın sonuçlarına göre ise elektronik apeks bulucu ve KIBT teknikleri arasında çalışma boyunun belirlenmesi açısından anlamlı bir fark bulunmazken, doğruluğu en düşük yöntemin periapikal radyografi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın sonuçları Mahmoud ve ark.¹⁵⁶ çalışma sonuçlarıyla bu açıdan uyumlu bulunmuştur. Gonzales Rodriguez ve ark.¹⁵³ yaptıkları in vitro çalışmada Raypex ile yapılan kanal boyu ölçümünün %95 oranında doğru sonuç verdiği, KIBT’de ise bu oranın daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır.¹⁵³ Çalışmamızda Raypex 6 ile yapılan kanal uzunluğu ölçümlerinin KIBT’ye göre daha doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmamızın sonuçları Gonzales-Rodriguez ve ark. çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Janner ve ark.¹⁵⁷ yaptığı gerçek kanal boyu ve KIBT ile ölçülen kök kanal boyunu karşılaştırıldığı çalışmada KIBT ile ölçülen kanal boyunun yüksek doğruluk seviyesinde olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmamızın sonuçlarında da buna benzer şekilde, KIBT ile ölçülen kanal boyunun daha doğru olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, KIBT ile elde edilen çalışma boylarının ortalama değerleri gerçek kanal boylarının ortalama değerlerinden daha kısadır. Gerçek kanal uzunluğu ile KIBT ölçümleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olsa bile ($p>0,05$) bu bulgu, Lascale ve ark.’nın¹⁵⁸ , KIBT ölçümlerinin her zaman gerçek uzunluktan daha kısa olduğunu bildiren çalışmalarıyla ve literatürde çalışma boyu belirlenmesinde KIBT ile elde edilen ölçümlerin gerçek kanal uzunluğundan daha kısa olma eğiliminde olduğunu bildiren çalışmalarla benzerlik göstermektedir.^{158,159}

Segato ve ark.¹⁶⁰ yaptıkları çalışmalarında, EAB ile yapılan kanal boyu ölçümlerinin KIBT ile yapılan ölçümlere oranla anlamlı derecede düşük olduğunu, $\pm 0,5$ mm aralığında KIBT ile EAB’nin birlikte kullanılmasının (%80) yalnızca KIBT kullanılmasına (%73,3) oranla gerçek kanal boyuna daha yakın sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Çalışmamızın sonuçlarında da buna benzer şekilde KIBT ölçümleri ve EAB ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmasa da KIBT ölçümlerinin EAB’ya göre daha düşük doğrulukta sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üç farklı elektronik apeks bulucu, periapikal radyografi ve konik ışınli bilgisayarlı tomografinin kök kanal tedavisinde çalışma uzunluğu belirlemede doğruluğunun in vitro değerlendirmesinin yapıldığı bu çalışmada;

Apeks bulucular üretici firmanın önerileri doğrultusunda kullanıldığında; minör foramenin (gerçek kanal uzunluğunu) belirlenmesinde başarılı bulunmuştur.

Periapikal radyografi ile belirlenen çalışma uzunluğu belirleme yöntemi, EAB ve KIBT ile elde edilen çalışma uzunluğu belirleme yönteminden istatistiksel olarak daha yanlış ölçtüğü bulunmuştur.

Çalışma boyunu belirlemede, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmasa da elektronik yöntemin KIBT ile kanal boyu belirleme yöntemine göre daha yüksek doğruluğa sahip olduğu gözlendi. Kök kanal tedavisinin başlangıcından bitişine kadar pek çok kez radyografi alınma gerekliliği bulunduğundan en azından çalışma boyu belirleme aşamasında elektronik apeks bulucuların kullanılmasının hastaya verilecek radyasyonu azaltmak açısından doğru bir yaklaşım olacağını düşünmekteyiz.

