



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**ÇALIŞMA BOYU TESPİTİNDE KULLANILAN
FARKLI ELEKTRONİK APEKS BULUCULARIN
BAŞLANGIÇ YIKAMA SOLÜSYONLARI
DEĞİŞTİRİLEREK DOĞRULUKLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR

2021



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**ÇALIŞMA BOYU TESPİTİNDE KULLANILAN
FARKLI ELEKTRONİK APEKS BULUCULARIN
BAŞLANGIÇ YIKAMA SOLÜSYONLARI
DEĞİŞTİRİLEREK DOĞRULUKLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR

2021

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri

Koordinatörlüğünce desteklenmektedir.

Proje No:19013



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



ONAY

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık öğrencisi Dt. Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI'nın hazırladığı “*Çalışma Boyu Tespitinde Kullanılan Farklı Elektronik Apeks Bulucuların Başlangıç Yıkama Solüsyonları Değiştirilerek Doğruluklarının Karşılaştırılması*” başlıklı uzmanlık tezi kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek **başarısız** / **başarılı** bulunmuştur.

Tarih: 18/01/2021

Teslim Eden: Dt. Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI

Danışman: Prof. Dr. Sadullah KAYA

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan: Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL

Üye: Prof. Dr. Sadullah KAYA

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Seda FALAKALOĞLU

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA

Yukarıdaki imzalar tasdik olunur.

18/01/2021

Prof. Dr. Belgin GÜLSÜN
Dicle Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekan V.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve tezimi Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim.

18.01.2021

Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösterici olan ve tez çalışması süresince her konuda yardımcı olan değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Sadullah KAYA'ya,

Eğitimim süresince emeği geçen ve her daim engin fikirlerine ihtiyaç duyduğum Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL'e,

Uzmanlık eğitimim süresinde bilgi ve becerisiyle bana ışık tutan ve tezimin düzenlenmesinde yardımlarını eksik etmeyen kıymetli arkadaşım ve hocam Dr. Öğr. Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA'ya,

Uzmanlık eğitimimde her daim yanımda olan, bilgi ve becerisiyle bana ışık tutan ve tezimin yazılmasında ve düzenlenmesinde yardımlarını eksik etmeyen canım arkadaşım Uzm. Dt. Hafize KILIÇ'A,

Tezimin baştan sona her aşamasında benden desteğini ve emeklerini esirgemeyen, çok sevgili eşim Dr. Ali Serkan AVCI'ya,

Tezimin baştan sona her aşamasında bana köstek olan canım oğlum Arin Yağız AVCI'YA,

Hayatım boyunca bana olan ilgi ve sevgilerini eksik etmeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan babam Celal TELLİOĞLU, annem Lütfiye TELLİOĞLU, kardeşlerim Haydar, Nefel, Filinta Rozerin ve Ahmet Can'a,

Bölümdeki tüm mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	İ
TEŞEKKÜR.....	İİ
SEMBOLLER/ KISALTMALAR.....	VI
RESİMLER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
ÖZET.....	1
ABSTRACT	3
1. GİRİŞ VE AMAÇ	5
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. Kök Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Önemli Anatomik Noktalar	7
2.1.1. Anatomik apeks – radyolojik apeks	7
2.1.2. Dentin-sement birleşimi	7
2.1.3. Apikal foramen (Major foramen)	8
2.1.4. Apikal daralım (Minör foramen)	9
2.2. Çalışma Uzunluğunun Önemi	11
2.3. Kural Genişletmenin Önemi	12
2.4. Çalışma Uzunluğu Tespit Yöntemleri	12
2.4.1. El hassasiyeti	13
2.4.2. Kağıt konların nemliliğinin değerlendirilmesi	13
2.4.3. Radyografik yöntem	14
2.4.4. Elektronik yöntem (Elektronik apeks bulucu-EAB)	15
2.5. Elektronik Apeks Bulucuların Çalışma Prensipleri	16

2.6. Elektronik Apek Bulucuların Tarihçesi	17
2.7. Elektronik Apeks Bulucuların Nesil Sınıflaması	18
2.7.1. Birinci nesil apeks bulucular (Rezistans tip)	18
2.7.2. İkinci nesil apeks bulucular (Empedans tip).....	19
2.7.3. Üçüncü nesil apeks bulucular (Frekans tip)	21
2.7.4. Dördüncü nesil apeks bulucular (Orantı tip)	23
2.8. Endodontide Elektronik Apeks Bulucu Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları	24
2.9. Elektronik Apeks Bulucuların Kullanım Alanları	25
2.10. Elektronik Apeks Bulucuların Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler	26
2.10.1. Apikal foramenin ve kullanılan kanal aletinin çapı.....	26
2.10.2. Pulpa vitalitesi	27
2.10.3. Elektro-iletken solüsyonlar ve doku sıvıları	28
2.10.4. Perforasyonlar, kök kırıkları ve rezorpsiyonlar	28
2.10.5. Değişik metal tiplerinin etkisi.....	29
2.10.6. Kök kanal tedavisi tekrarı.....	29
2.10.7. Süt dişlerinde elektronik apeks bulucu kullanımı.....	30
2.11. Elektronik Apeks Bulucular ile Yapılan İn vivo ve İn vitro Çalışmalar	30
2.12.Çalışmada Kullanılan Elektronik Apeks Bulucular	32
2.12.1. Root ZX Mini	32
2.12.2. Raypex 6.....	33
2.12.3. Propex Pixi	34
2.12.4. E-Pex Pro.....	35
2.13. Endodontide İrrigasyonun Önemi	36
2.13.1. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları.....	39
2.13.1.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)	39
2.13.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)	41
3. GEREÇ VE YÖNTEM	45
3.1. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması	45
3.2. Gerçek Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi.....	46
3.3. Elektronik Olarak Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi.....	49
3.4. İstatistiksel Analiz	53
4. BULGULAR	55

5. TARTIŞMA	63
6. SONUÇLAR	69
7. KAYNAKLAR.....	70
8. EKLER.....	82
9. ORJİNALLİK RAPORU	83
10. ÖZGEÇMİŞ.....	84



SEMBOLLER/ KISALTMALAR

° : derece

Ni-Ti: Nikel Titanyum

ml: Mililitre

gr: Gram

mm: Milimetre

ark.: Arkadaşları

NaOCl: Sodyum hipoklorit

dk: Dakika

s: saniye

p: istatistiksel anlamlılık

%: Yüzde

SPSS: Statistical Package for Social Sciences

NaCl: Sodyum klorür

EDTA: Etilen Diamin Tetraasetik Asit

μA: Mikroamper

μm: Mikrometre

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Tanıtılan ilk EAB The Root Canal Meter.....	29
Resim 2: 1971 yılında Inoue tarafından kullanıma sunulan Sono-Explorer.....	30
Resim 3: Endex elektronik apeks bulucu.....	32
Resim 4: Modern elektronik apeks bulucular Root ZX Mini ve Raypex 6.....	34
Resim 5: Çalışmada kullanılan Root ZX Mini elektronik apeks bulucu.....	43
Resim 6: Çalışmada kullanılan Raypex 6 elektronik apeks bulucu.....	44
Resim 7: Çalışmada kullanılan Propex Pixi elektronik apeks bulucu.....	45
Resim 8: Çalışmada kullanılan E-Pex Pro elektronik apeks bulucu.....	46
Resim 9: Çalışmada kullanılan NaOCl.....	49
Resim 10: Çalışmada kullanılan EDTA.....	51
Resim 11: Çalışmada kullanılan dişler.....	55
Resim 12: Dişlerden alınan radyografi.....	56
Resim 13: Çalışmada kullanılan stereomikroskop.....	57
Resim 14: Stereomikroskop görüntüsü.....	57
Resim 15: Çalışmada kullanılan dijital kumpas.....	58
Resim 16: Dişlerin belirlenen gerçek kök kanal boyları.....	59
Resim 17: Root ZX Mini cihazı ile ölçüm.....	60
Resim 18: Raypex 6 cihazı ile ölçüm.....	61
Resim 19: Propex Pixi cihazı ile ölçüm.....	62
Resim 20: E-Pex Pro cihazı ile ölçüm.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Apikal foramenin pozisyonu: A. Bir dişin kök ucu B. Genç bir insan dişinin kök ucu C. Yaşlı bir insan dişinin kök ucu (12).....	8
Şekil 2: Tip 1: Tek bir daralım bölgesi gösteren, Tip 2: Açılı bir daralım gösteren, Tip C: Birçok daralım bölgesi gösteren, Tip D. Paralel bir daralım gösteren	11
Şekil 3:Cihazlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık	61
Şekil 4: Solüsyonlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından cihazlar arasındaki farklılık.....	62



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Cihaz ve solüsyonlara ilişkin frekans dağılım tablosu	55
Tablo 2: Cihazlarda ölçümler ve gerçek uzunluk değerleri bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık	56
Tablo 3: Solüsyonlarda ölçümler ve gerçek uzunluk değerleri bakımından cihazlar arasındaki farklılık	57
Tablo 4: Gerçek uzunluk ve ölçüm değerleri arasındaki ilişki	58
Tablo 5: Cihazlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık	59
Tablo 6: Solüsyonlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından cihazlar arasındaki farklılık.....	61



ÖZET

Çalışma Boyu Tespitinde Kullanılan Farklı Elektronik Apeks Bulucuların Başlangıç Yıkama Solüsyonları Değiştirilerek Doğruluklarının Karşılaştırılması

Güliz Rana Tellioglu Avcı

Danışman: Sadullah KAYA

Endodonti Anabilim Dalı

Amaç:

Kök kanal tedavisinin başarılı olmasında en büyük etkenlerden biri endodontik tedavinin kök ucundaki minör apikal daralımda bitirilmesidir. Bu bölgenin tespiti çeşitli yöntemlerle sağlanmaktadır. Bunlardan biri de elektronik apeks bulucu kullanılmasıdır.

Bu çalışmanın amacı Morita Root ZX Mini, Raypex 6, E-Pex Pro, Propex Pixi elektronik apeks bulucularının başlangıç yıkama solüsyonları (NaOCl ve EDTA) değiştirilerek doğruluklarını karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem:

Çalışmada periodontal ya da ortodontik nedenlerle çekilmiş olan 80 adet tek kök ve kanala sahip mandibular premolar diş kullanıldı. Dişlerin tümünden mezio-distal ve bukkal-lingual açılardan radyografiler alındı ve eksternal ya da internal kök rezorbsiyonu, kalsifiye kanal varlığı şüphesi bulunan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Dişler çalışmada kullanılıncaya kadar distile su içinde oda sıcaklığında saklandı. Dişler üzerindeki eklentiler periodontal kretuar kullanılarak uzaklaştırıldı. Dişlerin standart giriş kavimleri açıldıktan sonra pulpa dokusu bir turnerf yardımıyla çıkarıldı.

Dişlerin gerçek kanal boyları, kök kanalı içine # 10 K tipi kanal eğesi yerleştirilerek x5 büyütmede stereomikroskop ile 0,01 mm hassasiyetinde belirlendi. Daha sonra örnekler mine-sement seviyesine kadar yeni karıştırılmış aljinat bloklar içerisine gömüldü. Protaper SX aleti ile dişlerin koronal 1/3'lük kısmına ön genişletme yapıldı. Her dişte belirtilen elektronik apeks bulucular (Morita Root ZX Mini, Raypex 6, E-Pex Pro, Propex Pixi) kullanıldı, başlangıç solüsyonları (NaOCl ve EDTA) değiştirilerek ölçümler yapıldı. Oluşabilecek kimyasal etkileşimin önüne geçmek için %5,25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA arasında distile su kullanıldı. Her bir diş için 3 ölçüm yapıldı ve bu 3 ölçümün ortalaması referans alındı.

Bulgular:

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS (IBM V 21) paket programı ile analiz edilmiştir.

Her bir cihaz için gerçek uzunluk değerleri ve ölçüm değerleri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EDTA solüsyonunda gerçek ölçümden sapma değeri NaOCl solüsyonuna göre daha fazla olmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte NaOCl ve EDTA solüsyonlarında Morita Root ZX mini cihazında, gerçek ölçümden sapma değeri, diğer tüm cihazlara göre daha fazla bulunmuştur.

Sonuç:

Kullandığımız bütün cihazlarda gerçek ölçümden sapma değeri bakımından başlangıç yıkama solüsyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: çalışma boyu, apeks bulucular, başlangıç solüsyonu

ABSTRACT

Accuracy Comparison of Different Electronic Apex Locators Used in Working Length Determination by Changing Initial Cleaning Solutions

G l z Rana Telli  lu Avcı

Adviser of Thesis: Sadullah KAYA

Department of Endodontics

Aim:

One of the biggest factors in the success of root canal treatment is the completion of endodontic treatment at the minor apical narrowness at the root tip. The detection of this area is provided by various methods. One of these is the use of an electronic apex locator.

The aim of this study is the accuracy comparison of J Morita Root ZX II, Raypex 6, E-Pex Pro, Propex Pixi Electronic Apex Locators by changing initial cleaning solutions (NaOCl ve EDTA).

Material and Method:

80 mandibular premolar teeth -having one root and canal- which are pulled out because of periodontal and orthodontic purposes are going to be used. Radiographs were obtained from mesio-distal and bucco-lingual angles from all teeth, and teeth with suspected external or internal root resorption and the presence of calcified canals were not included in the study. Teeth were stored in distilled water at room temperature until they were used in the study. The attachments on the teeth were removed using the periodontal cretuar. After the opening of the standard initial cavity, pulpal tissue will be removed by means of a nerve broach.

The true canal lengths of the teeth were determined with a precision of 0.01 mm with a stereomicroscope at x5 magnification by placing a # 10 K type canal file into the root canal. The samples were then embedded in freshly mixed alginate blocks up to the cemento-enamel junction. The coronal 1/3 was pre-enlarged with the Protaper SX instrument. Electronic apex finders (Morita Root ZX Mini, Raypex 6, E-Pex Pro, Propex Pixi) specified on each tooth were used, measurements were made by changing the initial solutions (NaOCl and EDTA). Distilled water was used between 5.25% NaOCl and 17% EDTA to prevent chemical interactions that may occur. 3 measurements were made for each tooth and the average of these 3 measurements was taken as reference.

Results:

The data obtained in this study were analyzed with the SPSS (IBM V 21) package program.

There is no statistically significant difference between solutions in terms of measurement values and actual length values in each device ($p > 0.05$). Although not statistically significant, the deviation from the actual measurement was greater in EDTA solution than in NaOCl solution. Although not statistically significant, the deviation value from the actual measurement was found to be higher in the Morita Root ZX mini device in NaOCl and EDTA solutions compared to all other devices.

Conclusions:

No statistically significant difference was observed between the initial washing solutions in terms of deviation from the actual measurement in all the devices we used.

Keywords: :working length, apex locators, initial solutions

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisi yapılırken çalışma boyunun doğru saptanması tedavinin başarılı olmasında önemli bir basamaktır (1). Çalışma boyu doğru tespit edilmediğinde dezenfeksiyon ve preparasyon işlemleri yetersiz olmaktadır. Çalışma boyunun kök kanal uzunluğundan kısa belirlenmesi durumunda temizlenmemiş alanlar kalmakta, uzun çalışıldığı durumda ise periapikal bölgenin irritasyonu meydana gelmektedir. Kök kanal tedavisi her iki durumda da başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir (2).

Günümüze kadar kök kanal çalışma boyunun saptanması için çeşitli anatomik noktalar kullanılmıştır. Bu noktalardan bazıları; minör foramen, majör foramen ve dentin-sement birleşim noktalarıdır. Dentin-sement birleşim noktası pulpa dokusunun sona erdiği ve periodontal dokuların başladığı nokta olarak kabul edilmektedir. Referans noktalarından minör foramen ve majör foramen arasında ise ortalama 0,5 mm mesafe bulunmaktadır (3, 4).

Çalışma boyu tespiti farklı yöntemlerle yapılmaktadır. Parmak hassasiyeti, elektronik apeks bulucu, radyografik yöntem, kağıt konlardaki nemlilik bu yöntemler arasındadır. Radyografik yöntemde radyolojik apeks noktası referans olarak alınmakta ve bu noktaya göre minör ve majör foramen noktaları saptanmaya çalışılmaktadır. Radyografik yöntemin çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. En önemli dezavantajlarından biri ise referans noktalarının her zaman lokalize edilememesidir. Bu durumun nedenleri arasında; süperpozisyonlar, anatomik varyasyonlar, bukkolingual yöndeki görüntülerin çakışması, radyografilerden iki boyutlu görüntü elde edilmesi ve görüntüde oluşan distorsiyonlar sayılabilir (5, 6). Radyografik yöntemin sayılan bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak adına çalışma boyunu tespit etmek için elektronik apeks bulucular gündeme gelmiştir. 1962 yılında Sunada kök kanalının çalışma boyunun tespitini yapabilen ilk cihazı tanıtmıştır (7).

Üretilen ilk elektronik apeks bulucuların en önemli dezavantajı kanal içerisindeki elektro-iletkenlerden (kan, irrigasyon solüsyonları, vital pulpa dokusu vb.) etkilenmesi ve bu sebeple yanlış sonuçlar vermesidir (8). Sonradan üretilen ve elektro-iletkenlerden etkilenmeyen ya da daha az etkilenen elektronik apeks bulucular son 20 yıl içinde geliştirilmiştir (9).

Bu çalışmanın amacı, çekilmiş dişlerde farklı irrigasyon solüsyonlarının varlığının elektronik apeks bulucuların doğruluğu üzerine olan etkisini değerlendirmektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Önemli Anatomik Noktalar

Kök kanalının dezenfeksiyonunun yeterli miktarda yapılabilmesi, yeterli boyutlarda genişletilmesi ve kök kanal sisteminin sızdırmaz bir şekilde tıkanabilmesi kök kanal tedavisi işlemi sırasında çalışma boyunun doğru hesaplanması ile gerçekleştirilir. Çalışma boyu, kanalın apikaldeki en dar noktası ile kural bölgede sabit bir rehber nokta arası mesafe olarak tanımlanabilir (3).

Kök kanalının şekillendirilmesi ve kök kanal dolgusunun apikal sınırı uzun yıllardır tartışılan bir konudur. Apikal daralım, apikal foramen ve dentin-sement birleşimi kök kanal dolgusu ve şekillendirilmesinde apikal sınırı belirleyen referans noktalarıdır (3, 4).