KIBT'nin çalışma boyunu tespit etmede başarılı olduğu gözlendi. Periapikal radyografiye göre daha yüksek radyasyon dozu içermesi ve elektronik yöntemle anlamlı bir farklılık göstermemesi nedeniyle kök kanal tedavisinde çalışma boyu belirleme aşamasında KIBT alınması gerekli bulunmadığını ancak daha önceden hastadan alınmış olan KIBT görüntüleri bulunuyorsa, bu görüntüler üzerinde çalışma boyu belirlenerek kök kanal tedavisinin uygulanabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışma boyunun belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden herhangi birinin yalnız başına kullanılması yerine, vakaya göre birkaç yöntemin bir arada kullanımını hata düzeyini düşürmek açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- (1) Nekoofar M H. Electronic apex locators. *International endodontic journal*. 2005; 38 (6): 417-8; author reply 18.
- (2) Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International endodontic journal*. 1998; 31 (6): 394-409.
- (3) DUMMER P M, McGINN J H, REES D G. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*. 1984; 17 (4): 192-98.
- (4) Neelakantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao C V, Gutmann J L. Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of maxillary first and second molars in an Indian population. *Journal of endodontics*. 2010; 36 (10): 1622-27.
- (5) Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *The Journal of the American Dental Association*. 1955; 50 (5): 544-52.
- (6) Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1972; 33 (1): 101-10.
- (7) Van Pham K, Khuc N K. The accuracy of endodontic length measurement using cone-beam computed tomography in comparison with electronic apex locators. *Iranian Endodontic Journal*. 2020; 15 (1): 12-17.
- (8) Nekoofar M, Ghandi M, Hayes S, Dummer P. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International endodontic journal*. 2006; 39 (8): 595-609.
- (9) Martins J N, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *Journal of endodontics*. 2014; 40 (6): 759-77.
- (10) Nudera W J. Three-dimensional evaluation of internal tooth anatomy. *3D Imaging in Endodontics*: Springer; 2016. pp 53-73.
- (11) Khademi J A, Carr G B, Schwartz R S, Trudeau M: *Advanced CBCT for endodontics: technical considerations, perception, and decision-making*; Quintessence Publishing Company, 2019.
- (12) Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*. 1990; 16 (10): 498-504.
- (13) Katz A, Tamse A, Kaufman A Y. Tooth length determination: a review. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1991; 72 (2): 238-42.
- (14) Stein T J, Corcoran J F. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1990; 69 (2): 238-42.

- (15) Kartal N, Özçelik B, Cimilli H. Root canal morphology of maxillary premolars. *Journal of endodontics*. 1998; 24 (6): 417-19.
- (16) Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1956; 9 (11): 1224-32.
- (17) Weine F, Smulson M, Herschman J. *Endodontic therapy*. ed. St. Louis: Mosby. 1996; 640641.
- (18) Ponce E H, Fernández J A V. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *Journal of endodontics*. 2003; 29 (3): 214-19.
- (19) van der Stelt P F. Principles of digital imaging. *Dental clinics of north America*. 2000; 44 (2): 237-48, v.
- (20) Langeland K: *Tissue changes in the dental pulp: an experimental histologic study*; Norwegian Institute of Dental Research, 1957.
- (21) White E. Paper point in mental foramen: report of a case. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1968; 25 (4): 630-32.
- (22) Talesara K, Khatri M. Working length determination with two contrasting techniques- Radiographs and Two electronic apex locators. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*. 2018; 6 (8).
- (23) Cohen S, Burn R. Pathways of the pulp. 6 6. Cohen S, Burn RC. Pathways of the pulp. 6th ed. St Louis: Mosby. 1994 211-12.
- (24) Cox V S, Brown Jr C E, Bricker S L, Newton C W. Radiographic interpretation of endodontic file length. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1991; 72 (3): 340-44.
- (25) DAssunção F L C, de Albuquerque D S, de Queiroz Ferreira L C. The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. *Journal of endodontics*. 2006; 32 (6): 560-62.
- (26) Rosenberg D B. The paper point technique: Part 1. *Dentistry today*. 2003; 22 (2): 80-87.
- (27) Simon S, Machtou P, Adams N, Tomson P, Lumley P. Apical limit and working length in endodontics. *Dental update*. 2009; 36 (3): 146-53.
- (28) Stock C. Endodontics--position of the apical seal. *British dental journal*. 1994; 176 (9): 329.
- (29) Paik S, Sechrist C, Torabinejad M. Levels of evidence for the outcome of endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 2004; 30 (11): 745-50.

- (30) Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *Journal of endodontics*. 2010; 36 (11): 1753-56.
- (31) Ludlow J B, Platin E, Mol A. Characteristics of Kodak Insight, an F-speed intraoral film. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2001; 91 (1): 120-29.
- (32) Brown R, Hadley J N, Chambers D W. An evaluation of Ektaspeed Plus film versus Ultraspeed film for endodontic working length determination. *Journal of endodontics*. 1998; 24 (1): 54-56.
- (33) Sheaffer J C, Eleazer P D, Scheetz J P, Clark S J, Farman A G. A comparison of D-, E-, and F-speed conventional intraoral radiographic films in endodontic measurement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002; 93 (3): 337-40.
- (34) Sheaffer J C, Eleazer P D, Scheetz J P, Clark S J, Farman A G. Endodontic measurement accuracy and perceived radiograph quality: effects of film speed and density. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003; 96 (4): 441-48.
- (35) Brettle D S, Workman A, Ellwood R, Launders J, Horner K, Davies R. The imaging performance of a storage phosphor system for dental radiography. *The British journal of radiology*. 1996; 69 (819): 256-61.
- (36) Scarfe W, Potter B, Farman A. Effects of instruction on the knowledge, attitudes and beliefs of dental students towards digital radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1996; 25 (2): 103-08.
- (37) Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter J P. Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1989; 68 (2): 238-42.
- (38) Borg E, Attaelmanan A, Gröndahl H-G. Image plate systems differ in physical performance. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2000; 89 (1): 118-24.
- (39) Hildebolt C F, Couture R A, Whiting B R. Dental photostimulable phosphor radiography. *Dental Clinics of North America*. 2000; 44 (2): 273-97, vi.
- (40) Parks E T, Williamson G F. Digital radiography: an overview. *J Contemp Dent Pract*. 2002; 3 (4): 23-39.
- (41) Van der Stelt P. In *Tilte* 2002.
- (42) Petrikowski C G. Introducing digital radiography in the dental office: an overview. *Journal of the Canadian Dental Association*. 2005; 71 (9).

- (43) Berkhout E, Sanderink G, van der Stelt P. Digital intra-oral radiography in dentistry. Diagnostic efficacy and dose considerations. *Oral radiology*. 2003; 19 (1): 1-13.
- (44) Miles D A. Imaging using solid-state detectors. *Dental Clinics of North America*. 1993; 37 (4): 531-40.
- (45) Nair M K, Nair U P. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *Journal of endodontics*. 2007; 33 (1): 1-6.
- (46) Wakoh M, Kuroyanagi K. Digital imaging modalities for dental practice. *The Bulletin of Tokyo Dental College*. 2001; 42 (1): 1-14.
- (47) Versteeg C, Sanderink G, Van Der Stelt P. Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. *Journal of dentistry*. 1997; 25 (3-4): 215-24.
- (48) Bushong S C: *Radiologic Science for Technologists E-Book: Physics, Biology, and Protection*; Elsevier Health Sciences, 2020.
- (49) Olson A, Goering A, Cavataio R, Luciano J. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *International Endodontic Journal*. 1991; 24 (1): 28-35.
- (50) Levy A, Glatt L. Deviation of the apical foramen from the radiographic apex. *The Journal of the New Jersey State Dental Society*. 1970; 41 (8): 12-13.
- (51) Patel S, Dawood A, Ford T P, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International endodontic journal*. 2007; 40 (10): 818-30.
- (52) Marmulla R, Wortche R, Muhling J, Hassfeld S. Geometric accuracy of the NewTom 9000 cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2005; 34 (1): 28-31.
- (53) Protection S R: *Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines A report prepared by the SEDENTEXCT project*. 2011.
- (54) Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *International endodontic journal*. 2007; 40 (9): 730-37.
- (55) Halazonetis D J. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005; 127 (5): 627-37.
- (56) Scarfe W C, Farman A G, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association*. 2006; 72 (1): 75.
- (57) Cotton T P, Geisler T M, Holden D T, Schwartz S A, Schindler W G. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of endodontics*. 2007; 33 (9): 1121-32.