2.1.1. Anatomik apeks – radyolojik apeks

Anatomik apeks dişin kök ucudur ve kurona en uzak noktadır. Radyolojik apeks, anatomik apeksin radyografide görülen karşılığıdır. Çalışma boyu tespit edilirken radyolojik apeksin baz alınması, majör foramen noktasının genelde radyolojik apeksle aynı noktada olmamasından kaynaklı dezenfeksiyon ve preparasyon işlemlerinin taşkın çalışmasına neden olacaktır (4).

2.1.2. Dentin-sement birleşimi

Dentin-sement birleşim noktası, her iki dokunun birikimi ile oluşan, her iki doku tipini ayıran bir nokta olarak adlandırılır (10). Dentin-sement birleşiminin tespit edilmesi klinik olarak mümkün değildir (11).

Ancak yapılan çalışmalarda dentin-sement birleşim noktası mikroskopik olarak incelenmiş ve görüntüler elde edilmiş ve bu çalışmalar sayesinde dentin-sement

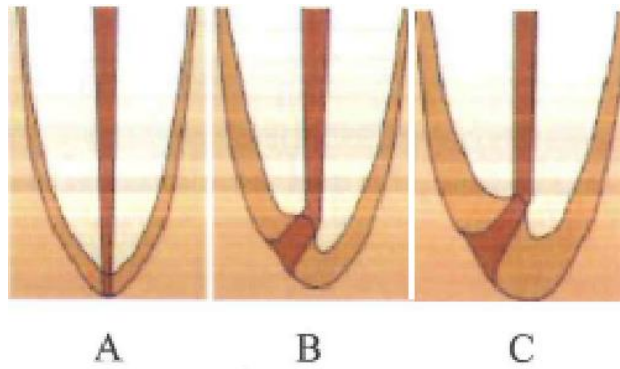
birleşim noktasıyla anatomik apeks arası mesafenin maksimum 2,5 mm olabileceği ve dentin-sement birleşim noktasının apikal foramenin en az 0,3 mm koronalinde konumlandığı görülmüştür (12, 13). Teorikte dentin-sement birleşimi kök kanal tedavisinde uygun apikal limittir; çünkü burada kök kanal dolgu materyali ile periradiküler dokular arası temas minimal düzeydedir (14). Teorik kelimesinin kullanım nedeni dentin-sement birleşim noktasının histolojik bir bölge olması ve yalnızca yeni çekilmiş dişlerde saptanabilmesidir. Bunun yanı sıra dentin-sement birleşim noktası sürekli ya da düzenli bir yapıda değildir (15).

2.1.3. Apikal foramen (Major foramen)

Apikal foramen, etrafı sekonder sementle çevrili olan, yuvarlak köşeli veya çember, krater veya huni şeklinde asimetrik bir yapıdır (16).

Apikal foramenin yapılan çalışmalarda, %17-46 oranında diş kökünün tam uç noktasında konumlandığı ve anatomik apeks ile her zaman çakışmadığı, %50-98 oranında aralarında 3 mm fark olduğu belirtilmiştir. Bu farkın daha çok yaşlı diş gruplarında sekonder sement birikimi ile oluştuğu bildirilmiştir (17).

Apikal foramenin anatomisi yaşla birlikte değişkenlik göstermektedir.



Şekil 1: Apikal foramenin pozisyonu: A. Bir dişin kök ucu B. Genç bir insan dişinin kök ucu C. Yaşlı bir insan dişinin kök ucu (12)

Bazen radyolojik apeks ve apikal foramen terimleri birbirlerinin yerine kullanılabilir. Ancak, apikal foramen kök kanalının periodontal ligamente komşu olan ve dişi terk eden bölgesini, radyolojik apeks ise diş kökünün radyografideki anatomik uç noktasını belirtir (18).

Anatomik apeks ile apikal foramen noktası arası sapma oranları diş tipine göre farklılık göstermektedir. Ön grup dişlerde %1-5 oranında apikal foramenin anatomik apeksten 1 mm ya da daha fazla uzaklıkta olduğu, arka grup dişlerde daha yüksek oranda apikal foramen sapması olduğu bildirilmiştir (19). Arka grup dişlerin oklüzal kuvvetlere daha fazla maruz kalması nedeniyle apikalde daha fazla sement birikir. Sapma oranlarının artmasına bu durumun neden olduğu düşünülmektedir (16, 20).

Geçmişte apikal foramen noktası güvenilir bir apikal referans noktası olarak görülmüştür (21). Çalışma boyu tespit edilirken apikal foramen noktasının referans olarak kabul edilmesi, apikal daralım noktası dikkate alınmaksızın, kök kanal tedavisinin kök kanalı içerisinde gerçekleştirildiğini garanti etmektedir (22). Ancak diş kökünün bukkal ve lingual yüzeylerinde bulunan apikal foramen noktaları radyografilerden iki boyutlu görüntü elde edilmesinden dolayı tespit edilememektedir (17). Apikal foramenin tam lokalizasyonunun elektronik apeks bulucuların doğruluğu üzerindeki etkileri yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (23). Ayrıca apikal foramenin konumu inflamatuvar kök rezorpsiyonu varlığında da değişebilmektedir (24). Tüm bu nedenlerden dolayı apikal foramen noktası, çalışma uzunluğu belirlenirken güvenilir bir nokta olarak kabul edilememiştir (15).

2.1.4. Apikal daralım (Minör foramen)

Apikal daralım noktası, kök kanal sisteminin en dar noktasıdır ve çalışma uzunluğunun belirlenmesinde referans nokta olarak alınması önerilmiştir (25). Kök kanal tedavisinin bu noktada bitirilmesinin avantajı, kanlanma miktarının minimum olması ve buna bağlı olarak periapikal bölgede daha az doku hasarı oluşmasıdır (26).

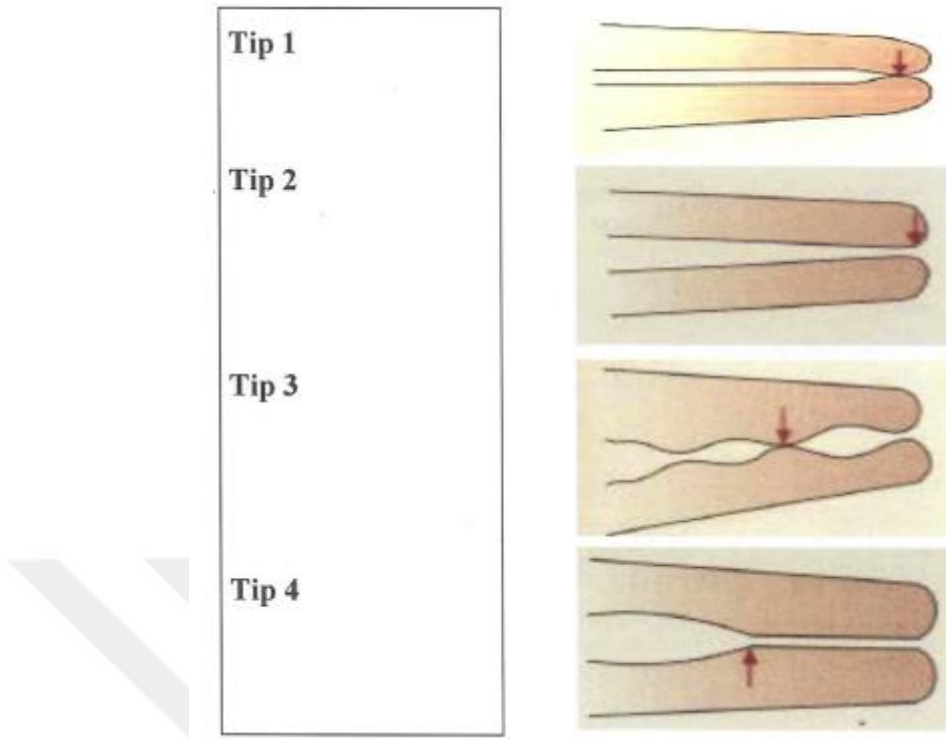
Apikal foramen ile apikal daralım noktası arası mesafe yaklaşık olarak 0,4-1,2 mm arasındadır. Apikal daralım noktası genelde dentin dokusunda ya da dentin-sement birleşim noktasında bulunmaktadır (12).

Apikal daralım noktası, anatomisi ve lokalizasyonu açısından değişkenlik gösterebilmekte ve patolojik olaylarda hasar görebilmektedir (20). Nekroze dişlerde oluşan inflamatuvar süreçle birlikte köklerde rezorbsiyon oluşması durumunda apikal daralım noktasında da rezorbsiyon oluşabilmektedir (24).

Apikal daralım noktasının lokalizasyonu her kökte farklılık gösterir ve dentin-sement birleşim noktasıyla da ilişkisi değişkendir. Dentin-sement birleşimi düzensizdir ve kökte bir duvarla karşı duvar karşılaştırıldığında aralarında 3 mm'den daha fazla mesafe bulunabilmektedir (27).

Radyografik yöntemle yapılan kök kanal tedavilerinde, apikal daralım noktası anatomik apeksin yaklaşık 0,5-1 mm koronalinde konumlanmasından dolayı kök kanal tedavisinin radyografik apeksin yaklaşık olarak 0,5-1 mm gerisinde bitirilmesi önerilmiştir (28). Yapılan bir çalışmada radyografik apeksle 0-2 mm mesafede çalışılan kök kanal tedavileri incelenmiş ve premolar dişlerde %51 oranında, molar dişlerde %22 oranında taşkın preparasyon ile sonuçlandığı tespit edilmiştir (29). Yapılan başka bir çalışmada, kök kanal tedavisi çalışma uzunluğu radyografik apeksten 1 mm kısa olacak şekilde belirlenip kanal egesinin apikal daralım noktasında konumlanması incelenmiş; sonuç olarak molar, premolar ve anterior dişlerde sırasıyla %11, %35 ve %22 oranları bulunmuştur (30).

Dummer ve ark., tüm diş gruplarını içeren bir çalışma yapmışlar ve apikal daralımın farklı tiplerde görülebileceğini saptamıştır (20).



Şekil 2: Tip 1: Tek bir daralım bölgesi gösteren, Tip 2: Açılı bir daralım gösteren, Tip C: Birçok daralım bölgesi gösteren, Tip D. Paralel bir daralım gösteren

2.2. Çalışma Uzunluğunun Önemi

Kök kanallarının preparasyon ve dolum işlemlerinin bitim noktası uzun yıllardır tartışılan bir konudur. Yapılan bir çalışmada, kök kanal tedavisi bitirildikten sonra periapikal dokuların durumu değerlendirilmiş, en iyi prognozun kök kanal tedavisinin apikal daralım noktasında bitirildiğinde ortaya çıktığı saptanmıştır. İkinci en iyi prognoz ise kök kanal tedavisinin apikal daralımın 2 mm gerisinde bitirilen vakalarda olduğu rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmanın sonuçlarına göre kanal patı ya da gütta perkanın periapikal dokulara taşmasıyla ise ciddi enflamatuvar reaksiyonların oluşabileceği ortaya konmuştur (26). Grove, kök kanal tedavisinin bitirilmesi gereken noktanın dentin-sement birleşim noktası olduğunu bildirmiştir (11).

2.3. Kural Genişletmenin nemi

Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi ve temizlenmesi; enfekte doku, dentin ve bakteri artıklarının anatomik forma uygun bir şekilde genişletilen kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasını tanımlamaktadır (31). Kök kanalının etkili bir şekilde temizlenmesi, doğru çalışma uzunluğunun belirlenmesine ve kök kanal sisteminin bu uzunluğa göre genişletilmesine bağlıdır (32).

Dişlerin kök kanal uzunlukları apikal, orta ve kural olmak üzere 3 anatomik kısıma ayrılır. Çalışma boyu belirlenmeden önce kural genişletmenin önemi çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Kural genişletme manuel ya da döner aletlerle yapılabilir. Döner aletlerden en yaygın olanı Gates Glidden frezidir. Kural genişletme için yeni nesil aletlerden Protaper SX, LA Axxess frezleri de kullanılmaktadır (33).

Kural n genişletme, eğeye alan açar ve eğenin kök kanal duvarlarına temasını azaltır. Böylece eğe apekse kadar daha kolay ilerler ve kök kanal çapı eğeye baskı uyguladığında durur. Kök kanal tedavisinde apikal çapın bu şekilde hissedilmesi çok daha iyi bir biyomekanik hazırlıkla sonuçlanır.

Yapılan bir araştırmaya göre; çalışma boyu belirlemede kural genişletmenin yapıldığı ve yapılmadığı iki grup karşılaştırılmış, yapılmayan grupta çalışma uzunluğundaki kök kanal çapı ile başlangıç eğesi çapı arasında büyük oranda farklılık saptanmıştır. Yine aynı araştırmaya göre orta ve kural 1/3'n genişletilmesi anatomik çapın tespitini kolaylaştırmaktadır (34).

2.4. Çalışma Uzunluğu Tespit Yöntemleri

Çalışma uzunluğunu belirlemek için kullanılan ve genel olarak kabul görmüş 4 farklı metod bulunmaktadır. Bu metodlar; el hassasiyeti, kağıt konların nemliliğinin değerlendirilmesi, radyografik yöntem ve elektronik yöntem (elektronik apeks bulucu) dir (35).

2.4.1. El hassasiyeti

Tecrübeli bir hekim, el hassasiyeti ile kök kanalındaki aletin lokalizasyonu hakkında yorum yapabilir. Bu el hassasiyeti hekimin apikaldeki sıkışmayı hissetmesine ve burayı çalışma uzunluğu olarak kabul etmesine yardımcı olur. Bunun yanında kök kanal sisteminde apikal anatomi tam olarak bilinmediğinde, el hassasiyeti ile yapılan çalışma uzunluğunu belirlemek hekimi her zaman doğru sonuçlara götürmez. Özellikle apikaldeki açılanma ve kök kanalındaki darlık durumlarında, aletin kanalda ilerlemesi için daha çok güç gerektiği tecrübeli bir hekim tarafında hissedilecektir. Kanaldaki daralım orta 1/3'te başladığında apikal bölgeyi el hassasiyetiyle belirlemek mümkün olamamaktadır. Bunun yanı sıra incelenen birçok dişte de apikal daralımın olmadığı görülmüştür (36).

Stock, bazı dişlerde meydana gelen enflamatuar rezorbsiyon sonucu kök kanallarında kalsifiye alanların oluşabileceğini ve buna bağlı olarak bu vakalarda el hassasiyeti ile apikaldeki daralımın tam olarak belirlenemeyeceğini bildirmiştir (37).

Seidberg ve ark., tecrübeli hekimlerin bile sadece %60 vakada apikal daralımı el hassasiyeti ile saptayabildiklerini yaptıkları çalışmayla göstermiştir (38).

Stabholz ve ark., kök kanal preparasyonundan önce ön genişletme yapılmasının, apikal daralım bölgesinin el hassasiyetiyle tespit edilmesindeki başarıyı %75 oranında arttırdığını rapor etmiştir (36).

2.4.2. Kağıt konların nemliliğinin değerlendirilmesi

Kağıt konlar kök kanalının biyomekanik preparasyonu tamamlandıktan sonra kök kanalını kurulumak amacıyla kullanılmaktadır. Kök kanalı kurutulurken kullanılan kağıt konun ucundaki kan ya da ıslaklık, preparasyonun apeksten taşıp periodontal dokulara geçtiğinin bir işareti olarak kabul edilebilir. Kağıt konların nemliliğinin değerlendirilmesi çok güvenilir bir yöntem olmasa da yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir (39).

2.4.3. Radyografik yöntem

Radyografik yöntem kök kanalının çalışma uzunluğunun tespit edilmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Radyografik apeks, diş kökünün sonlanma noktasının radyografideki görüntüsüdür (18).

Radyografik yöntem ile çalışma boyu tespitinin yanı sıra perforasyonlar, kanal eğrilikleri ve bulunamayan kanallar da saptanabilmektedir (40). Bu yöntemde hekim kök kanalının içerisine yerleştirdiği kanal aletiyle beraber radyografi alır ve aletin kök ucu ile olan uzaklığı belirlenir. Radyografik apeks referans alınarak ölçülen uzunluktan 0,5-1 mm çıkarılarak çalışma uzunluğu belirlenir. Radyografiler yalnızca 2 boyutlu görüntü vermektedir. Bukkolingual yöndeki kök eğriliklerinde karşılaştığımız apikal foramen ve anatomik apeks değişikliklerinde verdiği bilgiler sınırlıdır (29).

Radyografiler apikal foramenin distal ve mezial yöndeki sapmalarını gösterebilmekte, lingual ve bukkal yöndeki sapmaları gösterememektedir. Lingual ve bukkal yöndeki sapmaları teşhis edebilmek için radyografiyi değişik açılardan almak gerekmektedir (41).

Radyografilerde kök ucu radyolojik apeksi, kök kanalının apikalde periodontal dokularla bulunduğu nokta ise apikal forameni ifade etmektedir. Apikal foramen noktası her zaman tam kök ucunda yer almamaktadır. Yapılan çalışmalarda, apikal foramenin %50-97 oranında radyolojik apeks noktasında bulunmadığı saptanmıştır (17, 42).

Olson ve ark., yaptıkları bir çalışmada radyografide apikal foramenin görülmesini değerlendirmiş ve apikal foramenin sadece %82 oranında radyografik yöntem ile saptanabildiğini belirtmiştir (18).

Radyografik yöntemde kök kanalı içinde bulunan aletin konumunu belirlemek bazı kemik yapılarının ya da anatomik yapıların süperpoze olmasından dolayı zor olabilmektedir.

Tamse ve ark., yaptıkları bir çalışmada zigomatik kemiğin kök kanalı üzerine süperpozisyonu sonucu maksiller 1. molar dişlerin yalnızca %20'sinde, maksiller 2. molar dişlerin ise yalnızca %42'sinde apikal bölgenin belirlenebildiğini saptamıştır (43).

Yapılan başka çalışmalar da zaman içerisinde sekonder dentin ve sement birikimiyle apikal daralım bölgesinin yerinin değişmesi sonucunda çalışma uzunluğunun radyografik yöntemle belirlenmesi durumunda hatalı sonuçlar alınabileceğini göstermiştir (44, 45).

Rutin alınan radyografilerde fazla miktarda radyasyonun hastalar tarafından alındığı bildirilmiştir. Dijital radyografiler, radyasyon miktarının az olması, elektronik bir cihazın kullanılması ve bilgisayara yansıtılan görüntü ile oynama yapılabilmesi sebebiyle konvansiyonel radyografilere göre daha fazla tercih edilmektedir (46).