- (58) Chan H J, Woods M, Stella D. Three-dimensional computed craniofacial tomography (3D-CT): potential uses and limitations. *Australian orthodontic journal*. 2007; 23 (1): 55-64.
- (59) Frush D P, Donnelly L F, Rosen N S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics*. 2003; 112 (4): 951-57.
- (60) Song C-K, Chang H-S, Min K-S. Endodontic management of supernumerary tooth fused with maxillary first molar by using cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*. 2010; 36 (11): 1901-04.
- (61) Vertucci F J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1984; 58 (5): 589-99.
- (62) Sarment D: *Cone beam computed tomography: oral and maxillofacial diagnosis and applications*; John Wiley & Sons, 2013.
- (63) Özer S Y. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *Journal of endodontics*. 2010; 36 (7): 1245-49.
- (64) Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. *International endodontic journal*. 2009; 42 (9): 831-38.
- (65) de Paula-Silva F W G, Wu M-K, Leonardo M R, da Silva L A B, Wesselink P R. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *Journal of endodontics*. 2009; 35 (7): 1009-12.
- (66) Vieira A R, Siqueira Jr J F, Ricucci D, Lopes W S. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *Journal of endodontics*. 2012; 38 (2): 250-54.
- (67) Edlund M, Nair M K, Nair U P. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *Journal of endodontics*. 2011; 37 (6): 768-72.
- (68) Matherne R P, Angelopoulos C, Kulild J C, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *Journal of endodontics*. 2008; 34 (1): 87-89.
- (69) Suter V G, Büttner M, Altermatt H J, Reichart P A, Bornstein M M. Expansive nasopalatine duct cysts with nasal involvement mimicking apical lesions of endodontic origin: a report of two cases. *Journal of endodontics*. 2011; 37 (9): 1320-26.

- (70) Bornstein M M, Wiest R, Balsiger R, Reichart P A. Anterior Stafne's bone cavity mimicking a periapical lesion of endodontic origin: report of two cases. *Journal of endodontics*. 2009; 35 (11): 1598-602.
- (71) Bornstein M M, Wölner-Hanssen A B, Sendi P, Von Arx T. Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dental Traumatology*. 2009; 25 (6): 571-77.
- (72) Costa F F, Gaia B F, Umetsubo O S, Cavalcanti M G P. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *Journal of endodontics*. 2011; 37 (10): 1456-59.
- (73) Kim E, Kim K-D, Roh B-D, Cho Y-S, Lee S-J. Computed tomography as a diagnostic aid for extracanal invasive resorption. *Journal of endodontics*. 2003; 29 (7): 463-65.
- (74) Da Silveira H, Silveira H, Liedke G, Lermen C, Dos Santos R, De Figueiredo J. Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2007; 36 (7): 393-96.
- (75) Hahn W, Fricke-Zech S, Fricke J, Gruber R M, Dullin C, Zapf A, Hannig C, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R. Detection and size differentiation of simulated tooth root defects using flat-panel volume computerized tomography (fpVCT). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009; 107 (2): 272-78.
- (76) Pigg M, Chronic intraoral pain-assessment of diagnostic methods and prognosis, Malmö University, Faculty of Odontology, 2011.
- (77) Pasqualini D, Scotti N, Ambrogio P, Alovisi M, Berutti E. Atypical facial pain related to apical fenestration and overfilling. *International endodontic journal*. 2012; 45 (7): 670-77.
- (78) Polycarpou N, Ng Y L, Canavan D, Moles D, Gulabivala K. Prevalence of persistent pain after endodontic treatment and factors affecting its occurrence in cases with complete radiographic healing. *International endodontic journal*. 2005; 38 (3): 169-78.
- (79) Bornstein M M, Wasmer J, Sendi P, Janner S F, Buser D, Von Arx T. Characteristics and dimensions of the Schneiderian membrane and apical bone in maxillary molars referred for apical surgery: a comparative radiographic analysis using limited cone beam computed tomography. *Journal of endodontics*. 2012; 38 (1): 51-57.
- (80) Pokorny A, Tataryn R. In *Tilte* 2013; Wiley Online Library.
- (81) Huybrechts B, Bud M, Bergmans L, Lambrechts P, Jacobs R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. *International endodontic journal*. 2009; 42 (8): 675-85.

- (82) Üreyen Kaya B, Keçeci A D, Yaran A. Endodontide Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Uygulama Alanları. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2012; 33 (1): 21-31.
- (83) Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. Jpn J Stomatology. 1942; 16411-29.
- (84) Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. Journal of dental research. 1962; 41 (2): 375-87.
- (85) Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. Journal of endodontics. 2002; 28 (2): 83-85.
- (86) Tınaz A C, Sevimli L S, Görgül G, Türköz E G. The effects of sodium hypochloride concentrations on the accuracy of an apex locating device. Journal of endodontics. 2002; 28 (3): 160-62.
- (87) TINAZ C. Kanal tedavisinde çalışma boyutu. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2001; 18 (1): 31-37.
- (88) Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. International endodontic journal. 2004; 37 (7): 425-37.
- (89) Kim E, Lee S-J. Electronic apex locator. Dental Clinics. 2004; 48 (1): 35-54.
- (90) Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. Journal of the Canadian Dental Association. 1973; 39 (9): 630-36.
- (91) Keller M E, Brown Jr C E, Newton C W. A clinical evaluation of the Endocater—an electronic apex locator. Journal of Endodontics. 1991; 17 (6): 271-74.
- (92) Christie W, Peikoff M, Hawrish C. Clinical observations on a newly designed electronic apex locator. Journal (Canadian Dental Association). 1993; 59 (9): 765-72.
- (93) Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. Dentistry in Japan. 1990; 27 (1): 65-72.
- (94) Frank A L, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. Journal of Endodontics. 1993; 19 (4): 177-79.
- (95) Pascon E, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani M. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. International Endodontic Journal. 2009; 42 (11): 1026-31.
- (96) BUDAK N. ELEKTRONİK KÖK KANAL UZUNLUĞU ÖLÇÜM CİHAZLARI. Aydın Dental Journal. 3 (2): 49-60.
- (97) Bhatt A, Gupta V, Rajkumar B, Arora R. Working Length Determination-The soul of Root Canal Therapy a Review. International Journal of Dental and Helt Sciences. 2015; 2 (1): 105-15.

- (98) Dunlap C A, Remeikis N A, BeGole E A, Rauschenberger C R. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *Journal of Endodontics*. 1998; 24 (1): 48-50.
- (99) Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *International endodontic journal*. 2004; 37 (2): 125-31.
- (100) Mayeda D L, Simon J H, Aimar D F, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *Journal of endodontics*. 1993; 19 (11): 545-48.
- (101) Jenkins J A, Walker III W A, Schindler W G, Flores C M. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*. 2001; 27 (3): 209-11.
- (102) Meares W A, Steiman H R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 2002; 28 (8): 595-98.
- (103) Azabal M, Garcia-Otero D, De la Macorra J. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International endodontic journal*. 2004; 37 (3): 174-77.
- (104) Kaufman A Y, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor—case study of a new method. *Journal of endodontics*. 1989; 15 (6): 267-72.
- (105) Nguyen H, Kaufman A, Komorowski R, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *International Endodontic Journal*. 1996; 29 (6): 359-64.
- (106) Herrera M, Ábalos C, Planas A J, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *Journal of endodontics*. 2007; 33 (8): 995-98.
- (107) Kielbassa A M, Muller U, Munz I, Monting J S. Clinical evaluation of the measuring accuracy of ROOT ZX in primary teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003; 95 (1): 94-100.
- (108) Mente J, Seidel J, Buchalla W, Koch M. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *International Endodontic Journal*. 2002; 35 (5): 447-52.
- (109) Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseño-Marroquín B. The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. *Journal of endodontics*. 2008; 34 (12): 1497-99.