2.4.4. Elektronik yöntem (Elektronik apeks bulucu-EAB)

Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri, radyografik yöntemlerle ilgili teknik aksaklıklar, kısa veya taşkın yapılmış endodontik tedavilerin önüne geçmek için çalışma uzunluğunun elektronik olarak belirlenmesi hekimler arasında popülerlik kazanmıştır.

Kök apeksini çevrelemiş dokulardaki elektriksel iletkenlik, kök kanal sistemi içindeki iletkenlikten daha fazladır. Çalışma boyu belirlenirken el aletleri periapikal bölgeye taşmışsa elektronik apeks bulucular dokular arası iletkenlik farkından dolayı uyarı verir (47). Suzuki, oral muköz membrana tatbik edilen elektrod ile kök kanalına giren kanal aleti arasında oluşan elektriksel direncin sabit değerde olduğunu belirtmiştir. Bu prensipten yola çıkarak, direnç-bazlı bu cihazların apikal foramendeki periodontal dokuyu belirleyebilmeleri gerekir (48).

EAB'ler elektriksel empedans ilkelerine göre çalışır. Bu aletler, kök kanal tedavisi uygulamalarına elektronik ilmini getiren önemli buluşlardan biridir. EAB'ler, özellikle kök kanal sisteminin apikal kısmı torus, zigomatik kemik ve gömük dişler gibi anatomik yapılarla örtüldüğünde faydalıdırlar. Bu aletler geleneksel radyografiye yardımcı olarak kullanılıp, alınan radyasyon dozunu azaltmaktadır (49).

2.5. Elektronik Apeks Bulucuların Çalışma Prensibi

Rezistans (Direnç): Bir maddede serbest elektron akımı olduğunda, bu elektronlar atomlarla çarpışmaktadır. Oluşan bu çarpışma elektronlardaki enerjinin bir kısmının kaybına sebep olup hareketlerini kısıtlar. Çarpışma miktarı arttıkça elektronların akımı azalmaktadır. Bu azalma her maddede değişiklik göstermektedir. Bu özelliğe direnç denilmektedir. Bir devrede direnci oluşturan madde yalıtkan, elektrik akımının geçtiği madde ise iletken olarak adlandırılır (47).

Kapasitans: İki iletken maddenin arasına yalıtkan bir yapı yerleştirildiğinde, kapasitör denilen elektriksel bir cihaz oluşmuş olur. Kapasitör, ayrılmış iki tane metal plaka ile dielektrik denilen bir iletken maddeden oluşur. Kapasitör, doğru akım oluşturan voltaj kaynağına bağlandığında, negatif yüklenmiş elektronlar bir plakadan diğer plakaya doğru hareket ederek bir plakanın pozitif, diğer plakanın ise negatif yüklenmesine neden olur. Voltaj kaynağının bağlantısı kesilirse depolanmış yükü kapasitör koruyacak ve böylece bir taraftan diğer tarafa doğru voltaj olduğu gibi aktarılacaktır. Kapasitörün depolayabildiği yük miktarı ise kapasitansını belirlemektedir (47).

Alternatif Akım ve Doğru Akım: Alternatif akımda birim zamanda oluşan akım miktarı değişken iken doğru akımda bu miktar sabittir.

Empedans: Rezistör ve kapasitör bulunan bir devrede alternatif akıma karşı gelen toplam miktara empedans denilmektedir. Hem kapasitörleri hem de rezistörleri bulunan bir devrede oluşan empedans değeri, kapasitörlerin reaktans ve rezistörlerin direnç değerlerine bağlıdır. Bir maddede oluşan empedans değerini ölçmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Ana yöntem, maddeye elektrik akımı uygulayıp meydana gelen voltajı ölçmektir. Akım değerinin meydana gelen voltaj değerine bölünmesi empedansı verir (47).

Diş Yapısının Elektriksel Özellikleri: Kök kanalları, elektrik akımını iletmeyen sement ve dentin ile çevrelenmiştir. Ancak kök kanalı içindeki iletken maddelerin elektrik akımını ileten periodontal ligamentle ilişkide oldukları minör apikal foramende bulunan küçük bir delik vardır. Kök kanalının dirençli maddeleri (doku, sıvı, dentin) kendilerine has dirençlilikleri ile kesit alanı, materyalin dirençliliği ve uzunluğa bağlı bir rezistör oluştururlar. Kanal eğesi kanal içine girdiğinde kanalın apikal kısmı ile aletin ucu arasındaki direnç, kanal içindeki dirençli materyalin uzunluğu kısaldığı için azalmaktadır (47).

2.6. Elektronik Apek Bulucuların Tarihçesi

EAB'ler ilk kez Custer tarafından 1918 yılında keşfedilmiştir. Custer, apeksin etrafındaki dokuların sahip olduğu elektrik iletkenliğinin, kök kanal sisteminin iletkenliğinden daha fazla olduğunu ve kök kanal boyunun elektrik iletimi yoluyla saptanabileceğini savunmuştur. Custer, iletkenlik değerleri arasındaki bu farkın, kök kanalının kuru veya alkol gibi yalıtkan bir sıvı ile doldurulduğunda, tespit edilmesinin kolaylaştığını bildirmiştir. Başka bir deyişle; elektriksel direncin apikal foramenin etrafında kök kanalının koronal bölümüne göre daha az olduğunu saptamıştır (50).

Suzuki tarafından bu fikir 1942 yılında köpek dişlerinde doğru akımı kullanmasıyla tekrar ele alınmıştır.

Suzuki bu çalışmasında, köpeklerin oral mukozasına yerleştirilen elektrot ile kök kanalı içine yerleştirilen alet arasında elektriksel olarak 6,5 k Ω 'luk bir direncin olduğunu ve bu direncin ağızda her bölgede sabit olduğunu tespit etmiştir (48).

Sunada, bu prensipleri temel alarak kök kanal uzunluğunu belirlemek için doğru akım kullanan bir alet geliştirmiş, kök kanalı içindeki aletin pulpa odasını veya kanal duvarını perfore edip periodontal membrana temas ettiğindeki elektriksel direncin hemen hemen aletin apekse ulaştığı zaman sahip olduğu elektriksel dirence eşit olduğunu belirtmiştir (7).

2.7. Elektronik Apeks Bulucuların Nesil Sınıflaması

2.7.1. Birinci nesil apeks bulucular (Rezistans tip)

Birinci nesil apeks bulucular, oral mukoza ile periodontal ligament arasındaki 6,5 k Ω 'luk elektriksel direnci, kök kanalı içindeki pozitif uç olan alet ile hastanın dudağına yerleştirilmiş negatif uç arasında ölçmektedir. Kök kanalı içindeki alet periodontal ligamente temas ettiğinde devre tamamlanmakta ve cihazın ekranı 6,5 k Ω 'u göstermektedir. Bu nokta apikal foramen olarak değerlendirilip, çalışma boyu bu ölçümden hesaplanmaktadır. Ancak rezistans tip apeks bulucu cihazlarda kök kanalı içerisinde çok az miktarda sıvı olduğunda bile hatalı okumalar gözlenmektedir. Bu tip cihazların birçoğunun kök kanalının içi kuru olduğunda doğru sonuç verdiği; cerahat, pulpa dokusu varlığı ya da aşırı kanama durumunda ise her zaman doğru sonuç vermediği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (51).

Rezistans tip cihazları kullanmaya başlamadan önce tahmini kök kanal çapı belirlenmeli ve kök kanalına tam uyan bir alet seçilmelidir. Bu aletin önceden tahmin edilmesi zordur ve bu cihazların önemli problemlerinden birisi de budur. Başka bir sorun da bu cihazların ölçüme başlamadan önce her seferinde kalibre edilmesi gerektiğidir. Kullanılan pillerin zayıflaması da yanlış ölçümlere neden olabilmektedir. Rezistans tip cihazların yetersiz olduğu başka bir durum da periodontal lezyonlu ve açık apeksli dişlerdir.

Her iki durumda da kök kanal aleti periodontal ligamentle temas edemez, böylece normalden uzun çalışma boyu ölçümü elde edilebilir. Rezistans tip cihazlarda doğru akım kullanılmaktadır. Doğru akım bazı hastalarda derin anesteziye rağmen sızlama tarzında hissedilebilmektedir. Ayrıca kalp pili taşıyan hastalarda kullanılan doğru akım tehlikeli olabilmektedir (52).

Rezistans tip cihazlar arasında Root Canal Meter (Resim 1), Endodontic Meter, Endodontic Meter S II, Endo Radar ve Dentometer bulunmaktadır (47).



Resim 21: Tanıtılan ilk EAB The Root Canal Meter

2.7.2. İkinci nesil apeks bulucular (Empedans tip)

Empedans tip apeks bulucular, tek frekanslı, ölçülebilir değerleri kullanan ‘empedans’ tipindedirler (53). Bu tip cihazlar rezistans tip cihazlarda bulunan dezavantajların üstesinden gelmiş, farklı prensipte çalışan cihazlardır. Bu cihazlar dişi ucu kapalı, dar ve uzun bir tüp olarak düşünüp çalışmaktadır.

Bu çalışma prensibi dişin koronal bölgesinden apikal bölgesine göre giderek artan elektriksel empedansa sahip olmasına dayanmaktadır (52).

Dentin-sement birleşiminde ya da apikal daralımda kök kanalının empedansında çok ani bir düşüş meydana gelmektedir. Empedans değeriindeki bu ani değışiklik sayesinde bu cihazlar çalışma boyunu tespit etmektedirler.

Empedans tip apeks bulucuların diğeri apeks buluculardan farkı dudak klipsi yerine hastaların elinde tuttuğı bir parçasının olmasıdır. Bu özellik enfeksiyon kontrolünde ve dudak klipsinin tam temasta olmamasından kaynaklı hataları önlemede önemli rol oynamaktadır. Başka bir fark ise, kök kanalı içinde çalışan alet yerine kullanılan probdadır. Bu prob yalnızca uç kısmı açıkta kalacak şekilde plastik bir kaplamayla izole edilmiştir (47). Bu prob kök kanalının kuru olması zorunluluğunu ortadan kaldırıp nemli kanallarda avantajlı olurken kalınlığı sebebiyle dar kanallara sığamamakta ve ölçüm verememektedir. Rezistans tip apeks bulucular gibi bu cihazları da kullanmadan önce kalibre etmek gerekmektedir. Zayıflayan piller yanlış çalışma boyu ölçümlerine neden olabilmektedir (53).

Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) adlı cihaz (Resim 2), 1970-1980 yılları arasında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu cihaz düşük frekanslı bir ses ile kullanıcıyı uyarır ve alternatif akımla çalışır. Bu cihazın çalışması periodontal ligament ve diş eti oluşu sıvısı arasındaki frekansın aynı olduğu prensibine dayanmaktadır (54). Klemp diş eti oluşu içine 0,5 mm girecek şekilde adapte edilir, daha sonra eğe, ses gelene kadar kök kanalı içinde ilerletilir. Eğe periodontal ligamente temas ettiğinde aynı frekansta ses meydana gelir. Bu cihazın önemli bir dezavantajı kullanmaya başlarken dişin periodontal sulkusunda kalibre etmeyi gerektirmesidir (55).

Empedans tip cihazlar arasında Sono-Explorer, Endocater, Endo Analyzer, Apex Finder, Exact-A-Pex ve Formation IV bulunmaktadır (47).



Resim 22: 1971 yılında Inoue tarafından kullanıma sunulan Sono-Explorer

2.7.3. Üçüncü nesil apeks bulucular (Frekans tip)

Rezistans ve empedans tip apeks bulucuların önemli dezavantajlarından biri kök kanalının nemli ya da elektrik ileten bir sıvı ile dolu olduğunda yanlış sonuçlara neden olmasıdır. Yamaoka tarafından 1990 yılında kök kanallarında değişen koşullarda bile daha doğru bir çalışma boyu ölçümüne olanak sağlayan bir elektronik apeks bulucu geliştirilmiştir (56). Geliştirilen bu apeks bulucu iki farklı (1 kHz ve 5 kHz) dalga boyu kullanımına bağlı olarak kanal aleti ile dudak klipsi arasında meydana gelen maksimum empedans farkına göre çalışmaktadır (52, 53).

Kök kanalı içinde kanal aleti apikale doğru ilerledikçe oluşan empedans değerleri arasındaki fark artar ve en yüksek değere apikal daralımda ulaşır. Bu değeri cihaz çalışma boyu olarak verir. Voltaj değeri 2 μ A kadar küçük bir değerde olduğu için hastalar herhangi bir rahatsızlık hissetmemektedir. En önemli avantajı ise sodyum hipoklorit gibi iletken sıvıların ya da doku artıklarının varlığında bile çalışma boyu ölçümlerinin tutarlı olmasıdır (53).

Frekans tip apeks bulucu olarak tanımlanan ilk cihaz Apit/Endex'tir (Osada Electric Co, Tokyo, Japonya) (Resim 3).

Bu cihazı önceki EAB'lerden ayıran özellik; 2 farklı frekans değerinde de kullanılması ve kök kanalı içinde elektrolit özelliğinde bir sıvı olması durumunda bile doğru çalışma boyu ölçümü yapabilmesidir. Önemli bir dezavantajı ise cihazın her kullanımdan önce kalibre edilmesi gerekliliğidir (57). Yapılan bir çalışmada Apit/Endex'in apikal daralımı $\pm 0,5$ mm aralığında doğru ölçme oranının %81 olduğu rapor edilmiştir (58).



Resim 23: Endex elektronik apeks bulucu

Kobayashi ve ark. 1991 yılında kendi kendini kalibre edebilen ve nemli ortamda kullanılabilen ilk modern EAB olan Root ZX (J Morita, Tokyo, Japonya)'i kullanmışlardır. Root ZX, apikal daralımı saptamak için aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda oluşan empedans değerlerini ölçüp birbirlerine oranlamaktadır. Matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapması ve kuvvetli mikro işlemcilerinin olması nedeniyle daha doğru sonuçlar verdiği kabul edilmektedir. Root ZX, elde edilen yüksek doğruluk oranları nedeniyle yapılan çalışmalarda altın standart olarak kabul edilmiştir (53).

Dunlap ve ark., Root ZX'in vital ve devital pulpalı dişlerde apikal daralımı saptamada herhangi bir fark olmadığını, $\pm 0,5$ mm aralığında apikal daralımı belirlemede %82,3 doğruluk oranına sahip olduğunu saptamışlardır (59).

2.7.4. Dördüncü nesil apeks bulucular (Orantı tip)

Orantı tip apeks bulucular, farklı frekanslarda oluşan empedans değerlerinin oranlanması prensibiyle çalışmaktadır. Bu cihazlarda benzer çalışma prensibi bulunmakla birlikte verilerin işlenmesi, değerlendirilmesi ve frekans sayısı gibi farklılıklar bulunmaktadır. Bingo 1020 tek bir frekans kullanırken, AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) ve Endo Analyzer 8005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) 5 farklı frekans kullanmakta ve her üç cihaz da orantı tip apeks bulucular sınıfında yer almaktadır. Bu grupta yer alan başka bir EAB olan Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) cihazı, rezistans ve kapasitansı ayrı ayrı ölçmekte ve elde ettiği bu değerlerden bir sinyal oluşturmaktadır. Bu değerleri kendi tablosunda yer alan değerlerle kıyaslamakta ve aletin kanaldaki lokalizasyonu bu şekilde belirlenmektedir. Bu sınıfta bulunan diğer bir EAB de çoklu frekans temelini baz alarak çalışan Propex (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) cihazıdır. Propex cihazının çoklu frekans kullanarak çalışan diğer cihazlardan farkı, cihazın çalışma boyu ölçümünün elde edilen sinyalin enerjisine bağlı olmasıdır; diğer EAB cihazlarda çalışma boyu ölçümü elde edilen sinyalin genişliğine (amplitüdüne) bağlıdır. Cihazın üretici firması, çalışma boyunun böylece daha hassas bir şekilde ölçülebileceğini savunmaktadır (60).

Propex Pixi, 2012 yılında piyasaya sürülmüştür. Çalışma uzunluğunu üretici firmanın önerisi doğrultusunda ıslak ya da kuru kanallarda kalibrasyon gerektirmeden saptayabilen bir apeks bulucudur. Yapılan bir çalışmada, kullanılan eğenin çapı ile apikal foramenin çapının Propex Pixi'nin çalışma uzunluğunu saptamasındaki doğruluğuna bakılmıştır.

Apikal foramen çapının 0,6 mm değerinde olduğunda kullanılan eğenin çapı kaç olursa olsun Propex Pixi'nin ölçtüğü değerlerin doğru olduğu, apikal foramen çapının 0,7-0,8 mm değerinde olduğu durumlarda ise seçilen eğenin çapının apikal foramenin çapına uyumlu olması gerektiği bildirilmiştir (61).

Elektronik apeks bulucularla ilgili yapılan çok sayıdaki araştırmada, kök kanalı içindeki aletin ucunun periodontal ligamentle temasta olduğu noktayı gösteren, cihazda gözlenen '0' ibresine ulaşıldığında, çalışma uzunluğundan 0,5-1 mm eksilmesi önerilir (47, 53).



Resim 24: Modern elektronik apeks bulucular Root ZX Mini ve Raypex 6

2.8. Endodontide Elektronik Apeks Bulucu Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Kök kanal çalışma boyunun belirlenmesinde EAB kullanılmasının avantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. Referans nokta olarak apikal foramen ve apikal daralım noktaları alınmaktadır.

2. Kök kanal uzunluğunun EAB'ler ile belirlenmesinin geleneksel radyografik yöntemle belirlenmesinden daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.
3. Kök kanalında meydana gelen perforasyonların saptanmasında yararlı ve güvenilir bir yöntemdir.
4. Hekim ve hasta radyasyondan korunmuş olmaktadır.
5. Kolay, hızlı ve hassas şekilde ölçüm yapılabilmektedir.
6. EAB'ler tekrarlanabilir ve güvenilir çalışma boyu ölçümleri yapabilmektedir.
7. Çocuk hastalarda film çekiminin zor olması, filmlerin yerleştirilmesinde yaşanan zorluklar ve kusma refleksi, EAB kullanımı ile ortadan kalkmaktadır.
8. Gebe hastalarda alınacak olan radyasyon dozu, EAB kullanımı ile azaltılmaktadır.