- (110) Alves A, Felipe M, Felipe W, Rocha M. Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *International endodontic journal*. 2005; 38 (10): 718-24.
- (111) Srivastava V, Jain N, Bagchi S, Negi M P S. Evaluation of the use of sixth generation apex locators as a diagnostic tool to detect root perforations. *International Journal of Dental and Medical Specialty*. 2015; 2 (4): 10-14.
- (112) Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic working length measurement using cone-beam computed tomographic images obtained at different voxel sizes and field of views, periapical radiography, and apex locator: a comparative ex vivo study. *Journal of endodontics*. 2017; 43 (1): 152-56.
- (113) Kaufman A, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *International endodontic journal*. 2002; 35 (2): 186-92.
- (114) Wu M-K, Wesselink P R, Walton R E. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2000; 89 (1): 99-103.
- (115) Wrbas K, Ziegler A, Altenburger M, Schirrmeister J. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2007; 40 (2): 133-38.
- (116) Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jimenez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *Journal of endodontics*. 2011; 37 (9): 1306-09.
- (117) Akisue E, Gratieri S D, Barletta F B, Caldeira C L, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *Journal of endodontics*. 2014; 40 (1): 109-12.
- (118) Gehlot P M, Manjunath V, Manjunath M K. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files. *Restorative dentistry & endodontics*. 2016; 41 (1): 6-11.
- (119) Silva E, Herrera D, Souza-Júnior E, Rosa T. Evaluation of the multifrequency electronic apex locator Joypex 5 in primary teeth. *European archives of paediatric dentistry*. 2014; 15 (1): 51-54.
- (120) Bernardes R A, Duarte M A, Vasconcelos B C, Moraes I G, Bernardineli N, Garcia R B, Baldi J V, Victorino F R, Bramante C M. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007; 104 (4): e91-e94.

- (121) Lucena-Martin C, Robles-Gijon V, Ferrer-Luque C, de Mondelo J N-R. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *Journal of Endodontics*. 2004; 30 (4): 231-33.
- (122) Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. *International Endodontic Journal*. 2007; 40 (5): 362-73.
- (123) Welk A R, Baumgartner J C, Marshall J G. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *Journal of Endodontics*. 2003; 29 (8): 497-500.
- (124) Tselnik M, Baumgartner J C, Marshall J G. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *Journal of endodontics*. 2005; 31 (7): 507-09.
- (125) Zeren A E, Şaziye S. Süt dişlerinde kanal çalışma boyu ölçümünde kullanılan güncel yöntemler: dijital radyografi ve elektronik apeks bulucular. *Acta Odontologica Turcica*. 2014; 31 (1): 49-53.
- (126) Neena I, Ananthraj A, Praveen P, Karthik V, Rani P. Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in root length determination of primary teeth. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2011; 29 (4): 300.
- (127) Andreasen F M, Andreasen J O. Diagnosis of luxation injuries: the importance of standardized clinical, radiographic and photographic techniques in clinical investigations. *Endod Dent Traumatol*. 1985; 1 (5): 160-9.
- (128) Tidmarsh B G. Radiographic interpretation of endodontic lesions--a shadow of reality. *Int Dent J*. 1987; 37 (1): 10-5.
- (129) Menten A, Gencoglu N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002; 93 (1): 88-91.
- (130) Forsberg J. Estimation of the root filling length with the paralleling and bisecting-angle techniques performed by undergraduate students. *Int Endod J*. 1987; 20 (6): 282-6.
- (131) ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod*. 2001; 27 (1): 49-52.
- (132) ElAyouti A, Weiger R, Löst C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod*. 2002; 28 (2): 116-9.
- (133) McDonald N J. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am*. 1992; 36 (2): 293-307.
- (134) Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J*. 2004; 37 (2): 125-31.

- (135) Ellingsen M A, Harrington G W, Hollender L G, Odont D. Radiovisiography versus conventional radiography for detection of small instruments in endodontic length determination. Part 1. In vitro evaluation. *Journal of endodontics*. 1995; 21 (6): 326-31.
- (136) Gutierrez J H, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1995; 79 (6): 769-77.
- (137) Campbell D, Friedman S, Nguyen H, Kaufman A, Keila S. Apical extent of rotary canal instrumentation with an apexlocating handpiece in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1998; 85 (3): 319-24.
- (138) Pascon E Á, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani M A. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009; 108 (3): e147-e51.
- (139) Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *Journal of endodontics*. 1987; 13 (2): 60-64.
- (140) Donnelly J C. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of endodontics*. 1993; 19 (11): 579-80.
- (141) Czerw R J, Fulkerson M S, Donnelly J C. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics*. 1994; 20 (12): 605-06.
- (142) Bodur H, Odabaş M, Tulunoğlu Ö, Tinaz A C. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clinical Oral Investigations*. 2008; 12 (2): 137-41.
- (143) Fouad A F, Krell K V, McKendry D J, Koorbusch G F, Olson R A. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *Journal of Endodontics*. 1990; 16 (9): 446-49.
- (144) Ebrahim A, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Australian dental journal*. 2007; 52 (3): 193-97.
- (145) Jeger F B, Janner S F, Bornstein M M, Lussi A. Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study. *J Endod*. 2012; 38 (7): 884-8.
- (146) Janner S F, Jeger F B, Lussi A, Bornstein M M. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J Endod*. 2011; 37 (8): 1046-51.