Kök kanal çalışma boyunun belirlenmesinde EAB kullanılmasının dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. Yapılan çalışma boyu ölçümlerinin kök kanalının içindeki elektro iletkenlerden etkilenebilmesi en önemli dezavantajlarından biridir. Yeni nesil EAB'lerin üretimi ile birlikte bu dezavantajlar neredeyse ortadan kalkmıştır.
2. Özel cihazlara ihtiyaç vardır.
3. Kökün apikal çapı arttıkça çalışma boyu ölçümünün doğruluk oranı azalmaktadır.
4. Vital olan dişlerde her zaman doğru ve tutarlı sonuçlar alınamayabilir.
5. Anestezik solüsyon, irrigasyon solüsyonları ve kan gibi elektro iletken maddelerin varlığında EAB'lerin performanslarında herhangi bir değişiklik olup olmadığı konusu hala netlik kazanmamıştır (62-64).

2.9. Elektronik Apeks Bulucuların Kullanım Alanları

EAB'ler kök kanalı çalışma boyu tespiti dışında en çok perforasyonların teşhisinde kullanılmaktadır.

Kök kanal tedavisi esnasında dişlerdeki anatomik zorluklar, hekim hataları, patolojik veya fizyolojik kalsifikasyonlar, eğimli kökler gibi durumlardan ötürü perforasyonlar meydana gelebilmektedir. Perforasyonlarda meydana gelen kanama, perforasyon varlığını saptamayı kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle devital dişlerde meydana gelen perforasyonlar kolay tespit edilebilirken, vital dişlerde meydana gelen perforasyonlar daha zor tespit edilebilmektedir (65).

EAB'ler apikal kök rezorbsiyonu ve yatay kök kırığının lokalizasyonunu belirlemek için de kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarla EAB'lerin yatay kök kırıklarının lokalizasyonunu saptamadaki yeterliliği değerlendirilmiş ve bu konuda oldukça başarılı oldukları bildirilmiştir (66, 67).

EAB'ler, kalp pili taşıyan hastalarda kardiyoloji uzmanına konsülte edilip onay alındıktan sonra, hastaya takılan kalp pilinin çalışma prensibi gözden geçirilerek kullanılmalıdır (68).

2.10. Elektronik Apeks Bulucuların Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler

Kök kanalı içinde bulunan elektro iletkenler, apikal çap ve kanal aletinin çapı, pulpa vitalitesi, uygulayıcılar arası uygulama farkı ve apikal bölgedeki rezorbsiyonlar gibi faktörler EAB'lerin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Yeni nesil EAB'lerin tüm bu etkenlerden kısmen etkilendiği ya da etkilenmediği yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (60, 69).

2.10.1. Apikal foramenin ve kullanılan kanal aletinin çapı

EAB'ler ile çalışma boyu tespiti yapılırken apikal foramenin çapının ya da kullanılan aletin çapının çalışma boyu ölçüm doğruluğuna etkisi konusundaki genel düşünce, kanal aletinin çapının bu cihazların doğruluğunu etkilemediği yönündeydi.

Nyguen ve ark. yaptığı bir çalışmada EAB olarak Root ZX kullanmış, 10 nolu eğe ile çalışma boyu ölçümü yaptıktan sonra kök kanalını döner eğelerle genişletmiş ve 60 nolu eğe ile tekrar ölçüm yapmıştır. Sonuç olarak kullanılan eğe çapının çalışma boyu ölçüm değerlerini etkilemediği rapor edilmiştir (70).

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile çalışma boyu tespitinde kullanılan kanal aletinin çapının EAB'lerin ölçüm doğruluğunu etkilediği saptanmıştır. Herrera ve ark. yaptığı bir çalışmada kanal aletinin çapının başka bir deyişle apikal bölgede sıkışan bir kanal aletinin kullanımının Root ZX'in doğruluğunu etkilediğini bulmuştur (71).

Herrera ve ark. tarafından yapılan başka bir çalışmada ise apikal foramen 0,6 mm'ye kadar genişletildiğinde, kullanılan kanal aletinin çapı ne olursa olsun Root ZX'in ölçüm doğruluğunu yüksek bulmuşlardır. Apikal foramenin boyutu 0,7 mm olduğunda ise EAB'nin doğru ölçüm yapabilmesi için #45 nolu eğeden daha büyük bir eğe kullanımının gerektiği bildirilmiştir. Apikal foramenin boyutu 0,8 mm'yi aştığında ise Root ZX'in verdiği sonuçların doğru olmadığı görülmüştür (72).

Apikal foramenin çapının artması ile EAB'lerin doğruluklarının azaldığı tespit edilmiştir. Akisue ve ark. yaptıkları bir çalışmada, 5 farklı EAB'yi apikal çapları farklı olan dişlerde kullanmışlar ve bu cihazlardan Propex II ve iPex'in doğruluğunun, apikal çapın artması ile azaldığını tespit etmiştir (73).

2.10.2. Pulpa vitalitesi

EAB cihazların pulpanın vitalitesinden etkilenip etkilenmediği hala kesin olarak bilinmemektedir. Yapılan bir çalışmada Dunlap ve ark. Root ZX ile vital ve devital dişlerde ölçüm yapmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamıştır (59).

Yapılan başka bir çalışmada pulpa vitalitesinin ölçüm doğruluğunu etkilemediği, devital ve vital dişlerde alınan ölçümler arasında anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmıştır (74).

Pulpa vitalitesinin EAB'lerin doğruluğunu etkilediğini gösteren bir çalışma da yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, nekroz dişlerin apikalinde yapısal ve patolojik değişikliklerin olabileceği ve bu değişikliklerin EAB'lerin ölçüm doğruluğunu etkileyebileceği bildirilmiştir (59).

2.10.3. Elektro-iletken solüsyonlar ve doku sıvıları

Geliştirilen ilk EAB'ler kök kanalı içindeki elektro iletkenlerin varlığında çalışma boyu ölçümlerinde yanlış sonuçlar vermişlerdir (75).

Yeni nesil EAB cihazlarının üreticileri ise ürettikleri bu cihazların elektro iletkenlerden olumsuz etkilenmediklerini öne sürmektedir. Yeni nesil EAB'ler, kök kanalı çalışma boyunu 2 ya da 2'den fazla frekans kullanarak belirlemekte, böylece elektro iletkenlerin varlığından etkilenmeden doğru ölçüm yapabilmektedirler (76).

Yapılan bir çalışmada, çalışma boyu ölçüm doğruluğunun kök kanalının içeriği ile ilişkili olduğu, kök kanalı içindeki sodyum hipoklorit (NaOCl) varlığında ise cihazın ölçüm doğruluğunun etkilendiği gösterilmiştir (77).

Yapılan başka bir çalışmada, lokal anestezi solüsyonlar, nekrotik doku artıkları ve irrigasyon solüsyonları gibi elektro iletken maddelerin EAB'lerin ölçüm doğruluğunu etkilemediği gösterilmiştir (78).

Tüm bu çalışmalara rağmen; anestezi solüsyon, irrigasyon solüsyonları, kan ve nekrotik doku artıkları gibi elektro iletkenlerin EAB'lerin ölçüm doğruluğunu etkileyip etkilemediği tam olarak netlik kazanmamıştır (62).

2.10.4. Perforasyonlar, kök kırıkları ve rezorpsiyonlar

EAB'lerin kök kanalı çalışma boyu tespitinin yanında, apikal kök rezorpsiyonu, perforasyonlar ve horizontal kök kırıklarını yüksek doğruluk oranlarıyla saptayabildiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (9, 79).

Kök perforasyonları, periodontal dokular ile kök kanalı arasında oluşan, anatomik olmayan açılmalar olarak tanımlanabilir.

Kök perforasyonlarının meydana geliş nedenlerinden ilki iatrojenik nedenlerdir. Bunun dışında tedavi edilmeyen çürükler ve rezorpsiyonlar da kökte perforasyonlara neden olabilmektedir (80).

Goldberg ve ark. yaptıkları in vitro bir çalışmada, apikal kök rezorpsiyonu oluşturdukları dişlerden Root ZX ile ölçüm almış ve Root ZX'in 0,5 mm'de %62,7 oranında doğru ölçüm yaptığını göstermiştir (9).

Teorikte, perforasyon veya kök kırığının olduğu nokta periodontal aralıkla temas noktası olduğundan, EAB'nin apeks çizgisini gösterdiği yer, perforasyon bölgesini gösterir. Justy II'nin kullanıldığı in vitro bir çalışmada, vertikal ve horizontal kök kırığı oluşturulmuş dişlerde alınan ölçümler sonucunda, Justy II'nin horizontal kök kırıklarını saptayabildiği; ancak vertikal kök kırıklarını saptamada yetersiz kaldığı görülmüştür (66).

2.10.5. Değişik metal tiplerinin etkisi

Değişik metal tiplerinin EAB'lerin ölçüm doğruluğunu etkileyip etkilemediği sorusu gündeme gelmiş olsa da, bir problem olarak görülmemektedir (54).

Thomas ve ark. yaptıkları çalışmada, 20 adet çekilmiş dişin 10 numaralı ege ile gerçek boylarını belirlendikten sonra dişlerde Root ZX cihazı kullanarak nikel titanyum ve paslanmaz çelik el aletleri ile elektronik ölçümleri yapmıştır. Sonuç olarak, Ni-Ti ya da paslanmaz çelik eğelerin kullanımının Root ZX'in doğruluğunu anlamlı olarak etkilemediğini bildirmiştir (81).

Nekoofar ve ark., Neosono Ultima EZ (Amadenat) cihazının doğruluğunu paslanmaz çelik ve nikel titanyum ege kullanarak değerlendirmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamıştır (47).

2.10.6. Kök kanal tedavisi tekrarı

Yaptıkları bir çalışmada Alves ve ark. Tri Auto ZX'in kök kanal tedavisinin tekrarında apikal foramenin yerini tespit etme kapasitesini in vitro olarak

değerlendirmiştir. Kök kanal tedavisi öncesi ve sonrası ölçülen çalışma boyları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Tri Auto ZX, %80' den fazla dişte $\pm 0,5$ mm içinde güvenilir bulunmuştur (82).

Goldberg ve ark. yaptıkları çalışmada 3 farklı apeks bulucuyu (NovApex, Root ZX, Propex) tek köklü dişlerde kök kanal tedavisinin yenilenme sırasındaki çalışma boyunu ilk hesaplanan çalışma boyu ile karşılaştırmış, in vitro olarak $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm aralığında cihazların doğruluklarını değerlendirmiş ve aralarında anlamlı bir fark bulmamıştır (83).

2.10.7. Süt dişlerinde elektronik apeks bulucu kullanımı

Kök kanal tedavisinde çalışma boyunun doğru hesaplanması süt dişlerinde daimi diş germinin zarar görmemesi açısından büyük önem taşımaktadır. Daimi dişlere göre süt dişlerinin farklı anatomiye sahip olması çalışma boyunun hesaplanmasında referans alınacak noktaların belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Süt dişlerinde apikal daralımın olmaması ve fizyolojik rezorpsiyona uğramaları sebebiyle apikal açıklığın devamlı değişmesi gibi zorluklar da bulunmaktadır (84).

EAB'ler, çocuklardaki tedavi süresinin kısa tutulması gerekliliği, süt dişlerindeki fizyolojik kök rezorpsiyonu ve farklı kök kanal morfolojileri gibi nedenlerden dolayı çalışma boyu tespitinde avantaj sağlamaktadır (85).

Angwaravong ve ark. Root ZX'in doğruluğunu değerlendirdikleri in vitro bir çalışmada, 60 adet kök rezorpsiyonu olan süt azı dişini kullanmış ve cihazın %96,7 oranında başarılı olduğunu bildirmiştir (86).

2.11. Elektronik Apeks Bulucular ile Yapılan In vivo ve In vitro Çalışmalar

EAB'lerin kullanıldığı çalışmalarda, dişler salin, jelatin, aljinat, agar ve diğer kimyasallara gömülerek kullanılmıştır. Baldi ve ark. salin, salin emdirilmiş sünger, agar, jelatin ve aljinatı karşılaştırmış ve aljinatı diğerlerinden üstün bulmuştur.

Kolloidal kıvamıyla periodontal ligamenti taklit eden aljinat, kullanımı kolay, elektro iletken bir malzemedir (87).

Alves ve ark. Tri Auto ZX cihazının, kanin dişlerinde kanal tedavisinin tekrarlanması sırasında ölçtüğü değeri, kanal tedavisi öncesi ölçtüğü değerle karşılaştırmıştır. Kullanılan cihazın %80 doğruluk oranı ile ölçüm yaptığı rapor edilmiştir (82).

Goldberg ve ark. yaptıkları çalışmada 3 farklı apeks bulucuyu (NovApex, Root ZX, Propex) tek köklü dişlerde kök kanal tedavisinin yenilenme sırasındaki çalışma boyunu ilk hesaplanan çalışma boyu ile karşılaştırmış, in vitro olarak $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm aralığında cihazların doğruluklarını değerlendirmiş ve aralarında anlamlı bir fark bulmamıştır (83).

Çekilmiş üst molarlarda meziobukkal ve palatinal kök kanallarında Propex cihazı ile belirlenen çalışma boyları ile radyografik çalışma boylarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, meziobukkal kanallarda EAB'lerle belirlenen ölçümlerin radyografik yöntemle göre daha doğru sonuçlar verdiği, palatinal kanallarda ise anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (88).

Raypex 5 ile Dentaport ZX cihazının karşılaştırıldığı in vivo bir çalışmada, EAB ile belirlenen çalışma boyu ile radyografik apeks arasındaki fark Raypex 5 için $1,0 \pm 0,67$ mm, Dentaport ZX için $1,08 \pm 0,73$ mm değerinde bulunmuştur (89).

Evcil ve ark. kesici ve premolar dişlerde yıkama solüsyonlarını (salin, EDTA, NaOCl) değiştirerek Apex Pointer ve Propex cihazlarını in vitro ortamda karşılaştırmış ve gruplar arasında anlamlı bir fark bulmamıştır (90).

Er ve ark. kök kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında kullanılan üç değişik çözücünün (Guttasolv, Resosolv, Endosolv) Root ZX Mini'nin doğruluğuna etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, EAB'nin doğruluğunun kök kanalı içerisinde çözücü varlığında düştüğünü bildirmiştir (91).

Kolanu ve ark. kök kanalı çalışma uzunluğunun belirlenmesinde kullanılan eğenin çapının ve apikal foramenin çapının Propex Pixi cihazının doğruluğuna etkisini değerlendirmişlerdir.

Kullanılan eğenin çapından bağımsız olarak apikal foramenin çapı 0,6 mm iken Propex Pixi'nin doğru mler yaptığı, çap 0,8 mm'ye çıkarıldığında ise cihazın m doğruluğunun dt bildirilmiştir (61).

Uzunoğlu ve ark. kalsiyum hidroksitin farklı uzaklaştırma teknikleri ile (%0,9'luk salin, %0,9'luk salin ve master apikal eğe (MAF), %17'lik EDTA, %17'lik EDTA ve MAF, %5,25'lik NaOCl, %5,25'lik NaOCl ve MAF), kök kanalından çıkartılmasından sonra, kök kanallarından uzaklaştırılamayan kalsiyum hidroksit artıklarının Root ZX'in doğruluğuna etkisini değerlendirmiştir. %17'lik EDTA- MAF ve %5,25'lik NaOCl – MAF grupları kalsiyum hidroksitin kök kanallarından uzaklaştırılmasında daha etkili bulunmuş ve kalsiyum hidroksitin kalıntılarının Root ZX'in doğruluğuna olumsuz etki yaptığı bildirilmiştir (92).

2.12.Çalışmada Kullanılan Elektronik Apeks Bulucular

2.12.1. Root ZX Mini

Kobayashi ve ark. tarafından 1991 yılında, otomatik kalibrasyon sağlayan ve nemli ortamda kullanılabilen ilk modern EAB Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) piyasaya sunmuşlardır (93). Root ZX (Resim 5), kanalda sonlanma noktasını saptamak için 0,4 ve 0,8 kHz'lik frekanslardaki empedans değerlerini aynı anda erek birbirlerine oranlamaktadır. Bunun yanı sıra güçlü mikro işlemcilere sahip olduğu, algoritma hesabı ve matematiksel oranlama yapabildiği için diğer EAB'lere göre daha doğru sonuçlar verdiği bildirilmiştir (53).

m doğruluğunun elektro iletken sıvılardan etkilenmediği söylenen Root ZX nc kuşak EAB'ler arasındadır (9).



Resim 25: Çalışmada kullanılan Root ZX Mini elektronik apeks bulucu

2.12.2. Raypex 6

Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya), Raypex 4 ve Raypex 5 EAB'lerinin değerlendirilmesi ve performansının daha iyi olduğu Raypex serisinin en son üyesidir. Raypex 6'da (Resim 6) multi-frekans apeks bulucu teknolojisi kullanılmıştır ve otomatik kalibrasyon yapabilmektedir. Moscoso ve ark. yaptığı bir çalışmada Raypex 6'nın, $\pm 0,5$ mm'de %88,22 ve ± 1 mm'de %100 doğruluk oranına sahip olduğunu göstermiştir (94). Yapılan başka bir çalışmada ise apikal çapın 0,57 mm'nin üzerine çıktığı durumlarda Raypex 6'nın doğruluk oranının düştüğü gösterilmiştir (95).



Resim 26: Çalışmada kullanılan Raypex 6 elektronik apeks bulucu

2.12.3. Propex Pixi

Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), çok frekanslı cep boyutunda bir EAB'dir (Resim 7). Bu cihazın çalışma prensibi 2 frekanslı empedans ölçümüne benzer şekildedir; ancak minör apikal foramene ulaşmaya kadar meydana gelen hızlı empedans değerlerinden dolayı 2'den fazla frekans kullanarak çalışmaktadır (96). Yapılan bir çalışmada, geniş lezyon bulunan dişlerin çalışma boyları CBCT ve Raypex 6 ve Propex Pixi kullanılarak hesaplanmış ve aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır (97).



Resim 27: Çalışmada kullanılan Propex Pixi elektronik apeks bulucu

2.12.4. E-Pex Pro

E-Pex Pro (Changzhou Sifary Medical Technology Co., Ltd, Jiangsu, China) multi-frekans teknolojisi ile üretilmiş, otomatik kalibrasyon sistemi olan, kuru ve ıslak kanallarda kullanılabilen bir EAB cihazı olarak piyasaya sürülmüştür (Resim 8). Yapılan bir çalışmada dişlerin çalışma boyu CBCT, Propex Pixi ve E-Pex Pro kullanılarak hesaplanmış ve Propex Pixi ve E-Pex Pro elektronik apex bulucularının doğruluğu CBCT'den daha iyi bulunmuştur (98).



Resim 28: Çalışmada kullanılan E-Pex Pro elektronik apeks bulucu

2.13. Endodontide İrrigasyonun Önemi

Travma ve çürük gibi nedenlerle meydana gelen pulpa hastalıklarında kök kanalları enfekte, nekrotik, vital pulpa dokusu ile dolu olabilir. Preparasyon sırasında bu artık maddelerin apikal foramenden taşırılmadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle kök kanalının mekanik preparasyonu öncesi ve sırasında, antimikrobiyal özellikte ve nekrotik materyali çözebilen bir solüsyonla kısa aralıklarla yıkanması gerekir. Kök kanal tedavisi sırasında irrigasyon solüsyonu kullanmanın yararları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Enfekte materyal ile sert ve yumuşak doku artıkları, kimyasal ve fiziksel olarak kanaldan uzaklaştırılır. Kullanılan irrigasyon solüsyonları debrisleri uzaklaştırarak mikroorganizmaların beslenmelerini olumsuz etkilemekte, tip ve sayılarını azaltmaktadır.
2. Kullanılan aletlerde lubrikant etki göstererek daha kolay çalışılmasını sağlamaktadır.

3. Kök kanalları içerisindeki artık organik ve inorganik materyaller eritilmektedir.
4. Kanal içinde kullanılan dezenfekte edici maddelerin etkinlikleri artmaktadır.
5. Dentin talaşlarının apikalde birikmesi ya da tıkaç oluşturması ihtimali azalmaktadır.
6. Preparasyon sırasında oluşan dentin talaşları pulpa odası içine yükselerek aspirasyon ya da kağıt konlarla uzaklaştırılabilmektedir (99).

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir:

1. Kök kanallarındaki inorganik ve organik debris ve dokuları eritebilmeli,
2. Diş ve çevre dokularına karsinojenik, toksik ve antijenik etkisi olmamalı,
3. Düşük yüzey gerilimine sahip olarak mekanik preparasyonda ulaşılabilen bölgelere etki edebilmeli,
4. Mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkili olmalı ve bu etkinliğini kullanımı sonrasında kök kanalında bir müddet daha devam ettirebilmeli,
5. Lubrikasyon özelliğiyle aletlerin rahat çalışmasını sağlamalı,
6. Endotoksinlere etki edebilmeli,
7. Kök kanalında kolayca nötralize olmamalı,
8. Kanal dolgu materyalini olumsuz etkilememeli,
9. Smear tabakasını uzaklaştırabilmesi, dentine zarar vermemeli,
10. Dişte renkleşme yapmamalı,
11. Kolay temin edilebilmeli,
12. Kolay uygulanabilmeli,
13. Daimi restorasyonun dişin duvarlarına bağlanmasına olumsuz etkisi olmamalı,
14. Düşük maliyetli olmalı,
15. Kolay saklanabilmeli,
16. Uzun raf ömrü olmalıdır (100).

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği sadece solüsyonun kimyasal özelliğine değil ısı, miktarı, irrigasyon iğnesinin yerleşme derinliği, temas süresi, iğnenin çapı ve tipi, solüsyonun tazeliği ve yüzey gerilimine bağlıdır.

Bu solüsyonlar dentin duvarları ve debrisle temas etmelidir. Bu temasın sağlanabilmesi solüsyonun dentini ıslatabilmesine; yani irriganın yüzey gerilimine bağlıdır. Irriganın yüzey gerilim değeri azaldıkça dentin duvarlarına adaptasyon yeteneği artmaktadır (101).

İrrigasyon için günümüze kadar birçok solüsyon kullanılmıştır. Serum fizyolojik, NaOCl, çeşitli anestetik solüsyonlar, klorheksidin (CHX), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), MTAD, hidrojen peroksit, doksisisiklin, tetraclean, klorin dioksit, REDTA, Rc-Prep, SmearClear gibi ajanlar tek başlarına ya da kombine bir şekilde kullanılmıştır (102).

Farklı özelliklere sahip olup aynı irrigasyon amaçları için kullanılmış olan bu irrigasyon materyallerinin hiçbirisi ideal bir irrigasyon solüsyonundan beklenen bütün özellikleri tek başına sağlayamadığı için bir yandan mevcut olanlarla istenilen özelliklere ulaşmak için çeşitli irrigasyon uygulama metotları (ultrasoniklerle kullanım, elektro-kimyasal olarak aktive edilmiş su, lazerler, oksidatif potansiyelli su, fotodinamik terapi, ozonlu su gibi) geliştirilmeye çalışılırken, bir yandan da ideal irrigasyon solüsyonuna ulaşma çabaları devam etmektedir. İdeal solüsyona ulaşabilmek amacıyla gündeme gelen diğer konu da farklı özelliklere sahip olan solüsyonların kombine kullanılmasıdır (103).

2.13.1. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.13.1.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)



Resim 29: Çalışmada kullanılan NaOCl

NaOCl, organik doku çözücü özelliği ve güçlü antimikrobiyal etkinliği sayesinde endodontide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonlarından biridir. %1-15 arasındaki konsantrasyonlarına ve pH'ı 12 olan ticari formlarına ulaşmak mümkündür. NaOCl, suda sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrışır (104).

Hipoklorit iyonu hipokloröz asitle dengededir. Nötral ve asidik pH' da hipokloröz asit, 9 ve üzeri pH' da hipoklorit iyonu baskın haldedir.

Hipokloröz asit, solüsyonun antibakteriyel etkinliğini mikrobiyal hücrelerde vital fonksiyonları yok edip hücre ölümüne neden olarak gösterir. Organik dokuyla temas eden hipokloröz asit, protein amino gruplarıyla birleşen klorini serbest bırakarak hücrenin metabolizmasını bozan kloramini oluşturur. Bakteriyel enzimler için lazım olan sülfidril gruplarını geri dönüşümsüz olarak okside eden klorin, bakteriyel enzimleri bozarak antimikrobiyal aktivite gösterir. NaOCl, antimikrobiyal etkisini yüksek pH'ından alır. Yüksek pH, enzimatik yıkımla stoplazma membran bütünlüğünü bozar, fosfolipid yıkımına ve metabolizmada biyosentetik değişimlere yol açar. NaOCl'nin, yağ ve organik doku çözücü olduğu, yağ asitlerini alkol ve sabuna dönüştürdüğü, aminoasitleri tuz ve suya dönüştürdüğü bildirilmiştir (105).

İrrigasyon solüsyonunun dentinin organik yapısında yıkım oluşturması, dentinin mekanik özelliklerini etkileyebilir. Yapılan bir çalışmada NaOCl'in sıgır dentininde iki saatlik temasının serum fizyolojik ile karşılaştırıldığında, dentinde esneme direnci ve elastik modül değerlerinde %3'ten daha fazla azalttığı bildirilmiştir (106).

NaOCl'nin etkinliğinin artırılması, pH'ının artması, sıcaklığının artması, çalışma zamanının uzatılması ve ultrasonik aktivasyonu ile sağlanmaktadır. Genellikle piyasada satılan %5,25'lik NaOCl, salin ya da su ile seyreltilerek kullanılmaktadır. Solüsyonun konsantrasyonunun artması, antibakteriyel özelliğinin ve doku çözücü etkinliğinin artışına neden olmakta, fakat ajanı daha toksik hale getirmektedir (107).

NaOCl solüsyonuna asetik asit, borik asit gibi asitler eklenerek pH'ını 6-7,5 değerine getirmek, ajanın antimikrobiyal etkisini artırabilir, ancak bu durumda doku çözücü etkisi azalabilir. Düşük konsantrasyonlardaki NaOCl solüsyonunun kök kanalı içerisindeki etkisini artırmak için ajanın sıcaklığı artırılabilir. Böylece solüsyonun doku çözme etkisi de artabilir (108).

Hipoklorit solüsyonunun ısıtılmasıyla organik debris daha etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. Isıtılmış hipoklorit solüsyonunun antibakteriyel etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada 5-60°C aralığında her 5°C sıcaklık artışında sodyum hipokloritin bakterisidal etkinliğinin iki kattan fazla arttığı gösterilmiştir.

Düşük konsantrasyonlu ısıtılmış NaOCl solüsyonunun toksisitesinin, yüksek konsantrasyonlu ısıtılmamış NaOCl solüsyonundan daha az olduğu bildirilmiştir (109).

NaOCl solüsyonlarının etkilerini gösterebilmek için belirli bir çalışma zamanına ihtiyacı vardır. NaOCl'in antibakteriyel etkisi ve doku çözme kabiliyetinden sorumlu olan klorin bileşeni kararsızdır ve dokuların çözülmesi esnasında 2 dakika içinde tükenmektedir. Bu nedenle irrigasyon solüsyonunun sürekli yenilenmesi gerekir (110).

2.13.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)



Resim 30: Çalışmada kullanılan EDTA

EDTA, ilk kez Ferdinand Munz tarafından 1935 yılında kloroasetik asit ve etilen diamin kullanılarak hazırlanmıştır. Günümüzde EDTA bileşiği, formaldehit (methanal), etilendiamin (1,2-diaminoetan) ve sodyum siyanitten sentezlenmektedir. EDTA poliaminokarboksilik asit olup,

$[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ formülüne sahiptir. Smear tabakasının mineralize bölümüne bağlanarak uzaklaştıran bir irriganttır. Ca^{+2} ve Fe^{+3} gibi metal iyonlarına bağlanmaktadır. EDTA'nın bağladığı bu metal iyonları solüsyonun içerisinde kalır ama reaksiyona girme kabiliyetleri azalır (111).

Diş hekimliğinde ilk defa Nygaard Ostby tarafından 1957 yılında kullanılmıştır. Nygaard Ostby %15'lik EDTA'nın 7,3 pH'da şu şekilde kullanılmasını önermiştir:

- EDTA'nın disodyum tuzu (17,0 gr)
- 5 mol sodyum hidroksit (9,25 ml)
- Distile su (100 ml)

Yüzey gerilimi düşük olan irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun daha iyi olabileceği bildirilmiştir. Bu yüzden EDTA solüsyonunun içine yüzey gerilimini düşürüp, antimikrobiyal özelliğini ve temizleme etkinliğini artırmak için bir deterjan (Cetavlon) eklenmiş, EDTAC adıyla piyasaya sürülmüştür (112). Ancak EDTAC'ın yumuşak dokularda enflamatuvar reaksiyonlara çok daha fazla neden olduğu gösterilmiştir (113). Ayrıca, EDTA ile EDTAC'ın etkinliği arasında anlamlı bir fark olmadığı da bildirilmiştir (112).

Şelatörler başlangıçta mekanik preparasyon sırasında yıkama amaçlı olarak kullanılmıştır. Daha sonra özellikle kalsifiye ya da dar kanallarda ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılmıştır (114).

Nygaard Ostby, EDTA'nın diş sert dokular üzerindeki demineralizasyon etkisini 'sabit çözünebilirlik ürünü' prensibi ile şöyle açıklamaktadır:

'Mineral içeriği esasen kalsiyum ve fosfattan oluşan dentin gibi maddeler su içinde eriyebilir. EDTA'nın disodyum tuzu bu reaksiyona eklendiğinde, solüsyondan kalsiyum iyonları uzaklaştırılır, bu da dentinden daha fazla miktarda iyonun çözünmesine ve çözünen bu ürünün sabit kalabilmesine neden olur. Böylece EDTA, kalsiyum ile kararlı bileşikler oluşturarak dentinde dekalsifikasyona neden olur.'

Mevcut olan bütün iyonlar bağlandığında, denge oluşur ve daha fazla dekalsifikasyon meydana gelmez' (112).

Seidberg ve Schilder, EDTA'nın demineralizasyon etkisinin kendi kendini sınırlayabildiğini bildirmişlerdir. Bu özelliğin, dentinde demineralizasyon sırasında oluşan pH değişikliği sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Birçok şelasyon ajanının pH' sı nötrale yakındır. Dentindeki kalsiyumun hidrojenle yer değiştirmesi neticesinde pH düşmeye başlar. Asit salınımı sebebi ile EDTA'nın etkisi azalmaya başlar, asidin hidroksiapatitle reaksiyonu neticesinde de dentinin çözünübilirliği sınırlanmış olur (115).

Alkali ya da nötral EDTA solüsyonunun etkinliğinin, asidik EDTA solüsyonunun etkinliğine göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. pH'sı 7,5 olan EDTA'nın pH'sı 9,0 olan EDTA'ya göre dentinden daha çok fosfor salınımına yani demineralizasyona sebebiyet verdiği yapılan bir çalışmayla gösterilmiştir (116).

Endodontide genellikle nötral pH'daki %17'lik EDTA solüsyonu kullanılmaktadır. Cury ve ark. yaptığı bir çalışmada EDTA'nın pH'sının dentindeki demineralizasyon miktarını etkilediğini ve pH 5,0-6,0 arasında demineralizasyonun en fazla olduğunu bildirmiştir (117).

Kök kanalı içerisinden smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA'nın uygulanma süresinin de önem arz ettiği bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarla jel ya da sıvı EDTA'nın 1 ve 5 dakikalık uygulamalarının iyi bir temizleme etkisi sağladığı gösterilmiştir (118, 119). Yapılan bir çalışmada 10 ml EDTA'nın 1 dk boyunca uygulanmasının smear tabakasını uzaklaştırmada yeterli olduğu, 10 dk boyunca uygulanmasının ise intratübüler ve peritübüler dentinde fazla miktarda erozyona neden olduğu gösterilmiştir (119).

EDTA'nın az da olsa bir antimikrobiyal etkisi olduğu ve bu etkinin solüsyonun konsantrasyonuna ve pH'sına bağlı olduğu bildirilmiştir. Bakterilerin dış duvarında bulunan metal iyonlarıyla şelasyon yapıp bakteriyel yüzey proteinlerini açığa çıkararak bakterilerin ölümüne neden olur (111). Orstavik ve ark. dentin tübüllerinde 100-300 µm derinliğinde bulunan S. sanguis sayısının, 5 dakikalık NaOCl uygulanmasından sonra azaldığını fakat %17'lik EDTA' nın uygulanmasıyla dezenfeksiyonun sağlanamadığını rapor etmiştir (120).

Şen ve ark. EDTA'nın *C.albicans*'a etkisinin hekzetidin, klorheksidin, nistatine, povidon-iyot ve benzalkonyum klorür'e göre daha fazla olduğunu bildirmiş ve oral kandidoz insidansı fazla olan hastaların tedavisinde kök kanallarında EDTA'nın kullanılmasını tavsiye etmiştir (121).

EDTA, smear tabakasında yalnızca inorganik artıklara etki ettiği için organik artıkların uzaklaştırılması amacı ile % 0,5–5,25' lik NaOCl solüsyonu ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Bu irrigantların kombine kullanımları temizleme ve antimikrobiyal etkinliklerini oldukça arttırmaktadır (122). NaOCl ve EDTA kombine kullanıldığında, NaOCl'nin doku çözme etkinliği azalır fakat EDTA Ca^{+2} bağlama yeteneğini sürdürür. Bundan dolayı iki solüsyonun ayrı ayrı kullanılması tavsiye edilmektedir (123).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

2019/33 protokol no'lu in vitro çalışmamız 19.07.2019 tarihli Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu tarafından bilimsel ve etik açıdan uygun bulundu.

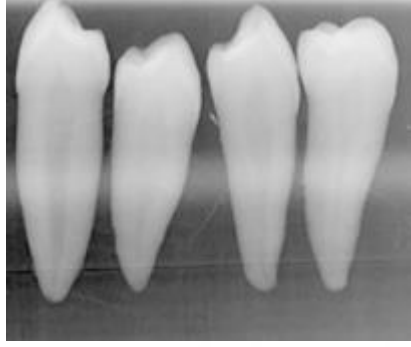
3.1. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

Bu in vitro çalışmada, protetik ve periodontal sebeplerle çekilmiş, çürüksüz ve restorasyonsuz, apeksleri kapanmış tek kanal ve tek köklü 80 adet mandibular premolar diş kullanıldı (Resim 11).



Resim 31: Çalışmada kullanılan dişler

Dişlerin tümünden mezio-distal ve bukko-lingual açılardan radyografler alındı (Resim 12) ve eksternal ya da internal kök rezorbsiyonu, kalsifiye kanal bulunan dişler çalışmaya dahil edilmedi.



Resim 32: Dişlerden alınan radyografi

Dişler üzerinde bulunan yumuşak doku artıkları ve debrisler periodontal kretuar ve küret kullanılarak uzaklaştırıldı. Dişler çalışmada kullanılıncaya kadar distile su içinde oda sıcaklığında saklandı.

3.2. Gerçek Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi

Dişlerin bukkal tüberkülü, sabit bir referans hattı elde edilmesi için su soğutması altında elmas bir fissür frez yardımıyla düzleştirildi. Standart giriş kavitesi açıldıktan sonra kanal ağzları belirlenip pulpa artıkları ve debris uzaklaştırıldı. Her bir dişin koronal 1/3'lük kısmı Protaper SX (Dentsply Sirona, ABD) eğesi ile genişletildi.

Dişlere #10 nolu K tipi (VDW GmbH, Münih, Almanya) kanal aleti yerleştirilip, stereomikroskop (Leica, Wetzlar, Almanya) altında x5 büyütmede (Resim 13) bu alet majör foramenden görününceye kadar ilerletildi (Resim 14). Eğin lastik stoperi, düzleştirilmiş olan bukkal tüberküle tam olarak yerleştirildi. Daha sonra kanal içerisinden çıkarılan el aletinin uç kısmı ile stoperin alt kenarı arasındaki mesafe 0,01 mm hassasiyet gösteren dijital kumpas yardımıyla ölçüldü (Resim 15).



Resim 33: Çalışmada kullanılan stereomikroskop



Resim 34: Stereomikroskop görüntüsü



Resim 35: Çalışmada kullanılan dijital kumpas

Her diş için elde edilen ölçüm kök kanalının toplam uzunluk değeri olarak kaydedildi. Kaydedilen bu değerden 0,5 mm çıkarıldı ve bu değer gerçek kök kanal çalışma boyu olarak belirlendi (Resim 16).



Resim 36: Dişlerin belirlenen gerçek kök kanal boyları

3.3. Elektronik Olarak Kök Kanal Çalışma Boyunun Tespit Edilmesi

Diş kökleri, in vitro olarak periodontal ligamenti taklit etmesi için mine-sement sınırına kadar aljinat (Dentsply Sirona, ABD) model içerisine gömüldü. Çalışmada kullanılan elektronik apeks bulucunun dudak klipsi aljinat modelin içerisine gömüldü. Dişin içine #10 nolu K tipi eğe yerleştirildi. Cihazın tutucu ucu eğeye tatbik edildi ve elektronik ölçümlere başlandı. Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının birbirleriyle temasını önlemek için her solüsyon kullanımının ardından kök kanalları distile su ile yıkanıp kağıt konlar ile kurulandı. Cihazlar üretici firmaların önerileri doğrultusunda kullanılarak örneklerin elektronik ölçümleri yapıp kaydedildi.

EAB cihazlarla ölçüm yapılırken kanal önce 1 ml %5,25'lik NaOCl (Promida, Eskişehir, Türkiye) solüsyonu ile irrigé edildi, ölçümler yapıldı. Kanal daha sonra 5 ml distile su ile yıkanıp, kurulandı. Kök kanalı bu defa 1 ml %17'lik EDTA (Prime Dental Products Pvt. Ltd. Thane, Hindistan) ile irrigé edilip tekrar ölçümler yapıldı.

Root ZX Mini cihazıyla ölçümler yapılırken kanal içerisindeki eğe ekranda 'APEX' okuması elde edilinceye kadar ilerletildi ve devamında son yeşil çubuğa varıncaya kadar geri çekildi. Eğenin stoperi bukkaldeki referans noktasında sabitlendikten sonra stoper ile eğe ucu arasındaki mesafe 0,01 mm'lik dijital kumpas ile ölçölüp kaydedildi (Resim 17).



Resim 37: Root ZX Mini cihazı ile ölçüm

Raypex 6 cihazıyla ölçümler yapılırken kanal içerisindeki eğe ekranda kırmızı çubuk görününceye kadar ilerletildi ve devamında son sarı çubuğa varıncaya kadar geri çekildi.

Eğenin stoperi bukkaldeki referans noktasında sabitlendikten sonra stoper ile eğe ucu arasındaki mesafe 0,01 mm'lik dijital kumpas ile ölçülüp kaydedildi (Resim 18).



Resim 38: Raypex 6 cihazı ile ölçüm

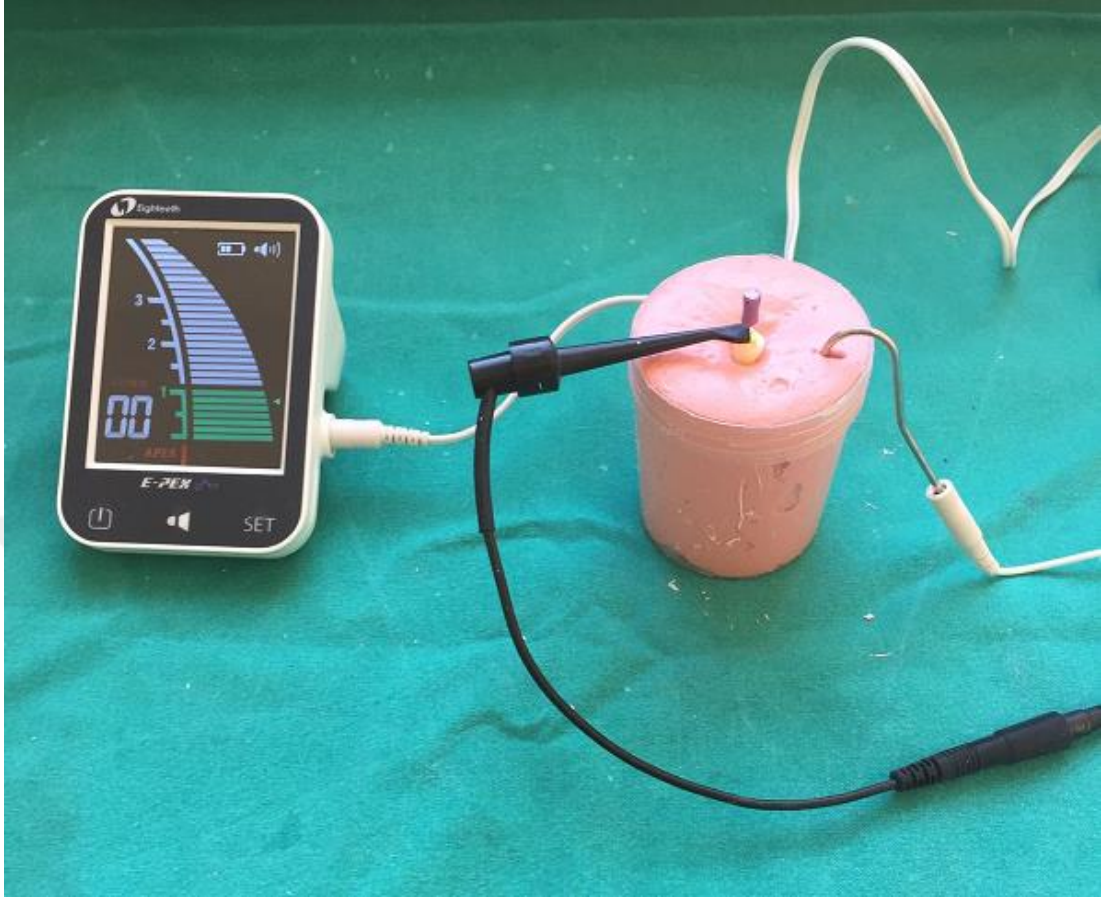
Propex Pixi cihazıyla ölçüm yapılırken kanal içerisindeki eğe ekranda 'OVER' yazısı görününceye kadar ilerletildi ve devamında son sarı çubuğa varıncaya kadar geri çekildi.

Eğenin stoperi bukkaldeki referans noktasında sabitlendikten sonra stoper ile eğe ucu arasındaki mesafe 0,01 mm'lik dijital kumpas ile ölçölüp kaydedildi (Resim 19).



Resim 39: Propex Pixi cihazı ile ölçüm

E-Pex Pro cihazıyla ölçüm yapılırken kanal içerisindeki eğe ekranda kırmızı çubuk görününceye kadar ilerletildi ve devamında son yeşil çubuğa varıncaya kadar geri çekildi. Eğenin stoperi bukkaldeki referans noktasında sabitlendikten sonra stoper ile eğe ucu arasındaki mesafe 0,01 mm'lik dijital kumpas ile ölçölüp kaydedildi (Resim 20).



Resim 40: E-Pex Pro cihazı ile ölçüm

3.4. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS (IBM V 21, Şikago, ABD) paket programı ile analiz edilmiştir.

Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken birim sayıları nedeniyle Kolmogorov Smirnov'dan yararlanılmıştır. Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p < 0,05$ olması durumunda değişkenlerin normal dağılımdan gelmediği, $p > 0,05$ olması durumunda ise değişkenlerin normal dağılımdan geldikleri kabul edilmiştir.

Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi durumunda Mann Whitney U ve Kruskal Wallis-H Testlerinden yararlanılmıştır. Anlamlı farklılık görülmesi durumunda Post-Hoc testlerinden yararlanarak anlamlı gruplar tespit edilmiştir.

Ölçüm değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Pearson korelasyon testinden yararlanılmıştır.

Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p < 0,05$ olması durumunda anlamlı bir farklılığın/ ilişkinin olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı bir farklılığın/ ilişkinin olmadığı belirtilmiştir.



4. BULGULAR

Çalışmada 4 cihaz ve 2 solüsyon kullanılarak, her bir solüsyon için 80 gözlem, her bir cihaz için ise 160 gözlem yapılmıştır.

		n	%
Morita Root ZX mini	NaOCl	80	50
	EDTA	80	50
	Toplam	160	100
Raypex 6	NaOCl	80	50
	EDTA	80	50
	Toplam	160	100
Propex Pixi	NaOCl	80	50
	EDTA	80	50
	Toplam	160	100
E-pex	NaOCl	80	50
	EDTA	80	50
	Toplam	160	100
Toplam	NaOCl	320	50
	EDTA	320	50
	Toplam	640	100

Tablo 1: Cihaz ve solüsyonlara ilişkin frekans dağılım tablosu

			Solüsyon						Mann Whitney U Testi		
			n	Mean	Median	Min	Max	SS	Mean Rank	z	p
Morita Root ZX mini	Ölçümler	NaOCl	80	20,35	20,4	15,6	24,4	1,83	80,99	-	0,893
		EDTA	80	20,32	20,35	15,4	24,7	1,83	80,01	0,135	
		Toplam	160	20,34	20,4	15,4	24,7	1,82			
	Gerçek uzunluk	NaOCl	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5	0	1
		EDTA	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5		
		Toplam	160	20,79	20,7	16,5	25	1,67			
Raypex 6	Ölçümler	NaOCl	80	20,39	20,5	16	24,4	1,73	80,56	-	0,988
		EDTA	80	20,4	20,35	15,8	24,7	1,73	80,44	0,015	
		Toplam	160	20,39	20,5	15,8	24,7	1,72			
	Gerçek uzunluk	NaOCl	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5	0	1
		EDTA	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5		
		Toplam	160	20,79	20,7	16,5	25	1,67			
Propex Pixi	Ölçümler	NaOCl	80	20,47	20,5	15,9	24,5	1,73	80,46	-	0,99
		EDTA	80	20,46	20,5	15,5	24,4	1,75	80,54	0,012	
		Toplam	160	20,46	20,5	15,5	24,5	1,73			
	Gerçek uzunluk	NaOCl	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5	0	1
		EDTA	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5		
		Toplam	160	20,79	20,7	16,5	25	1,67			
E-pex	Ölçümler	NaOCl	80	20,48	20,7	15,2	24,5	1,81	81,73	-	0,737
		EDTA	80	20,43	20,5	16,4	24,4	1,76	79,27	0,336	
		Toplam	160	20,45	20,6	15,2	24,5	1,78			
	Gerçek uzunluk	NaOCl	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5	0	1
		EDTA	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	80,5		
		Toplam	160	20,79	20,7	16,5	25	1,67			

Tablo 2: Cihazlarda ölçümler ve gerçek uzunluk değerleri bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık

Her bir cihazda ölçüm değerleri ve gerçek uzunluk değerleri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

			Cihaz						Kruskal Wallis H Testi		
			n	Mean	Media n	Mi n	Ma x	ss	Mean Rank	H	p
NaOCl	Ölçümler	Morita Root ZX mini	80	20,35	20,4	15,6	24,4	1,83	156,24	0,425	0,935
		Raypex 6	80	20,39	20,5	16	24,4	1,73	158,58		
		Propex Pixi	80	20,47	20,5	15,9	24,5	1,73	162,09		
		E-pex	80	20,48	20,7	15,2	24,5	1,81	165,09		
		Toplam	320	20,42	20,55	15,2	24,5	1,77			
	Gerçek uzunluk	Morita Root ZX mini	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5	0	1
		Raypex 6	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		Propex Pixi	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		E-pex	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		Toplam	320	20,79	20,7	16,5	25	1,67			
EDTA	Ölçümler	Morita Root ZX mini	80	20,32	20,35	15,4	24,7	1,83	156,45	0,255	0,968
		Raypex 6	80	20,4	20,35	15,8	24,7	1,73	160,34		
		Propex Pixi	80	20,46	20,5	15,5	24,4	1,75	163,59		
		E-pex	80	20,43	20,5	16,4	24,4	1,76	161,61		
		Toplam	320	20,4	20,45	15,4	24,7	1,76			
	Gerçek uzunluk	Morita Root ZX mini	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5	0	1
		Raypex 6	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		Propex Pixi	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		E-pex	80	20,79	20,7	16,5	25	1,68	160,5		
		Toplam	320	20,79	20,7	16,5	25	1,67			

Tablo 3: Solüsyonlarda ölçümler ve gerçek uzunluk değerleri bakımından cihazlar arasındaki farklılık

Her bir solüsyonda ölçüm değerleri ve gerçek uzunluk değerleri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

		Gerçek uzunluk	Morita Root ZX Mini NaOCl	Morita Root ZX Mini EDTA	Raypex 6 NaOCl	Raypex 6 EDTA	Propex Pixi NaOCl	Propex Pixi EDTA	E-Pex NaOCl
Morita Root ZX Mini NaOCl	r	,965**							
Morita Root ZX Mini EDTA	r	,981**	,972**						
Raypex 6 NaOCl	r	,966**	,982**	,967**					
Raypex 6 EDTA	r	,972**	,971**	,982**	,965**				
Propex Pixi NaOCl	r	,966**	,980**	,984**	,973**	,972**			
Propex Pixi EDTA	r	,969**	,973**	,982**	,966**	,981**	,977**		
E-Pex NaOCl	r	,952**	,960**	,963**	,961**	,960**	,965**	,959**	
E-Pex EDTA	r	,970**	,968**	,983**	,963**	,978**	,974**	,976**	,948**

Tablo 4: Gerçek uzunluk ve ölçüm değerleri arasındaki ilişki

Gerçek uzunluk ile her bir gruptaki ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmaktadır ($p<0,05$). Gerçek uzunluk ile her bir gruptaki ölçümler arasında pozitif yönlü ve güçlü korelasyon bulunmaktadır.

(Not: İlişki katsayısı (r) 1'e yaklaştıkça ilişkinin gücü o kadar artmaktadır.)

			Mann whitney U Testi								
			n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	z	p
Morita Root ZX mini	NaOCl	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,44	-0,4	-1,8	0,9	0,49	82,39	-0,519	0,604
	EDTA	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,47	-0,5	-1,6	0,7	0,37	78,61		
	Toplam	Gerçek Ölçümden Sapmalar	160	-0,45	-0,5	-1,8	0,9	0,43			
Raypex 6	NaOCl	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,4	-0,4	-1,8	0,8	0,45	80,38	-0,033	0,974
	EDTA	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,39	-0,3	-1,5	0,6	0,41	80,62		
	Toplam	Gerçek Ölçümden Sapmalar	160	-0,4	-0,4	-1,8	0,8	0,43			
Propex Pixi	NaOCl	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,32	-0,3	-1,5	1	0,45	80,62	-0,033	0,974
	EDTA	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,34	-0,3	-1,6	0,6	0,43	80,38		
	Toplam	Gerçek Ölçümden Sapmalar	160	-0,33	-0,3	-1,6	1	0,44			
E-pex	NaOCl	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,31	-0,3	-2,6	1	0,56	84,68	-1,143	0,253
	EDTA	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,36	-0,4	-1,4	0,8	0,43	76,33		
	Toplam	Gerçek Ölçümden Sapmalar	160	-0,34	-0,3	-2,6	1	0,5			

Tablo 5: Cihazlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık

Morita Root ZX mini cihazında gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte Morita Root ZX mini cihazında gerçek ölçümden sapma değeri, EDTA solüsyonunda NaOCl solüsyonuna göre daha fazladır.

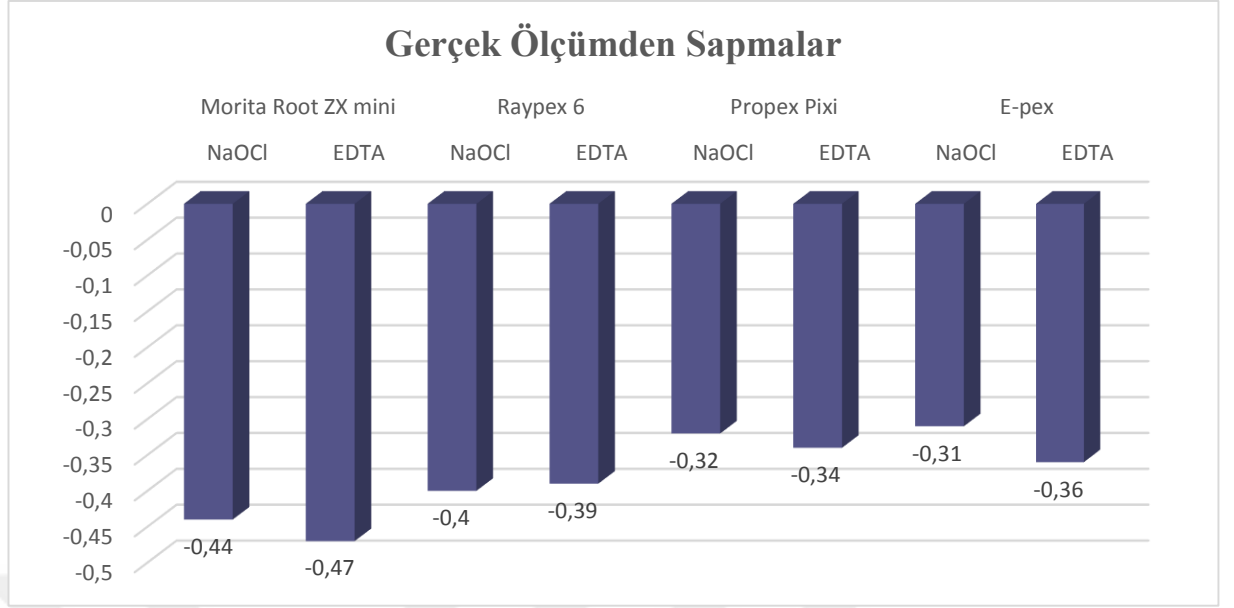
Raypex 6 cihazında gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte Raypex 6 cihazında gerçek ölçümden sapma değeri, EDTA solüsyonunda NaOCl solüsyonuna göre daha fazladır.

Propex Pixi cihazında gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte Propex Pixi cihazında gerçek ölçümden sapma değeri, EDTA solüsyonunda NaOCl solüsyonuna göre daha fazladır.

E-pex cihazında gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte E-pex cihazında gerçek ölçümden sapma değeri, EDTA solüsyonunda NaOCl solüsyonuna göre daha fazladır.

Cihaz ayrımı gözetmeksizin bakıldığında ise; gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte gerçek ölçümden sapma değeri, EDTA solüsyonunda NaOCl solüsyonuna göre daha fazladır.



Şekil 3: Cihazlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından solüsyonlar arasındaki farklılık

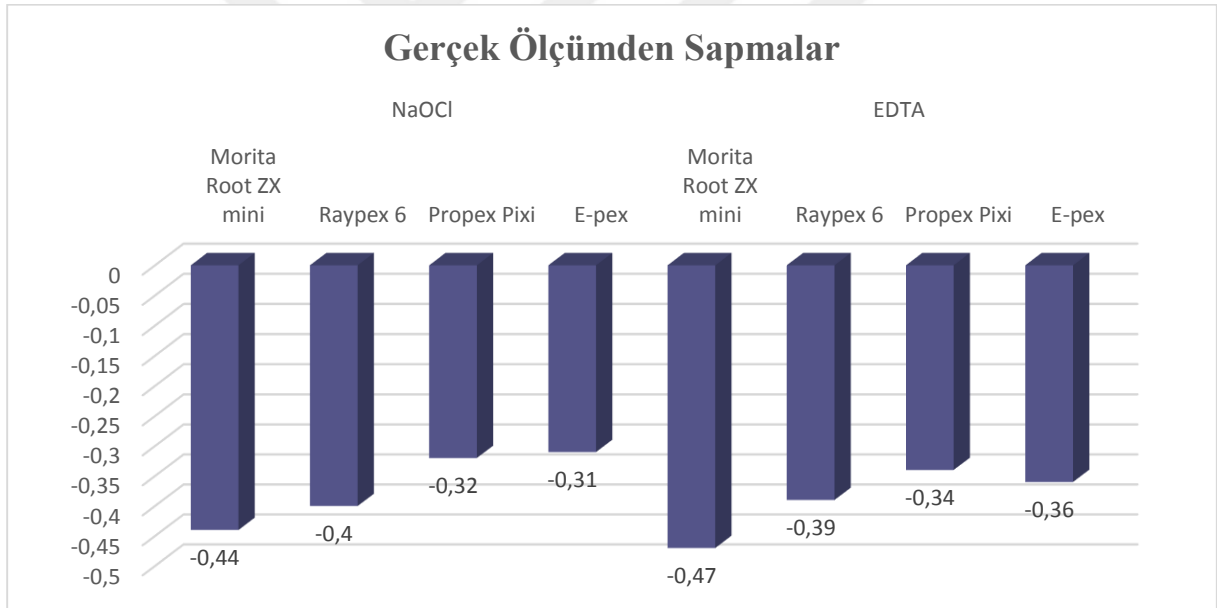
									Kruskal Wallis H Testi		
			n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	H	p
NaOCl	Morita Root ZX mini	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,44	-0,4	-1,8	0,9	0,49	144,55	6,175	0,103
	Raypex 6	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,4	-0,4	-1,8	0,8	0,45	152,33		
	Propex Pixi	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,32	-0,3	-1,5	1	0,45	167,81		
	E-pex	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,31	-0,3	-2,6	1	0,56	177,31		
EDTA	Morita Root ZX mini	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,47	-0,5	-1,6	0,7	0,37	140,06	6,317	0,097
	Raypex 6	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,39	-0,3	-1,5	0,6	0,41	159,8		
	Propex Pixi	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,34	-0,3	-1,6	0,6	0,43	174,93		
	E-pex	Gerçek Ölçümden Sapmalar	80	-0,36	-0,4	-1,4	0,8	0,43	167,21		

Tablo 6: Solüsyonlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından cihazlar arasındaki farklılık

NaOCl solüsyonunda gerçek ölçümden sapma değeri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte NaOCl solüsyonu Morita Root ZX mini cihazında, gerçek ölçümden sapma değeri bakımından, diğer tüm cihazlara göre daha fazla azalma göstermiştir.

EDTA solüsyonunda gerçek ölçümden sapma değeri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EDTA solüsyonu Morita Root ZX mini cihazında, gerçek ölçümden sapma değeri bakımından, diğer tüm cihazlara göre daha fazla azalma göstermiştir.



Şekil 4: Solüsyonlarda gerçek ölçümden sapmalar bakımından cihazlar arasındaki farklılık

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinde yeterli bir şekillendirme, kanalın çalışma uzunluğunun doğru bir şekilde tespit edilmesiyle sağlanabilmektedir. Kanalın çalışma uzunluğu, ilgili dişin koronal bölgesinde belirlenen sabit bir referans nokta ile şekillendirmenin ve dolgunun bitirileceği nokta arasındaki uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Çalışma uzunluğunun tam olarak saptanamaması durumunda, kök kanalında yetersiz ya da taşkın şekillendirme yapılmaktadır. Taşkın şekillendirme yapıldığında apikal daralım bölgesi bozulmakta ve periapikal dokular zarar görmektedir. Yetersiz şekillendirmede ise mikroorganizmalar tam olarak temizlenememekte ve yapılan endodontik tedavinin başarı oranı düşmektedir (94).

Çalışma uzunluğu genellikle radyografiler ile saptanmaktadır; ancak radyografik değerlendirmeler anatomik apeks ile majör foramen arasındaki ilişkiye ve kanal kurvatürüne bağlı olarak tam sonuç vermeyebilir. Bunun yanında radyografiler iki boyutlu görüntü sağladığından yanlış yorumlamalara neden olabilmektedir. Tüm bu nedenlerle çalışma boyunu doğru bir şekilde saptayabilmek için radyografilerle birlikte EAB'lerin kullanılması tavsiye edilmektedir (124).

EAB'lerin doğruluğu ile ilgili in vitro ve in vivo olmak üzere çok sayıda çalışma yapılmıştır. Duran-Sindreu ve ark. yaptıkları bir çalışmada Root ZX cihazının doğruluğunu hem in vitro hem de in vivo ortamda çalışmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulmamıştır (125). Huang ve ark. ise EAB'ların değerlendirilmesinde in vitro model kullanılmasını tavsiye etmiş, sebebinin de daha fazla örneğin daha kısa sürede değerlendirilebileceği olduğunu belirtmiştir (126).

Briseno-Marroquin ve ark. yapılan in vitro çalışmaların istatistiksel anlamda daha güvenilir analizlere imkan tanıdığını, farklı eğe boyutları ve EAB ile çalışma olanağı sağlayıp, tekrar eden ölçümlere müsaade eden daha çok sayıda numune içereceğini belirtmiştir (127). Bu çalışma, bütün bu bilgiler ışığında in vitro koşullarda yapıldı.

Wu ve ark., yapılan çalışmalarda farklılıkları en aza indirmek için kullanılan dişlerin aynı grup olmasını ve bu dişlerin kanal çaplarının, kanal anatomilerinin ve boyutlarının birbirine benzer olması gerektiğini belirtmiştir.

Standardizasyonun sağlanabilmesi adına çürüksüz ve restorasyonu bulunmayan dişlerin kullanılması gerektiğini de belirtmiştir (128). Tüm bu sebeplerle çalışmamızda, anatomik farklılıklardan kaçınmak ve kök kanallarını standardize etmek için tek köklü ve tek kanallı, çürüksüz, restorasyonsuz, yeni çekilmiş alt premolar dişler kullanıldı. Çalışmaya başlamadan dişlerin tek kanala sahip olduğunu belirlemek için meziodistal ve bukkolingual yönden radyografiler alındı.

EAB' ler ile yapılan çalışmalarda oluşacak hataların azaltılması ve çalışmanın sonuçlarının etkilenmemesi için eğe üzerindeki lastik stoperin düz bir yüzeyde sabitlenmesi gerektiği bildirilmiştir (129, 130). Bu sebeple bu çalışmada dişlerin bukkal tüberkül tepeleri su soğutması altında elmas frezlerle düzleştirilip sabit bir referans noktası elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, gerçek çalışma uzunluğunun saptanmasında insan gözünün kök ucundaki kanal eğesini görmede yetersiz olacağı ve bu sebeple eğenin büyütme kullanılarak daha net görülebileceği, mikroskopların ya da loopların kullanılması gerektiği belirtilmiştir (131, 132). Bu sebeple bu çalışmada gerçek çalışma uzunluğunu belirlemek için stereomikroskop kullanıldı.

EAB'ler, insan dokuları arasında bulunan elektriksel farklılıkları değerlendirerek çalışır. İn vitro ortamı in vivo ortamı gibi taklit etmek için dişler aljinat bloklara gömülmüştür. (71, 126). Bu çalışmada aljinat bloklar elektriksel ortam koşullarını sağlaması, periodontal ligamenti taklit etmesi, maliyetinin ucuz ve kullanımının kolay olması sebebiyle tercih edilmiştir.

Lucena-Martin ve ark. yaptıkları çalışmada, nem kaybının minimum olması için aljinatın karıştırılmasının ardından 2 saat içinde elektronik ölçümlerin bitirilmesi gerektiğini bildirmiştir (133).

Lipski ve ark. ise elektronik olarak en doğru ölçümlerin aljinatın karıştırılmasından sonraki 30 dakika içinde elde edildiğini savunmuşlardır (134).

Bu çalışmada elektronik ölçümler yapılırken her 30 dakikada bir yeniden aljinat karıştırılmıştır.

Kök kanallarının preparasyonu ve doldurulması sırasında tedavinin bitirilmesi gereken apikal sınır, endodontide tartışma konularından biridir. Bir çalışmada minör ve majör forameni saptamanın zor olduğu, radyolojik apeksin referans noktası olarak alınmasının daha güvenilir olacağı bildirilmiştir (22).

Ricucci ve ark. yaptıkları çalışmada kanalın şekillendirilme ve doldurulma işlemlerinin apikal daralma bölgesinin gerisinde bitirilmesinin en başarılı sonucu verdiğini; kullanılan patın ve gütta perkanın periapikal dokulara taşıdığı durumlarda ise bu dokularda enflamasyon oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple kök kanal tedavisinin apikal daralımda ya da biraz gerisinde bitirilmesinin gerektiğini belirtmiştir (135).

Gerçek kök kanal çalışma uzunluğunun EAB'ler ile belirlenen ölçümlerin değerlendirildiği çalışmalarda, gerçek uzunluğun apikal sınırı kimi çalışmada minör foramen, kimi çalışmada ise majör foramen olarak kabul edilmiştir (21, 60, 132).

Majör foramenin gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırı olarak kabul edilip yapılan çalışmalarda, ışık mikroskobu veya büyüteç ile majör foramen saptanmış ve kanal içindeki eğe foramen dışına çıkana kadar ilerletilmiştir. Diş kuronundaki referans noktası ile majör foramen arasındaki mesafe gerçek kanal uzunluğu olarak kabul edilmiştir (21, 132).

Minör foramenin gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırı olarak kabul edilip yapılan çalışmalarda ise minör foramen iki farklı yolla saptanmıştır:

İlkinde; majör foramen saptandıktan sonra diş kuronundaki referans noktası ile majör foramen arasındaki mesafe belirlenmiştir. Minör foramenin majör foramenden 0,5-1 mm gerisinde olduğu bilgisi esas alınarak ölçülen değerden 0,5 mm veya 1 mm eksiltiyle elde edilen ölçüm gerçek kanal uzunluğu olarak belirlenmiştir (60, 136).

İkincisinde ise dişlerin apikalinde 3-4 mm'lik kısımda, kanal içindeki eğe görününceye kadar diş kökünün apikalinde aşındırma yapılmış, ışık mikroskobu ile büyütme altında minör foramen görsel olarak saptanmıştır.

Diş kuronundaki referans noktası ile minör foramen arasındaki mesafe gerçek kanal uzunluğu olarak belirlenmiştir (137, 138).

Endodontik tedavinin sonlandırılması gereken noktanın minör foramen olması gerektiğini bildiren çalışmalar ışığında (10, 135), bu çalışmada minör foramen tedavinin bitirilmesi gereken apikal sınır olarak belirlendi ve minör foramenin majör foramenin 0,5-1 mm gerisinde olduğu bilgisi de esas alınarak, dişin kuronunda belirlenen referans nokta ile majör foramen arasında ölçülen mesafeden 0,5 mm eksilterek elde edilen uzunluk gerçek kanal uzunluğu olarak kabul edildi.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, gerçek kök kanal uzunluğu ile EAB'lerin belirlediği uzunluk arasında fark değerleri açısından kullanılan cihazlar (Root ZX Mini, Raypex 6, Propex Pixi ve E-Pex Pro) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$).

Yapılan bazı çalışmalarda EAB cihazların doğruluklarının elektro iletken sıvılardan veya irrigasyon solüsyonlarından etkilenip etkilenmediği konusu değerlendirilmiştir.

Trope ve ark. yaptıkları çalışmada, eski jenerasyon EAB cihazların nem, irrigasyon solüsyonu, vital pulpa dokusu gibi elektro iletkenlerin kanal içerisinde varlığı durumunda ölçüm doğruluklarının azaldığını bildirmiştir (8).

Kobayashi ve ark. yaptıkları çalışmada, farklı frekanslardaki empedans oranlarının, kanal içerisindeki farklı elektro iletkenlerin (distile su, EDTA, NaOCl gibi) varlığında değişmediğini bildirmiştir (93).

Bu çalışmada 4 farklı EAB cihazın (Root ZX Mini, Raypex 6, Propex Pixi, E-Pex Pro) doğruluğu, kanal içerisinde iki farklı irrigasyon solüsyonu (%5,25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA) varlığında değerlendirildi.

Altunbaş ve ark. yaptıkları çalışmada, irrigasyon solüsyonu olarak %0,9'luk NaCl, %17'lik EDTA VE %2,5'lik NaOCl solüsyonlarını kullanıp iki farklı EAB'nun bu irrigasyon solüsyonları varlığında ve kuru ortamda ölçüm doğruluklarını değerlendirmiştir. Dentaport ZX cihazı ile yapılan ölçümlerde gerçek çalışma boyuna en yakın sonuçlara kanal içinde %17'lik EDTA varlığında, en uzak sonuçlara ise kanal içinde %2,5'lik NaOCl varlığında ulaşılmıştır.

Router cihazında ise en yakın sonuçlara kanalın kuru olduğu durumda ulaşılırken, en uzak sonuçlara kanal içinde %0,9'luk NaCl varlığında ulaşılmıştır (139).

Venturi ve Breschi ise Root ZX ve Apexfinder cihazları ile yaptıkları çalışmada kanalların kuru olması durumunda (düşük iletken koşullarda) yapılan ölçümlerin yanlış ve dengesiz olduğunu bildirmiştir (140).

Fan ve ark. yaptıkları bir çalışmada Root ZX, Propex ve Neosono UltimaEZ cihazlarını kullanmış ve bu cihazların doğruluğuna kanal içinde farklı irrigasyon solüsyonları varlığında bakmışlardır. Kanal içinde elektro iletken sıvı bulunduğunda kullanılan EAB'lerin doğruluklarının azaldığını saptamışlardır (141).

Marigo ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada ise Dentaport ZX cihazının, kanal içinde NaOCl varlığında da yokluğunda da doğruluğunun değişmediğini bildirmiştir (142).

Mevcut çalışmamızın sonuçlarına göre her bir cihazda ölçüm değerleri ve gerçek uzunluk değerleri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Ayrıca her bir solüsyonda ölçüm değerleri ve gerçek uzunluk değerleri bakımından cihazlar arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki başlangıç yıkama solüsyonlarının farklı olması gerçek uzunluğa yakın ölçümlerin yapılmasında EAB cihazları etkilememiştir.

Duran-Sindreu ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada Root ZX ve iPex cihazlarının doğrulukları, kanal içinde farklı irrigasyon solüsyonları (NaOCl ve klorheksidin) varlığında değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre farklı irrigasyon solüsyonları kullanımının EAB cihazların doğruluklarını etkilemediği bildirilmiştir (143). Bu araştırmanın sonuçları bizim çalışma sonuçlarımızı desteklemektedir.

Jenkins ve ark. yaptıkları bir çalışmada ise Root ZX cihazının doğruluğuna farklı irrigasyon solüsyonlarının (RC Prep, Peridex, EDTA, %5,25'lik NaOCl, %3'lük H_2O_2) varlığında bakmış ve bu solüsyonların cihazın doğruluğuna herhangi bir etkisinin olmadığını saptamıştır (76).

Serna-Pena ve ark. yaptıkları in vivo bir çalışmada üç farklı EAB cihazın (Root ZX Mini, Propex Pixi ve Apex ID) doğruluğunu çekim endikasyonu konulmuş dişler üzerinde değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptamamıştır (96). Bu in vivo çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Gehlot ve ark. yaptıkları in vitro bir çalışmada, dört farklı EAB cihazın (Root ZX, Propex Pixi, Elements diagnostic unit and apex locator, SybronEndo Mini Apex Locator) doğruluğunu, ölçüm yapılan eğenin yapısının (paslanmaz çelik ve nikel-titanyum) değiştirip değiştirmediğini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda Root ZX'in ölçüm doğruluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Root ZX'in ölçüm doğruluğu paslanmaz çelik egede %93,3 iken NiTi egede %70 olarak bulunmuştur (144).

Garcia-Herverth ve ark. yaptıkları in vitro bir çalışmada, maksiller ve mandibular molar dişlerde Root ZX Mini ve Raypex 6 cihazlarının doğruluğunu radyografik ve mikroskobik olarak değerlendirmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptamamıştır (145).

Van Pham ve ark. yaptıkları bir çalışmada çalışma uzunluğunu bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve Propex Pixi ile E-Pex Pro cihazları ile belirlemiştir. Çalışmanın sonucunda E-Pex Pro %87,5, Propex Pixi %82,6, CBCT %71,7 doğruluk oranlarını göstermiştir ve bu oranlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$) (98).

6. SONUÇLAR

1. Her bir cihazda ölçüm değerleri ve gerçek uzunluk değerleri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).
2. Gerçek uzunluk ile her bir gruptaki ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmaktadır ($p<0,05$). Gerçek uzunluk ile her bir gruptaki ölçümler arasında pozitif yönlü ve güçlü korelasyon bulunmaktadır.
3. Cihaz ayrımı gözetmeksizin bakıldığında; gerçek ölçümden sapma değeri bakımından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EDTA solüsyonunun gerçek ölçümden sapma değeri, NaOCl solüsyonuna göre daha fazla azalmıştır.
4. NaOCl solüsyonunda gerçek ölçümden sapma değeri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte NaOCl solüsyonunun gerçek ölçümden sapma değeri, Morita Root ZX mini cihazında diğer tüm cihazlara göre daha fazla azalma
5. EDTA solüsyonunda gerçek ölçümden sapma değeri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EDTA solüsyonunun gerçek ölçümden sapma değeri, Morita Root ZX mini cihazında diğer tüm cihazlara göre daha fazla azalma göstermiştir.
6. Solüsyon ayrımı gözetmeksizin bakıldığında ise; gerçek ölçümden sapma değeri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Solüsyon ayrımı gözetmeksizin, Morita Root ZX mini cihazında, gerçek ölçümden sapma değeri, Propex Pixi ve E-pex cihazlarına göre anlamlı derecede fazla azalma göstermiştir.
7. EAB cihazları ile gerçek çalışma uzunluğunun tespitinde başlangıç yıkama solüsyonlarının değişkenliği sonuçları etkilememiştir.

7. KAYNAKLAR

1. Schilder, H., Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*, 2006. 32(4): p. 281-290.
2. Chugal, N.M., J.M. Clive, and L.S. Spångberg, Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2003. 96(1): p. 81-90.
3. Cederberg, R.A., et al., Endodontic working length assessment: Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1998. 85(3): p. 325-328.
4. Martínez- Lozano, M., et al., Methodological considerations in the determination of working length. *International endodontic journal*, 2001. 34(5): p. 371-376.
5. Krishnan, I.S. and S. Sreedharan, A comparative evaluation of electronic and radiographic determination of root canal length in primary teeth: An in vitro study. *Contemporary clinical dentistry*, 2012. 3(4): p. 416.
6. Stein, T.J. and J.F. Corcoran, Radiographic "working length" revisited. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 1992. 74(6): p. 796-800.
7. Sunada, I., New method for measuring the length of the root canal. *Journal of dental research*, 1962. 41(2): p. 375-387.
8. Trope, M., G. Rabie, and L. Tronstad, Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Dental Traumatology*, 1985. 1(4): p. 142-145.
9. Goldberg, F., et al., In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *Journal of Endodontics*, 2002. 28(6): p. 461-463.
10. Grove, C.J., Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *The Journal of the American Dental Association* (1922), 1930. 17(2): p. 293-296.
11. Coolidge, E.D., Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *The Journal of the American Dental Association* (1922), 1929. 16(8): p. 1456-1465.
12. Kuttler, Y., Microscopic investigation of root apices. *The Journal of the American Dental Association*, 1955. 50(5): p. 544-552.
13. Hassanien, E.E., A. Hashem, and H. Chalfin, Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with

- electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. *Journal of endodontics*, 2008. 34(4): p. 408-412.
14. Palmer, M., F. Weine, and H. Healey, Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *Journal of the Canadian Dental Association*, 1971. 37(8): p. 305-308.
 15. Ponce, E.H. and J.A.V. Fernández, The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *Journal of endodontics*, 2003. 29(3): p. 214-219.
 16. Blaškovič- Šubat, V., B. Maričić, and J. Šutalo, Asymmetry of the root canal foramen. *International endodontic journal*, 1992. 25(3): p. 158-164.
 17. Burch, J.G. and S. Hulen, The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1972. 34(2): p. 262-268.
 18. Olson, A., et al., The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *International Endodontic Journal*, 1991. 24(1): p. 28-35.
 19. Kasahara, E., et al., Root canal system of the maxillary central incisor. *Journal of Endodontics*, 1990. 16(4): p. 158-161.
 20. Dummer, P.M., J.H. McGinn, and D.G. REES, The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*, 1984. 17(4): p. 192-198.
 21. Ounsi, H. and A. Naaman, In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *International endodontic journal*, 1999. 32(2): p. 120-123.
 22. Wu, M.-K., P.R. Wesselink, and R.E. Walton, Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2000. 89(1): p. 99-103.
 23. Pagavino, G., R. Pace, and T. Baccetti, A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 1998. 24(6): p. 438-441.
 24. Simon, J., The apex: how critical is it? *General dentistry*, 1994. 42(4): p. 330-334.
 25. Heo, M.-S., et al., Effect of ambient light and bit depth of digital radiograph on observer performance in determination of endodontic file positioning. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2008. 105(2): p. 239-244.

26. Ricucci, D. and K. Langeland, Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International endodontic journal*, 1998. 31(6): p. 394-409.
27. Gutierrez, J.H. and P. Aguayo, Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 1995. 79(6): p. 769-777.
28. Katz, A., A. Tamse, and A.Y. Kaufman, Tooth length determination: a review. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 1991. 72(2): p. 238-242.
29. ElAyouti, A., R. Weiger, and C. Löst, Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *Journal of endodontics*, 2001. 27(1): p. 49-52.
30. Vieyra, J., J. Acosta, and J. Mondaca, Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *International endodontic journal*, 2010. 43(1): p. 16-20.
31. Hedrick, R.T., et al., Radiographic determination of canal length: direct digital radiography versus conventional radiography. *Journal of endodontics*, 1994. 20(7): p. 320-326.
32. Erdoğan, A.E. and B. Sonat, Üç farklı apeks bulucunun naocl varlığında kanal çalışma boyu belirleme etkinliklerinin in vitro karşılaştırılması.
33. Schmitz, M.d.S., et al., Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in mandibular molars: SEM analysis. *Brazilian dental journal*, 2008. 19(3): p. 245-251.
34. Shivanna, V. and D. Agarwal, Influence of cervical preflaring on apical file size determination-An in vitro study. *Endodontology*, 2010. 1: p. 73-7.
35. Tınaz, C., Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2001. 18(1): p. 31-37.
36. Stabholz, A., I. Rotstein, and M. Torabinejad, Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. *Journal of endodontics*, 1995. 21(2): p. 92-94.
37. Stock, C., Endodontics-position of the apical seal. *British dental journal*, 1994. 176(9): p. 329.
38. Seidberg, B.H., et al., Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *The Journal of the American Dental Association*, 1975. 90(2): p. 379-387.
39. Cohen, S. and R. Burns, *Pathways of the pulp*. St. Louis: Mosby-Year Book. 1994, Inc.

40. Ingle, J.I., L.K. Bakland, and J.C. Baumgartner, Ingle's endodontics 6th ed. United States of America: BC Decker, 2008. p. 342-5.
41. Schaeffer, M.A., R.R. White, and R.E. Walton, Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *Journal of endodontics*, 2005. 31(4): p. 271-274.
42. Green, D., Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 1960. 13(6): p. 728-733.
43. Tamse, A., I. Kaffe, and D. Fishel, Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1980. 50(6): p. 563-565.
44. Stein, T.J. and J.F. Corcoran, Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 1990. 69(2): p. 238-242.
45. Chong, B. and T.F. Pitt, Apex locators in endodontics: which, when and how? *Dental update*, 1994. 21(8): p. 328-330.
46. Shearer, A., K. Horner, and N. Wilson, Radiovisiography for length estimation in root canal treatment: an in-vitro comparison with conventional radiography. *International endodontic journal*, 1991. 24(5): p. 233-239.
47. Nekoofar, M., et al., The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International endodontic journal*, 2006. 39(8): p. 595-609.
48. Suzuki, K., Experimental study on iontophoresis. *Jpn J Stomatology*, 1942. 16: p. 411-429.
49. Brunton, P.A., D. Abdeen, and T.V. Macfarlane, The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *Journal of endodontics*, 2002. 28(7): p. 524-526.
50. Custer, L., Exact methods of locating the apical foramen. *The Journal of the National Dental Association*, 1918. 5(8): p. 815-819.
51. Pommer, O., O. Stamm, and T. Attin, Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *Journal of Endodontics*, 2002. 28(2): p. 83-85.
52. Tınaz, C., Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2001. 18(1): p. 31-37.

53. Gordon, M. and N. Chandler, Electronic apex locators. *International endodontic journal*, 2004. 37(7): p. 425-437.
54. Kim, E. and S.-J. Lee, Electronic apex locator. *Dental Clinics of North America*, 2004. 48(1): p. 35-54.
55. Inoue, N., An audiometric method for determining the length of root canals. *Journal of the Canadian Dental Association*, 1973. 39(9): p. 630-636.
56. Saito, T. and Y. Yamashita, 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): p. 65-72.
57. Frank, A.L. and M. Torabinejad, An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 1993. 19(4): p. 177-179.
58. Ushiyama, J., New principle and method for measuring the root canal length. *Journal of Endodontics*, 1983. 9(3): p. 97-104.
59. Dunlap, C.A., et al., 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): p. 48-50.
60. Plotino, G., et al., Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(5): p. 408-414.
61. Kolanu, S.K., et al., Evaluation of correlation between apical diameter and file size using Propex Pixi apex locator. *Journal of clinical and diagnostic research*., 2014. 8(12): p. 18.
62. Jarad, F., et al., Working length determination in general dental practice: a randomised controlled trial. *British dental journal*, 2011. 211(12): p. 595.
63. Zeren, A.E. and S. Şaziye, Süt dişlerinde kanal çalışma boyu ölçümünde kullanılan güncel yöntemler: dijital radyografi ve elektronik apeks bulucular. *Acta Odontologica Turcica*, 2014. 31(1): p. 49-53.
64. Koçak, S., M.M. Koçak, and B.C. Sağlam, Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: A clinical study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 2013. 16(3): p. 229.
65. Gatot, A., et al., Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *Journal of endodontics*, 1991. 17(11): p. 573-574.

66. Azabal, M., D. Garcia- Otero, and J. De la Macorra, Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International endodontic journal*, 2004. 37(3): p. 174-177.
67. Ebrahim, A.K., R. Wadachi, and H. Suda, Accuracy of three different electronic apex locators in detecting simulated horizontal and vertical root fractures. *Australian Endodontic Journal*, 2006. 32(2): p. 64-69.
68. Beach, C.W., J.D. Bramwell, and J.W. Hutter, Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *Journal of endodontics*, 1996. 22(4): p. 182-184.
69. Ebrahim, A., et al., The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. *Australian dental journal*, 2006. 51(2): p. 153-157.
70. Nguyen, H., et al., Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *International Endodontic Journal*, 1996. 29(6): p. 359-364.
71. Herrera, M., et al., Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *Journal of endodontics*, 2007. 33(8): p. 995-998.
72. Herrera, M., et al., 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): p. 1306-1309.
73. Akisue, E., et al., 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): p. 109-112.
74. Mayeda, D.L., et al., In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *Journal of endodontics*, 1993. 19(11): p. 545-548.
75. McDonald, N. and E.J. Hovland, An evaluation of the apex locator Endocater. *Journal of endodontics*, 1990. 16(1): p. 5-8.
76. Jenkins, J.A., et al., An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*, 2001. 27(3): p. 209-211.
77. Shin, H.-S., et al., Accuracy of Root ZX in teeth with simulated root perforation in the presence of gel or liquid type endodontic irrigant. *Restorative dentistry & endodontics*, 2012. 37(3): p. 149-154.
78. Fouad, A.F. and L.C. Reid, Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. *Journal of Endodontics*, 2000. 26(6): p. 364-367.

79. Fuss, Z., L.S. Assooline, and A.Y. Kaufman, Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1996. 82(3): p. 324-329.
80. Alhadainy, H.A., Root perforations: a review of literature. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 1994. 78(3): p. 368-374.
81. Thomas, A.S., G.R. Hartwell, and P.C. Moon, The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of endodontics*, 2003. 29(10): p. 662-663.
82. Alves, A., et al., 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): p. 718-724.
83. Goldberg, F., et al., In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *Journal of endodontics*, 2005. 31(9): p. 676-678.
84. Mello-Moura, A.C.V., et al., Use of artificial primary teeth for endodontic laboratory research: experiments related to canal length determination. *BMC oral health*, 2017. 17(1): p. 131.
85. Mohamed, A. and L. Steier, Uncertain Decision-Making in Primary Root Canal Treatment. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 2017. 17(3): p. 205-215.
86. Angwaravong, O. and P. Panitvisai, Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *International endodontic journal*, 2009. 42(2): p. 115-121.
87. Baldi, J.V., et al., Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal of endodontics*, 2007. 33(4): p. 476-479.
88. Krajczár, K., et al., Comparison of radiographic and electronical working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2008. 106(2): p. e90-e93.
89. Pascon, E., et al., An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *International endodontic journal*, 2009. 42(11): p. 1026-1031.

90. EVCİL, M.S., et al., Farklı Kanal Yıkama Solüsyonları Kullanılarak İki Farklı Apeks Bulucunun Doğruluğunun Karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2012(2): p. 132-137.
91. Er, O., et al., Effect of solvents on the accuracy of the Mini Root ZX apex locator. International endodontic journal, 2013. 46(11): p. 1088-1095.
92. Uzunoglu, E., et al., Calcium hydroxide dressing residues after different removal techniques affect the accuracy of Root-ZX apex locator. Restorative dentistry & endodontics, 2015. 40(1): p. 44-49.
93. Kobayashi, C., et al., New practical model of the division method electronic root canal length measuring device. J Jpn Endodon Assoc, 1991. 12: p. 143-148.
94. Moscoso, S., et al., Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal, 2014. 19(2): p. e202.
95. ElAyouti, A., et al., Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. International endodontic journal, 2005. 38(11): p. 827-833.
96. Serna-Peña, G., et al., In vivo evaluation of 3 electronic apex locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. Journal of Endodontics, 2020. 46(2): p. 158-161.
97. Üstün, Y., et al., Evaluation of the reliability of cone-beam computed tomography scanning and electronic apex locator measurements in working length determination of teeth with large periapical lesions. Journal of endodontics, 2016. 42(9): p. 1334-1337.
98. Van Pham, K. and N.K. Khuc, The Accuracy of Endodontic Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomography in Comparison with Electronic Apex Locators. Iranian Endodontic Journal, 2020. 15(1): p. 12-17.
99. Sundqvist, G. and D. Figdor, Endodontic treatment of apical periodontitis. Essential endodontology, 1998. p. 242-269.
100. Torabinejad, M., et al., Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2002. 94(6): p. 658-666.
101. Zehnder, M., Root canal irrigants. Journal of endodontics, 2006. 32(5): p. 389-398.
102. Eddy, R.S., et al., An in vitro evaluation of the antibacterial efficacy of chlorine dioxide on *E. faecalis* in bovine incisors. Journal of Endodontics, 2005. 31(9): p. 672-675.

103. Desai, P. and V. Himel, Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 2009. 35(4): p. 545-549.
104. Rutala, W.A. and D.J. Weber, Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clinical microbiology reviews*, 1997. 10(4): p. 597-610.
105. Estrela, C., et al., Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*, 2002. 13(2): p. 113-117.
106. Stoward, P.J., A histochemical study of the apparent deamination of proteins by sodium hypochlorite. *Histochemistry*, 1975. 45(3): p. 213-226.
107. Hand, R.E., M.L. Smith, and J.W. Harrison, Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 1978. 4(2): p. 60-64.
108. Rossi- Fedele, G., et al., Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. *International endodontic journal*, 2011. 44(9): p. 792-799.
109. Sirtes, G., et al., The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(9): p. 669-671.
110. Fraiss, S., Y.L. Ng, and K. Gulabivala, Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *International endodontic journal*, 2001. 34(3): p. 206-215.
111. Hargreaves, K.M., Cohen, S., Pathways of the Pulp. 2011. Instruments, materials and devices. p:223-282. St. Louis: Mosby Elsevier.
112. Hülsmann, M., M. Heckendorff, and A. Lennon, Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*, 2003. 36(12): p. 810-830.
113. Weine, F., Intracanal treatment procedures, basic and advanced topics. *Endodontic Therapy*. 1988. s:344-350. St. Louis: Mosby Elsevier.
114. Aktener, B.O. and U. Bilkay, Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *Journal of Endodontics*, 1993. 19(5): p. 228-231.
115. Seidberg, B.H. and H. Schilder, An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1974. 37(4): p. 609-620.
116. Serper, A. and S. Çalt, The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics*, 2002. 28(7): p. 501-502.

117. Cury, J.A., C. Bragotto, and L. Valdrighi, The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin: I. Influence of pH. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1981. 52(4): p. 446-448.
118. Hülsmann, M., M. Heckendorff, and F. Schäfers, Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes. *International Endodontic Journal*, 2002. 35(8): p. 668-679.
119. Calt, S. and A. Serper, Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*, 2002. 28(1): p. 17-19.
120. Ørstavik, D. and M. Haapasalo, Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*, 1990. 6(4): p. 142-149.
121. Sen, B.H., B.G. Akdeniz, and A.A. Denizci, The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2000. 90(5): p. 651-655.
122. White, R.R., M. Goldman, and P.S. Lin, The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, 1984. 10(12): p. 558-562.
123. Grawehr, M., et al., Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 2003. 36(6): p. 411-415.
124. ElAyouti, A., R. Weiger, and C. Löst, The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *Journal of endodontics*, 2002. 28(2): p. 116-119.
125. Duran-Sindreu, F., et al., Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(2): p. 236-239.
126. Huang, L., An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *Journal of endodontics*, 1987. 13(2): p. 60-64.
127. Briseño-Marroquín, B., et al., Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 2008. 34(6): p. 698-702.
128. Retief, D., Standardizing laboratory adhesion tests. *American journal of dentistry*, 1991. 4(5): p. 231-236.
129. Jakobson, S.J.M., et al., The accuracy in the control of the apical extent of rotary canal instrumentation using Root ZX II and ProTaper instruments: an in vivo study. *Journal of endodontics*, 2008. 34(11): p. 1342-1345.

130. D'assunção, F., et al., Ex vivo evaluation of the accuracy and coefficient of repeatability of three electronic apex locators using a simple mounting model: a preliminary report. *International Endodontic Journal*, 2010. 43(4): p. 269-274.
131. Hör, D., S. Krusy, and T. Attin, Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *International endodontic journal*, 2005. 38(12): p. 855-859.
132. Bernardes, R.A., et al., 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): p. 91-94.
133. Lucena-Martin, C., et al., In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 2004. 30(4): p. 231-233.
134. Lipski, M., et al., Evaluation of alginate as a substitute for root-surrounding tissues in electronic root canal measurements. *Australian Endodontic Journal*, 2013. 39(3): p. 155-158.
135. Ricucci, D. and K. Langeland, Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International endodontic journal*, 1998. 31(6): p. 394.
136. DAssunção, F.L.C., D.S. de Albuquerque, and L.C. de Queiroz Ferreira, The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 2006. 32(6): p. 560-562.
137. Welk, A.R., J.C. Baumgartner, and J.G. Marshall, An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 2003. 29(8): p. 497-500.
138. Tselnik, M., J.C. Baumgartner, and J.G. Marshall, An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *Journal of endodontics*, 2005. 31(7): p. 507-509.
139. Altunbaş, D., A. Kuştarıcı, and M. Toyoğlu, The influence of various irrigants on the accuracy of 2 electronic apex locators in locating simulated root perforations. *Journal of endodontics*, 2017. 43(3): p. 439-442.
140. Venturi, M. and L. Breschi, A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(1): p. 36-45.
141. Fan, W., et al., Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(2): p. 127-135.

142. Marigo, L., et al., Comparison of two electronic apex locators on human cadavers. *Clinical Oral Investigations*, 2016. 20(7): p. 1547-1550.
143. Duran- Sindreu, F., et al., In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *International Endodontic Journal*, 2013. 46(8): p. 769-774.
144. Gehlot, P.M., V. Manjunath, and M.K. Manjunath, 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): p. 6-11.
145. García-Herverth, B.R., et al., Accuracy of Root ZX mini and Raypex 6 in locating the apical foramen of molars: radiographic and microscopic evaluation. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 2015. 12(3): p. 239-246.