- (147) Sherrard J F, Rossouw P E, Benson B W, Carrillo R, Buschang P H. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010; 137 (4): S100-S08.
- (148) Metska M E, Liem V M L, Parsa A, Koolstra J H, Wesselink P R, Ozok A R. Cone-beam computed tomographic scans in comparison with periapical radiographs for root canal length measurement: an in situ study. *Journal of endodontics*. 2014; 40 (8): 1206-09.
- (149) Tchorz J, Wrbas K, Von See C, Vach K, Patzelt S. Accuracy of software-based three-dimensional root canal length measurements using cone-beam computed tomography. *European endodontic journal*. 2019; 4 (1): 28.
- (150) Martinez-Lozano M, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés J, Llana-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *International Endodontic Journal*. 2001; 34 (5): 371-76.
- (151) Kishor K. Comparison of working length determination using apex locator, conventional radiography and radiovisiography: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2012; 13 (4): 550-3.
- (152) Liang Y-H, Jiang L, Chen C, Gao X-J, Wesselink P R, Wu M-K, Shemesh H. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. *Journal of endodontics*. 2013; 39 (12): 1607-10.
- (153) Lucena C, López J, Martín J, Robles V, González-Rodríguez M. Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. *International endodontic journal*. 2014; 47 (3): 246-56.
- (154) Mallya S M. Principles of cone beam computed tomography. *3D Imaging in Endodontics*: Springer; 2016. pp 1-14.
- (155) Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. 2014; 19 (2): e202.
- (156) Mahmoud O, Awad Abdelmagied M H, Dandashi A H, Jasim B N, Tawfik Kayali H A, Al Shehadat S. Comparative Evaluation of Accuracy of Different Apex Locators: Propex IQ, Raypex 6, Root ZX, and Apex ID with CBCT and Periapical Radiograph—In Vitro Study. *International Journal of Dentistry*. 2021; 2021.
- (157) Janner S F, Jeger F B, Lussi A, Bornstein M M. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *Journal of endodontics*. 2011; 37 (8): 1046-51.

- (158) Lascala C, Panella J, Marques M. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofacial Radiology*. 2004; 33 (5): 291-94.
- (159) Michetti J, Georgelin-Gurgel M, Mallet J-P, Diemer F, Boulanouar K. Influence of CBCT parameters on the output of an automatic edge-detection-based endodontic segmentation. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2015; 44 (8): 20140413.
- (160) Segato A V K, Piasecki L, Nuñovero M F I, da Silva Neto U X, Westphalen V P D, Gambarini G, Carneiro E. The accuracy of a new cone-beam computed tomographic software in the preoperative working length determination ex vivo. *Journal of endodontics*. 2018; 44 (6): 1024-29.

EKLER



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/551

28.08.2020

Sayın Prof. Dr. Hikmet AYDEMİR

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **Kök kanal tedavisinde kanal boylarının tespitinde kullanılan farklı apeks bulucuların doğruluğunun periapikal radyografi ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi** başlıklı OMÜ KAEK 2020/520 Karar nolu nitelikli araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, Klinik Araştırmalar Etik kurulu yönergesine göre 27.08.2020 tarihli Etik Kurulumuzda incelenmiş etik açıdan uygun bulunmuştur. Ancak araştırma bütçesinin maddi desteği henüz sağlanamadığından projeye bütçe desteği sağlanıp, tarafımıza bildirilmesinden sonra başlanmasına oy birliği ile karar verilmiştir

Bilgilerinize arz/rica ederim.

Prof.Dr.Ramis ÇOLAK
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı