



T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI APEKS BULUCU SİSTEMLERİN FARKLI İRRİGASYON
SOLÜSYONLARI VARLIĞINDA KÖK PERFORASYONLARINI
BELİRLEMEDEKİ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA
UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Uğur AYDIN

GAZİANTEP

2019

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

FARKLI APEX BULUCU SİSTEMLERİN FARKLI İRRİGASYON
SOLÜSYONLARI VARLIĞINDA KÖK PERFORASYONLARINI
BELİRLEMEDEKİ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA

Tarih: 05.04.2019

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı Onayı

Prof. Dr. Kamile ERCİYAS
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

Bu tez çalışmasının bir “Diş Hekimliğinde Uzmanlık” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Uğur AYDIN
Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Diş Hekimliğinde Uzmanlık” tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Uğur AYDIN
Tez Danışmanı

Tez Jürisi

İmzası

Doç. Dr. Uğur AYDIN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKSOY

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda 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 beyan ederim.

Tarih: 05.04.2019

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA

TEŐEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde ve tezimin hazırlanmasında destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım, kıymetli hocam Sayın **Doç. Dr. Uğur AYDIN'a**

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini bizlerle paylaşan değerli hocam Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ'a**

Asistanlık eğitimim boyunca birlikte çalışma şansı bulduğum tüm asistan arkadaşlarıma ve bölüm personellerimize,

Bu günlere gelmemdeki emeklerinin karşılığını ve haklarını hiç bir zaman ödeyemeyeceğim, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli ailem'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kök Kanal Boyu Tespiti.....	3
2.1.1. Kök kanal boyu tespitinde kullanılan önemli anatomik noktalar	4
2.1.1.1. Anatomik apeks – Radyolojik apeks	4
2.1.1.2. Dentin-sement birleşimi (DSB).....	5
2.1.1.3. Apikal Foramen (Majör foramen) (AF)	5
2.1.1.4. Apikal daralım (minör foramen) (AD).....	6
2.1.2. Kök kanal boyu tespitinde kullanılan yöntemler	8
2.1.2.1. Parmak Ucu Hassasiyeti	8
2.1.2.2. Kağıt kon değerlendirmeleri.....	9
2.1.2.3. Radyografik yöntem	9
2.1.2.4. Elektronik yöntem (Elektronik Apeks Bulucu – EAB).....	10
2.2. Elektronik Apeks Bulucular (EAB)	12
2.2.1. EAB’lerin tarihçesi ve EAB tipleri.....	12
2.2.1.1. Rezistans tip elektronik apeks bulucular (birinci nesil)	14
2.2.1.2. Empedans tip elektronik apeks bulucular (ikinci nesil)	15
2.2.1.3. Frekans tip elektronik apeks bulucular (üçüncü nesil).....	16
2.2.1.4. Orantı tip elektronik apeks bulucular (dördüncü nesil).....	17
2.2.2. EAB’lerin kullanım alanları.....	18
2.2.3. Endodontide EAB kullanımının avantaj ve dezavantajları.....	19
2.2.3.1. Endodontide EAB kullanımının avantajları	19
2.2.3.2. Endodontide EAB kullanımının dezavantajları.....	19
2.2.4. EAB’lerin doğruluğunu etkileyebilen faktörler	20

2.2.4.1.	Apikal foramenin ve kullanılan kanal aletinin çapı.....	20
2.2.4.2.	Elektro iletken solüsyonlar ve doku sıvıları	22
2.2.4.3.	Pulpa vitalitesi	23
2.2.4.4.	Perforasyonlar, rezorpsiyonlar ve kök kırıkları.....	23
2.2.4.5.	Süt dişlerinde EAB kullanımı.....	24
2.2.5.	EAB Çalışmalarında Kullanılan İn vivo ve İn vitro Çalışma Metodlarının Karşılaştırılması	25
2.2.6.	Çalışmada kullanılan elektronik apeks bulucular	26
2.2.6.1.	Root ZX mini.....	26
2.2.6.2.	Raypex 6.....	29
2.2.6.3.	Apex ID	32
2.3.	Endodontik Perforasyonlar.....	33
2.3.1.	Perforasyon tipleri ve etyolojisi.....	33
2.3.2.	Perforasyon tanısı	37
2.3.3.	Perforasyon tamirinde prognozu etkileyen faktörler	39
2.3.3.1.	Perforasyonun lokalizasyonu.....	40
2.3.3.2.	Perforasyonun boyutu.....	40
2.3.3.3.	Perforasyonun üzerinden geçen zaman	41
2.3.3.4.	Perforasyon tamirinde kullanılan materyaller	41
2.3.4.	Perforasyon tedavisi.....	43
2.3.4.1.	Cerrahi olmayan tedavi uygulamaları	44
2.3.4.2.	Cerrahi tedavi uygulamaları	49
2.4.	Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	51
2.4.1.	Sodyum hipoklorit (NaOCl)	51
2.4.2.	Serum fizyolojik (SF)	52
2.4.3.	Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)	53
3.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	54

3.1.	Çalışma Prosedürü	54
3.2.	Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması	54
3.3.	Perforasyona Kadar Olan Gerçek Uzunlukların Görsel Olarak Ölçülmesi	55
3.4.	Perforasyona Kadar Olan Uzunlukların Elektronik Olarak Ölçülmesi	57
3.5.	İstatistiksel Analiz	59
4.	BULGULAR	61
4.1.	Çalışmada Kullanılan EAB'lerin Farklı Kanal Koşullarında Kök Perforasyonunu Saptamadaki Etkinliğine Ait Bulgular - Blant-Altman Grafikleri....	63
4.1.1.	Root ZX'in farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular	63
4.1.2.	Raypex 6'nın farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular	65
4.1.3.	Apex ID'nin farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular	67
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	70
6.	KAYNAKLAR	78
7.	EKLER	87
8.	ÖZGEÇMİŞ	89

KISALTMALAR VE SİMGELER

DSB	Dentin Sement Birleşimi
mm	Milimetre
EAB	Elektronik Apeks Bulucu
AF	Apikal Foramen
AD	Apikal Daralım
%	Yüzde
Ark	Arkadaşları
kΩ	Kiloohm
kHz	Kilohertz
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
CBCT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
MTA	Mineral Trioksit Agregat
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
NaCl	Sodyum Klorür
SF	Serum Fizyolojik
EU	Elektronik Uzunluk
Ort	Ortalama
Std Sapma	Standart Sapma
GA	Güven Aralığı
H2O2	Hidrojen Peroksit

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Kök kanalının dışına çıkan bir kanal aleti, periapikal filmde kanalın içindeymiş gibi görülmektedir	10
Resim 2.2. Tanıtılan ilk EAB The Root Canal Meter	15
Resim 2.3. 1971 yılında Inoue tarafından kullanıma sunulan Sono-Explorer	16
Resim 2.4. Modern EAB'ler Root ZX ve ProPex	18
Resim 2.5. Kök kanallarında kullanılan farklı ebatlardaki eğeler	21
Resim 2.6. Apikal açıklığı geniş olan üst keser diş	21
Resim 2.7. Yapay olarak oluşturulmuş kök perforasyonları	24
Resim 2.8. Root ZX mini	26
Resim 2.9. Kök kanal eğesi kök kanalına yerleştirildiğinde cihazın ölçümü aktifleşir. Apex çizgisine kalan çizgi sayısı sol alt köşede numaralandırılır	27
Resim 2.10. Eğe ucu apeks yakınında bir konuma ulaştığında çubuk rengi, kritik bir alana ulaştığını belirtmek için yeşile döner	27
Resim 2.11. Ölçüm aletinin sağ tarafındaki küçük üçgen referans için ayarlanan noktayı gösterir	28
Resim 2.12. Apex'in konumu "APEX" kelimesi ile temsil edilir. Bu bölgedeki sayaç çubukları pembedir	28
Resim 2.13. Raypex 6.....	29
Resim 2.14. Kök kanal uzunluğu belirleme başlangıcı	30
Resim 2.15. Kanal eğesi kök kanalının koronal ve medial bölümleri boyunca apikale doğru ilerletildikçe tam kanal görüntüsünde elips sürekli aşağıya doğru hareket eder ..	30
Resim 2.16. Kanal eğesinin ilerlemesinin büyütülmüş görüntüsü, kanalın apikal bölümünün büyütülmüş görüntüsünde gösterilir	30
Resim 2.17. Apikal bölümde gösterge çizgisi tam konumu gösterir ve sırasıyla mavi, yeşil, sarı renkleri gösterir	31
Resim 2.18. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında, gösterge çizgisi kırmızı olarak işaretlenir ve sabit bir ses çıkar	31
Resim 2.19. Kanal eğesinin ucu apikal forameni geçtikten sonra, apikal zoom görüntüsünün altında kırmızı uyarı noktası belirir ve kısa uyarı sesi duyulur.....	31
Resim 2.20. Kapalı devre olarak çalışan Apex ID cihazı.....	32

Resim 2.21. Kanal içerisinde kanal eğesi ilerletildikçe çizgiler apekse doğru sayıca artmaktadır. Apex ID cihazında apeks için standart değer fabrikada 00 olarak belirlenmiştir. Bu değer, eğenin anatomik foramenlere ulaştığı anlamına gelir.....	33
Resim 2.22. 36 numaralı dişe post yerleştirilmesi esnasında oluşturulan furkasyon perforasyonu	34
Resim 2.23. Hatalı giriş kavitesi açılması sonucu 12 numaralı dişin bukkal yüzeyden perfore olduğunu gösteren konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntüsü	35
Resim 2.24. 45 numaralı dişin mezial kök yüzeyinde post yerleştirilmesi esnasında oluşturulan perforasyon	35
Resim 2.25. 46 numaralı dişin distal kanalındaki apikal perforasyon sonucu yapılan taşkın dolum.....	36
Resim 2.26. 13 numaralı dişin eksternal servikal rezorpsiyonunun kök kanalını perfore ettiğini gösteren CBCT görüntüsü	37
Resim 2.27. Endodontik giriş kavitesi açılması sırasında perforasyon sonucu oluşan bol kanama.....	38
Resim 2.28. Bukkal yüzeyden perfore olan 21 numaralı dişin periapikal ve CBCT görüntüleri.....	39
Resim 2.29. 26 numaralı dişte furkasyon bölgesinde oluşan perforasyonun MTA ile kapatılması	43
Resim 2.30. 45 numaralı dişte giriş kavitesi sırasında oluşan perforasyonun Biodentin ile kapatılması	43
Resim 2.31. 12 numaralı dişin bukkal yüzeyünün perfore olması ve klinisyenin perfore alanı kök kanalı zannederek periodontal aralığı doldurması	45
Resim 2.32. Hatalı açılan giriş kavitesi sonucu perfore olan 12 numaralı dişin distal yüzeyinin tamiri ve periodontal aralıktan çıkarılan eğe.....	45
Resim 2.33. 21 numaralı dişin bukkal kök yüzeyindeki perfore alanın MTA ile kapatılması	47
Resim 2.34. Furkasyon bölgesindeki perforasyonun tamir materyali ile kapatılması ...	48
Resim 2.35. Kökün orta üçlüsünde lateral yüzeyde oluşan perforasyon tamir edilirken MTA'nın periodontal aralığa taşması	49
Resim 2.36. %5'lik NaOCl.....	51
Resim 2.37. %0,9'luk NaCl çözeltisi	52
Resim 2.38. %17'lik EDTA	53

Resim 3.1. Çalışmada kullanılacak örneklerin aljinat kalıba gömülmesi	55
Resim 3.2. 40 numaralı K tipi el eğesinin perfore alana doğru ilerletilmesi.....	56
Resim 3.3. El eğesinin perfore alandan çıkıp gözle görülmesi	56
Resim 3.4. Root ZX cihazı ile ölçüm yapılması.....	57
Resim 3.5. Raypex 6 cihazı ile yapılan ölçüm	58
Resim 3.6. Apex ID cihazı ile yapılan ölçüm.....	59
Resim 3.7. 0,5 mm'lik kumpas.....	59



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. 1. Apikal daralım 2. Apikal foramen (AF) 3. Dentin-sement birleşimi (DSB) 4. Anatomik apeks 5. Radyolojik apeks	4
Şekil 2.2. Apikal darlığın topografisi	8
Şekil 2.3. Elektronik apeks belirleyici cihazın çalışma prensibini anlatan şema[60].....	12
Şekil 2.4. Kritik bölge.....	40
Şekil 4.1. Kuru kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	63
Şekil 4.2. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	64
Şekil 4.3. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	64
Şekil 4.4. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	65
Şekil 4.5. Kuru kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	65
Şekil 4.6. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	66
Şekil 4.7. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	66
Şekil 4.8. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	67
Şekil 4.9. Kuru kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	68
Şekil 4.10. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	68
Şekil 4.11. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği	68
Şekil 4.12. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği.....	69

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Farklı marka EAB'ler Gordon ve Chandler'ın sınıflandırmasına göre dört nesil altında değerlendirilmiştir	13
Tablo 2.2. EAB'lerin çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılması.....	14
Tablo 4.1. Gruplara göre ortalama ölçüm değerleri ve standart sapma değerleri	61
Tablo 4.2. Ölçümler ile gerçek ölçüm arasındaki uyumu gösteren sınıf içi korelasyon katsayıları.....	61
Tablo 4.3. Ölçümler ile gerçek ölçümler arasındaki farklılığı gösteren eşleştirilmiş t testi (paired sample t test) sonuçları; GA: Güven aralığı, * 0,05 düzeyinde anlamlı	62



ÖZET

FARKLI APEX BULUCU SİSTEMLERİN FARKLI İRRİGASYON SOLÜSYONLARI VARLIĞINDA KÖK PERFORASYONLARINI BELİRLEMEDEKİ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA

Uzmanlık Tezi, Endodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Uğur AYDIN

Nisan 2019, 110 sayfa

Geçmişten günümüze elektronik apeks bulucular (EAB) ile ilgili en çok çalışma yapılan konulardan bir tanesi; elektro iletkenlerin EAB'lerin doğruluğuna olan etkisinin araştırılmasıdır. Modern EAB üreticileri, bu yeni cihazların elektro iletkenlerden olumsuz etkilenmediklerini iddia etseler de bu konu tam olarak kesinlik kazanmamıştır. Bu çalışmada 3 farklı modern EAB (Root ZX mini, Raypex 6, Apex ID) kullanıldı; elektro iletken irrigasyon solüsyonların (%5'lik NaOCl, %0,9'luk Sodyum Klorür (NaCl) çözeltisi ve %17'lik EDTA) varlığında ve kuru kanal koşullarındaki doğruluk oranları değerlendirildi. Çalışmada kullanılmak üzere 64 adet insan maksiller 1. molar dişin meziobukkal kökü seçildi ve rezorbsiyona uğramış, kırık ve açık apeksli kökler çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmada 25-35 derece eğime sahip olan kökler kullanıldı ve bu eğim oranlarına sahip olmayan kökler de çalışma dışı bırakıldı. Kök kanal içerikleri boşaltılıp kanallar sırasıyla 25 ve 40 numaralı Reciproc (VDW, Münih, Almanya) döner alet eğeleri ile genişletildikten sonra kökler 40 numara boyterlok kullanılarak lateral yüzeylerinden perfore edildi. Perforasyon noktasına kadar olan gerçek uzunlukların ve elektronik uzunlukların belirlenmesi X4 büyütme (Carl Zeiss GmbH., Jena, Almanya) altında görsel olarak yapıldı. İstatistiksel analizler sonucunda gerçek uzunluklar ile elektronik ölçümler arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri bulunan gruplar belirtildi. Kuru kanal koşullarında ve Serum Fizyolojik (SF) ile yıkanan kanallarda, Root ZX cihazı ile yapılan elektronik ölçümlerle gerçek uzunluklar arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri bulundu. Yine %5'lik NaOCl, %0,9'luk Sodyum Klorür (NaCl) çözeltisi (SF) ve %17'lik EDTA ile yıkanan kanallarda, Raypex 6 ve Apex ID cihazı ile yapılan elektronik ölçümlerle gerçek uzunluklar arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri bulundu.

ABSTRACT

EVALUATION OF DIFFERENT APEX FINDER SYSTEMS FOR DETERMINATION OF ROOT PERFORATIONS IN PRESENCE OF DIFFERENT IRRIGATION SOLUTIONS

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA

Specialty thesis, Department of Endodontics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Uğur AYDIN

Apr 2019, 110 Pages

One of the most studied subjects about electronic apex locators (EAL) from past to present; the effect of electroconductors on the accuracy of EALs. Although modern EAL manufacturers claim that these new devices are not adversely affected by electroconductors, this issue has not been fully clarified. Three different modern EAB (Root ZX mini, Raypex 6, Apex ID) were used in this study. In the presence of electroconductive irrigation solutions (5% NaOCl, 0.9% Sodium Chloride (NaCl) solution and 17% EDTA) and in dry canal conditions, the accuracy of EALs were evaluated. The mesiobuccal root of 64 human maxillary 1st molar teeth free of any resorbition, cracks and open apices were included. Roots with a curve of radius of 25-35 degrees were used in the study and the roots without these slope ratios were also excluded. Root canal contents were evacuated and canals were prepared with Reciproc (VDW, Munich, Germany) instruments. Determination of actual lengths and electronic measurement to the point of perforation were performed visually under X4 magnification (Carl Zeiss GmbH, Jena, Germany). As a result of the statistical analysis, groups between the actual lengths and the electronic measurements were defined with significance levels of 0.05. In the dry root channel conditions and Serum Physiological (SP) washed channels, the level of significance was found to be 0.05 between the electronic measurements made with the root ZX device. Also, electronic measurements made with Raypex 6 and Apex ID were found to be significant at the 0.05 level in the channels which was washed 5% NaOCl, 0.9% Sodium Chloride (NaCl), solution (SP) and 17% EDTA.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kanal tedavisi işleminde çalışma boyunun doğru tespit edilmesi kanal tedavisinin başarılı olması açısından önemli bir basamaktır [1]. Çalışma boyunun tespiti doğru yapılmadığı takdirde, preparasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinin gereken noktada bitirilemediği bilinmektedir. Çalışma boyunun gerçek kök kanal uzunluğundan kısa hesaplanması durumunda temizlenemeyen alanlar oluşmakta; bu durumun tam zıttı olan, gerekli çalışma boyundan daha uzun çalışılması durumunda ise periapikal bölgede irritasyon oluşmaktadır. Her iki durumda da kök kanal tedavisi işlemi başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir [2].

Günümüze kadar çalışma boyunun tespit edilebilmesi için farklı anatomik noktalar referans alınmıştır [3]. Bu noktalardan bazıları; dentin-sement birleşimi (DSB), minör foramen ve majör foramendir. DSB noktası periodontal dokuların başladığı nokta olarak kabul edilir ve pulpa dokusu bu noktada sonlanmaktadır [4]. Bu anatomik noktanın, kök kanal tedavisi işlemlerinin bitirilmesi için ideal bir nokta olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bu anatomik noktalardan bir diğer referans noktası ise minör foramen noktasıdır [5]. Yine çalışma boyu hesaplanırken referans alınabilen majör foramen noktası ise minör foramen noktasının ortalama 0,5 mm apikalinde ve kök ucundan daha koronal kısımda yer almaktadır [6, 7].

Referans noktaları çeşitli yöntemlerle tespit edilmeye çalışılmaktadır. Kâğıt kondaki nemlilik, parmak hassasiyeti, radyografik yöntem ve elektronik apeks bulucu (EAB) bu yöntemler arasında sayılabilir. Çalışma boyu tespiti yapılırken kullanılan en güncel yöntemler, radyografi ile kanal boyunun tespit edilmesi ve EAB cihazların kullanılmasıdır. Radyografik yöntemde alınan görüntü üzerinde gözlenen radyolojik apeks noktası referans alınmakta ve bu referans noktasına göre majör ve minör foramen noktaları tespit edilmeye çalışılmaktadır. Radyografik yöntemin farklı dezavantajları vardır. En önemli dezavantajlarından biri referans noktalarının lokalizasyonlarının her zaman tespit edilememesidir. Bu durumun sebepleri arasında; anatomik varyasyonlar, görüntüde oluşan distorsiyonlar, süperpozisyonlar, radyografilerin iki boyutlu görüntü vermesi ve bukkolingual yöndeki görüntülerin çakışması gibi sebepler sayılabilir [8, 9]. Aynı zamanda hastaların radyasyona maruz kalmaları da radyografik yöntemin bir diğer dezavantajıdır.

Radyografik yöntemin bu dezavantajlarını engelleyebilmek adına çalışma boyu tespiti için EAB ile çalışma boyu tespiti yöntemi gündeme gelmiştir. Sunada 1962 yılında, kök kanal boyu ölçümü yapabilen ilk cihazı tanıtmış ve EAB'lerin temeli bu şekilde atılmıştır [10].

EAB'ler sadece çalışma boyu tespiti yapmak için kullanılmamakta, kök kanalı veya furkasyon bölgesinde meydana gelen perforasyonların tespiti için de kullanılmaktadırlar. Nekroz dişlerde, perforasyon oluştuğunda perforasyon sahasının kan ile dolması klinisyenin perforasyon tespiti yapmasını kolaylaştırmaktadır. Ancak vital dişlerdeki perforasyonları tespit etmek daha zordur. Perforasyon alanına kanal aletinin teması etmesi ve EAB'nin egeyi periodontal aralıkta göstermesi perforasyon teşhisini kolaylaştırmaktadır.

İlk üretilen EAB'lerin en büyük dezavantajı kök kanalındaki bulunan elektro iletkenlerden (vital pulpa dokusu, kan, kök kanal irrigasyon solüsyonları vb.) etkilenmesi ve bu nedenle yanlış sonuçlar vermesidir [11, 12]. Daha sonra üretilen ve doğrulukları elektro iletkenlerden etkilenmeyen veya daha az etkilenen modern EAB'ler ise son 20 yıl içerisinde geliştirilmiştir [13]. Bununla birlikte EAB'lerin doğruluğunun elektro iletkenlerden etkilenip etkilenmediği konusu hala kesinlik kazanmamıştır [14].

Çalışmanın amacı; çekilen ve daha sonra yapay perforasyonlar oluşturulan dişlerde, EAB'ler ile perforasyon teşhisi yapmak ve farklı elektro iletken solüsyonların varlığının EAB'lerin doğruluğu üzerine olan etkisini değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Boyu Tespiti

Kök kanal tedavilerindeki başarı birçok faktöre bağlıdır. Doğru teşhis, giriş kavitesinin doğru açılması, çalışma uzunluğunun doğru hesaplanması, kök kanallarının doğru yeterlilikte genişletilmesi ve kanalın en uygun şekilde doldurulup tıkanması gibi birçok faktör kök kanal tedavisinin başarı için önemlidir [15].

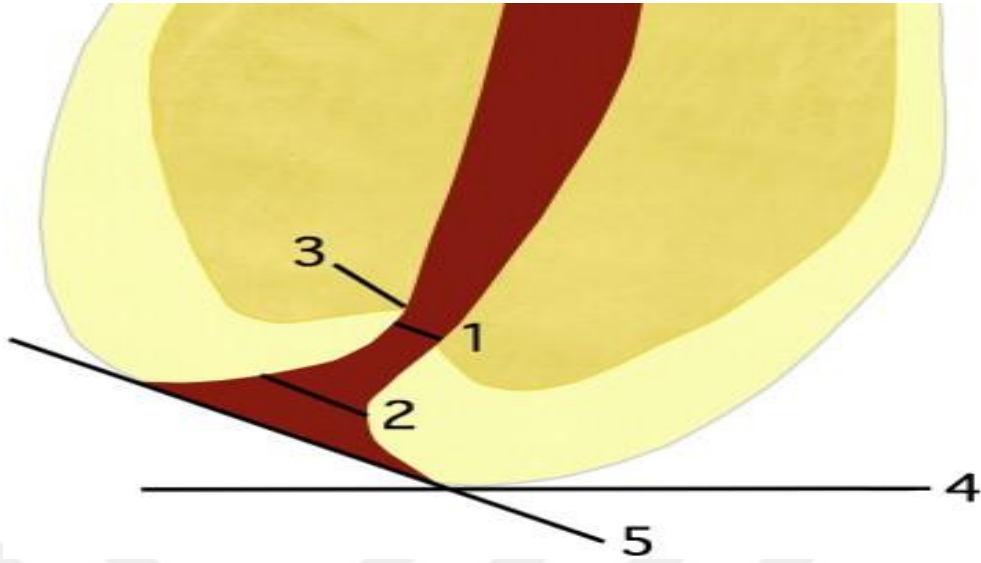
Kök kanalının yeterli boyutlarda genişletilmesi, yeterli miktarda dezenfekte edilmesi ve kök kanal sisteminin hermetik olarak tıkanabilmesi, kök kanal tedavisi işlemi sırasında çalışma boyunun doğru hesaplanması ile gerçekleştirilebilir.

Kök kanal uzunluğu, apikal bölgedeki kanalın en dar noktası ile koronal bölgede bulunan ve klinisyenin rahatça görebileceği stabil bir rehber noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir [16].

Çalışma uzunluğu kanal içerisinde kullanılan aletlerin penetrasyon derinliğini belirler ve bu nedenle kök kanal tedavisi sırasında öncelikle çalışma uzunluğunun doğru belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma uzunluğunun hesaplanması sırasında referans alınan nokta kanalın en dar noktası olan apikal daralım (AD) noktasıdır. AD noktası kök kanalındaki en dar çapa sahip noktadır ve bu nedenle düşük çaplı kan desteğine sahiptir. AD noktasının devamında kök kanalının genişlediği ve kan desteğin arttığı bilinmektedir. Kan desteğinin fazla olduğu alanlarda inflamatuvar cevap da artmaktadır. Bu nedenle AD noktası kök kanal tedavisinin bitirilmesi için en ideal noktadır.

Eğer kök kanalının preparasyonu apikal daralım bölgesinden kök ucuna doğru taşarsa, periapikaldeki dokularda irritasyon meydana gelmekte ve bu durum inflamatuvar cevabın artmasına sebep olmaktadır. Kök kanalının apikal daralım bölgesine kadar prepare edilemediği, çalışma boyunun kısa kaldığı durumlarda ise, kök kanalı yetersiz temizlenmekte, bu da enfekte pulpa dokularının ve kök kanal artıklarının kanal içerisinde kalmasına sebep olmaktadır. Yapılan kök kanal tedavisi her iki durumda da başarısız olabilmekte ve hastada ağrı, şişlik gibi belirtiler ortaya çıkarabilmektedir [17].

2.1.1. Kök kanal boyu tespitinde kullanılan önemli anatomik noktalar



Şekil 2.1. 1. Apikal daralım 2. Apikal foramen (AF) 3. Dentin-sement birleşimi (DSB) 4. Anatomik apeks 5. Radyolojik apeks [18]

Apikal daralım (minör foramen) (AD): Kök kanalının en dar noktasıdır ve kanlanmanın en az olduğu kısımdır.

Apikal foramen (majör foramen) (AF): Kök kanalı ile periodontal dokuları birleştiren asıl açıklıktır.

Dentin-sement birleşimi (DSB): Dentin dokusu ile sement dokusunun birleştiği noktadır.

Anatomik apeks: Dişin kök ucu ve dişin krona en uzak noktasıdır.

Radyolojik apeks: Kökün radyografik görüntüdeki en apikal noktasıdır.

Black aralığı: Kök kanalının; DSB sınırından, periodontal dokulara kadar olan huni ya da tersine konik şeklindeki kısımdır.

2.1.1.1. Anatomik apeks – Radyolojik apeks

Anatomik apeks, dişin kök ucu olarak tanımlanmaktadır. Radyolojik apeks ise anatomik apeksin radyografideki karşılığıdır [19]. Çalışma boyu belirlenirken radyolojik apeksin referans alınması, AF noktasının genel olarak radyolojik apeksle çakışmamasından ötürü, preparasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinin kök dışına çıkmasına yol açacaktır [20, 21].

2.1.1.2. Dentin-sement birleşimi (DSB)

DSB noktası dentin ve sement birikimi ile birlikte oluşan; iki doku tipini ayıran bir nokta olarak tanımlanmaktadır [4]. DSB'nin klinik olarak tespit edilmesi mümkün değildir [22]. Buna karşın yapılan birçok çalışmada DSB noktasının mikroskopik görüntüleri elde edilmiş ve yapılan bu çalışmalar sayesinde DSB ile anatomik apeks arasındaki mesafenin maksimum 2,5 mm olabileceği ve DSB'nin apikal foramenin en az 0,3 mm koronalde konumlandığı anlaşılmıştır [6, 23].

Kök kanal tedavisinin DSB noktasında bitirilmesi, teorik olarak mikroorganizmaların periapikal dokulara kaçmasını önleyecek ve doku sıvılarının kanal boşluğuna girmesini engelleyecektir [4, 24]. Ancak DSB'nin çalışma boyu belirlenirken referans alınması, DSB klinik olarak tespit edilemeyen histolojik bir nokta olduğundan ve dişten dişe değişkenlik gösterdiğinden dolayı pek mümkün olmamıştır [22].

2.1.1.3. Apikal Foramen (Majör foramen) (AF)

AF noktası kök kanalı ile periodontal dokuların birleştiği asıl açıklık olarak tanımlanmaktadır. AF noktası genel olarak anatomik apekte bulunmamaktadır ve gerçek konumu hakkında bilgi sahibi olmak yapılan kök kanal tedavisinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. AF noktası kökün bukkal veya lingual yüzeyinde bulunuyorsa, foramenin gerçek yerini radyografik olarak tespit etmek pek mümkün değildir.

Green yaptığı çalışmada, arka grup dişlerin %50'sinde AF noktasının anatomik apeksde konumlanmadığı; ön grup dişlerde ise %80 olguda konum değişikliklerinin olduğunu bildirmiştir [25, 26].

Burch ve Hulen'in yaptıkları çalışmada apikal foramen ile kök apeksinin %82 oranında çakışmadığı ve AF'nin kök apeksinden 0,59 mm daha koronalde konumlandığı bildirilmiştir [27].

Pineda ve Kuttler 7000 diş kullandıkları çalışmalarında %83 oranında AF noktasının anatomik apekte bulunmadığını saptamışlardır [28].

Von der Lehr ve Marsh ise ancak %37 olguda AF'nin kök apeksinde yer aldığını bildirmiştir [29].

Tüm bu çalışmalar referans alınarak, çalışma boyu hesaplanırken AF noktası ile anatomik apeksin aynı noktada bulunmama ihtimalinin yüksek olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

AF noktasının yaşlanma ve sement birikimi ile koronale doğru yer değiştirdiği bildirilmiştir [28]. AF noktasının anatomik apekten sapma oranları da diş tipine göre değişmektedir. Ön grup dişlerde AF'nin %1-5 oranında anatomik apekten 1 mm veya daha fazla uzaklıkta bulunduğu; arka grup dişlerde ise daha yüksek oranda AF sapması görüldüğü bildirilmiştir [30, 31]. Arka gruptaki dişlerin daha fazla oklüzal kuvvete maruz kalmaları ve apikal bölgede daha fazla sement biriktirmeleri bu sapma oranının yükselmesine sebep olarak düşünülmüştür [17, 32].

AF noktası geçmişte güvenilir apikal referans noktalarından bir tanesi olarak kabul edilmiştir [33]. Çalışma boyu belirlenirken referans olarak AF noktasının alınması, apikal daralımın konumuna bakılmaksızın, tedavinin kök kanalının içinde gerçekleştirildiğini garanti etmektedir [34]. Bununla birlikte, kökün bukkal ve lingual yüzeyinde bulunan AF noktaları iki boyutlu görüntü elde edilen radyografiler ile tespit edilememektedir [27, 35]. AF noktasının pozisyonunun EAB cihazların doğruluğunu etkilediği de bildirilmiştir [36, 37]. Ayrıca inflamatuvar kök rezorpsiyonu da AF noktasının mevcut konumunun bozulmasına yol açabilmektedir [38]. Bu gibi nedenler çalışma uzunluğu belirlenirken, AF noktasının güvenilir bir referans noktası olarak kabul edilemesine engel olmuştur [39].

2.1.1.4. Apikal daralım (minör foramen) (AD)

Kök kanalın en dar noktası olan AD noktası (minör foramen) periodontal ve pulpal dokuların bağlantı yeri olarak tanımlanmış ve çalışma uzunluğu belirlenirken referans alınması gereken nokta olarak önerilmiştir [40].

AD noktası, kanal tedavisinin sonlandırılması için en küçük apikal boyuta sahip olan noktadır ve bu noktadaki sonlandırmanın, kanlanmanın az olması sebebiyle en az doku hasarı ile sonuçlanması beklenmektedir [41, 42]. Periapikal bölgedeki en uygun histolojik yanıtın, preparasyon ve obtürasyon işlemlerinin AD noktasında sonlandırıldığı zaman görüldüğü saptanmıştır [43].

AD noktası ile AF noktası arasındaki mesafe ortalama 0,4–1,2 mm arasında değişmektedir. AD noktasının çoğunlukla dentin dokusunda veya DSB hizasında bulunduğu bildirilmiştir [6]. 50 mandibular premolar kullanılarak yapılan bir çalışmada, AD noktasının DSB'ye göre daha koronalde bulunduğu ve AD ile DSB arasındaki ilişkinin diştten dişe değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir [23].

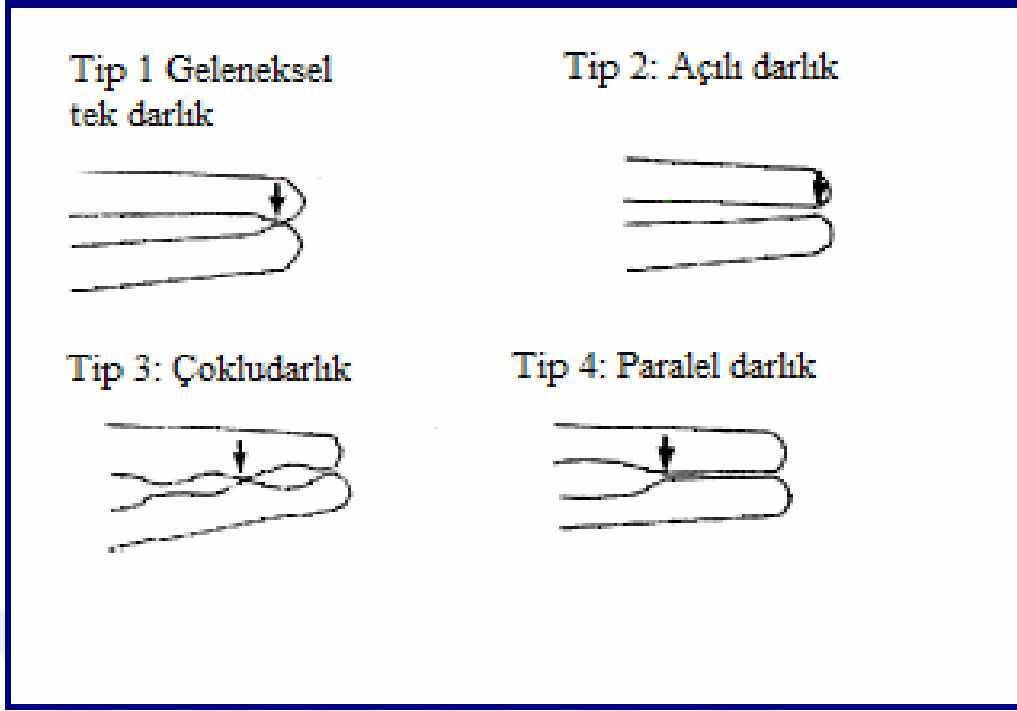
AD noktası anatomik apekten ortalama 0,5-1 mm koronalde konumlandığından dolayı radyografik yöntem kullanılarak yapılan kanal tedavilerinde, tedavinin radyografik apekten 0,5-1 mm geride bitirilmesi önerilmiştir [44]. ElAyouti ve ark. yaptıkları çalışmada radyografik apekten 0-2 mm mesafede yapılan kanal preparasyonlarını incelemişler ve premolar dişlerin %51'inde, molar dişlerin ise %22'sinde taşkın şekillendirme ile sonuçlandığını bildirmişlerdir [45].

Yapılan diğer bir çalışmada, çalışma uzunluğu radyografik apekten 1 mm kısa belirlenmiş ve bu durumda kanal eğesinin AD noktasında konumlanma oranları incelenmiştir; anterior, premolar ve molar dişlerde sırasıyla %22, %35 ve %11 oranları saptanmıştır [46]. Apikal bölgede meydana gelen sürekli sement birikimi de daralım ile radyografik apeks arasındaki ilişkiyi değiştirmektedir [47]. Bu nedenlerle apikal daralım noktası tek bir "ortalama" mesafe referans alınarak bulunabilecek bir nokta değildir ve bu yöntemle çalışma uzunluğu belirlemek güvenilirliği ve gerçekçiliği olmayan bir yöntemdir [48].

AD noktası lokalizasyon ve anatomisi bakımından yüksek değişkenlik gösterebilmekte ve patolojik koşullarda hasar görebilmektedir [17, 49].

Nekroz olmuş dişlerde gelişen inflamatuvar süreçle beraber köklerin rezorbe olması durumunda AD noktası da rezorbe olabilmektedir [38]. Ayrıca incelenen birçok dişte daralımın bulunmadığı saptanmıştır [50, 51].

Dummer ve ark. tüm diş gruplarını kapsayan bir topografi çalışması yapmışlar ve AD'nin dört farklı tipte görülebileceğini belirtmişlerdir. Aşağıdaki şekilde gösterilen tiplerden, Tip 2'nin taşkın kanal dolgusuna Tip 4'ün ise kısa kanal dolgusuna sebep olabileceğini ileri sürmüşlerdir [17] (Şekil 2).



Şekil 2.2. Apikal darlığın topografisi (Dummer ve ark. 1984) [52]

2.1.2. Kök kanal boyu tespitinde kullanılan yöntemler

Çalışma uzunluğu belirlenirken genel olarak kabul edilmiş 4 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler; parmak ucu hassasiyeti, kağıt kon değerlendirmeleri, radyografik yöntem ve elektronik yöntem (elektronik apeks bulucu – EAB) olarak sıralanabilir [53].

2.1.2.1. Parmak Ucu Hassasiyeti

Endodonti konusunda deneyimli bir hekim, parmak hassasiyeti ile kanaldaki kanal aletinin pozisyonu hakkında yorumda bulunabilmektedir. Bu hassasiyet hekimin apekstekki sıkışmayı hissetmesine ve bu noktayı çalışma uzunluğu olarak belirleyebilmesine yardımcı olmaktadır. Ancak apikal anatominin iyi bilinmediği durumlarda, parmak ucu hassasiyeti ile yapılan çalışma boyu tespitleri doğru sonuçlara ulaşılmasını engelleyecektir. Özellikle kanaldaki aşırı darlık ve apikaldeki açılma durumlarında, kanal aletinin ilerlemesi için daha fazla güç gerektiği duyarlı bir el tarafından hissedilecektir. Eğerki kanaldaki daralma kanalın orta 1/3'ünde başlıyorsa, apikal bölge parmak hasasiyeti ile hissedilemez. Bunun yanında yapılan çalışmalar birçok dişin apikal bölgesinde daralmanın bulunmadığını göstermektedir [54]. Apikal

daralımın bulunmama ihtimali her vakada vardır ve bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Böyle bir durumda eğenin apikalden çıkma olasılığı yüksektir ve parmak hassasiyeti yöntemi ile çalışma boyu belirlenmesinde bu risk unutulmamalıdır [16].

2.1.2.2. Kağıt kon değerlendirmeleri

Kök kanalı şekillendirilip irrigasyon solüsyonlarıyla yıkandıktan sonra kanalı kurulamak amacıyla kağıt konlar kullanılmaktadır. Taşkın preparasyon yapıldıysa kağıt konun ucunda ıslaklık veya kan gözlenebilmektedir. Böyle bir durumda çalışma boyu yeniden belirlenmeli ve apikaldeki preparasyon yenilenmelidir. Kağıt kon değerlendirmeleri güvenilir olmamakla birlikte, yardımcı yöntem olarak kullanılabilir [16].

2.1.2.3. Radyografik yöntem

Günümüzde yapılan kök kanal tedavisi işlemlerinde çalışma boyu belirlenirken kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesi radyografik yöntemdir. Bu yöntemde radyolojik apeks referans alınmakta ve AF ile AD noktalarının lokalizasyonu tahmin edilip çalışma boyu belirlenmektedir.

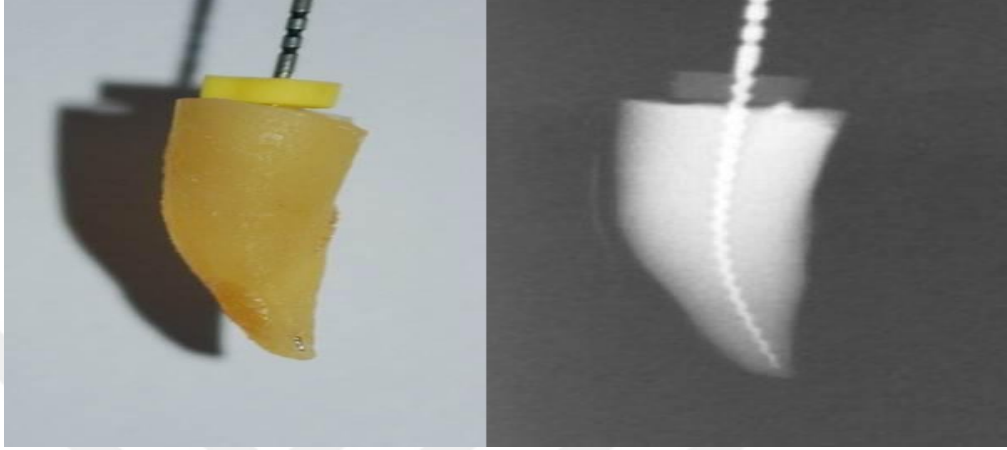
Radyografik yöntem ile çalışma boyu tespiti yapılabildiği gibi kanal eğrilikleri, perforasyonlar ve bulunamayan kanallar gibi tanı bilgilerine de radyografik yöntem yardımıyla ulaşılabilmektedir [55].

Radyografik yöntem kullanılırken hekim kök kanalına yerleştirdiği kanal aletiyle birlikte bir radyografi alır ve kanal aletinin kök ucuna olan uzaklığı bu filmle belirlenir. Çalışma uzunluğu ise radyolojik apeks referans alınarak ölçülen uzunluktan 0,5-1 mm çıkartılarak saptanır.

Radyografiler sadece 2 boyutlu görüntü verebilmektedir. Bu nedenle bukkolingual yöndeki kök eğriliklerinde, sıklıkla karşımıza çıkan anatomik apeks ve apikal foramen değişikliklerinde sınırlı bilgiler verebilmektedir [45].

Apikal foramenin bukkal veya lingual kök yüzeyinden açılma sıklığı mezial veya distal yüzeylerden açılma sıklığından 2 kat fazladır [56, 57]. Rutin radyografiler mezial ve distal yöndeki sapmaları gösterebilmekte; buna karşın bukkal ve lingual yöndeki sapmalar rutin radyografiler ile saptanamamaktadır. Bu tür sapmalarda ise teşhisi kuvvetlendirebilmek adına değişik açılardan radyografi almak gerekmektedir [58].

Radyografilerde radyolojik apeks kök ucu, apikal foramen ise kök kanalının apikalde periodontal dokularla bulunduğu nokta olarak ifade edilmektedir. AF noktası her zaman tam olarak kök ucunda yer almamaktadır. AF'nin 2 boyutlu radyografilerde görülme ihtimali yok denecek kadar azdır ve yapılan çalışmaların %50-97'sinde AF'nin radyolojik apekte bulunmadığı gösterilmiştir [26, 27]



Resim 2.1. Kök kanalının dışına çıkan bir kanal aleti, periapikal filmde kanalın içindeymiş gibi görülmektedir [59].

Hekimleri radyografik olarak yanıltabilen başlıca etkenler şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Radyografilerin sadece 2 boyutlu görüntü vermesi
- 2- AF'nin radyolojik apekten çok farklı bir yerde konumlanabilmesi
- 3- Işınlama süresi ve banyo işlemleri sırasında oluşan teknik hatalar
- 4- Maksiller sinüs, zigomatik ark, mandibular kanal gibi anatomik yapıların diş kökleriyle süperpoze olması

Tüm bu dezavantajlar nedeniyle radyografik yöntem ile elde edilen boyutlar tahmini boyutlardır ve yapılan ölçümlerin güvenilirliği tartışmalıdır.

Radyografik yöntemin, tekrarlayan durumlarda alınan fazla radyasyon dozu ve kusma refleksi olan hastalarda uygulamanın zor olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Tüm bunlara rağmen radyografik yöntem ile çalışma boyunun tespit edilmesi günümüzde en sık kullanılan yöntemler arasındadır.

2.1.2.4. Elektronik yöntem (Elektronik Apeks Bulucu – EAB)

EAB, insan dokularının elektriksel özellikleri temel alınarak oluşturulan elektronik bir devredir. Kök kanalı, elektrik akımını iletmeyen yani yalıtkan olan sement ve dentin dokularıyla çevrilidir. Kanal içerisindeki iletken maddeler ise elektrik akımını

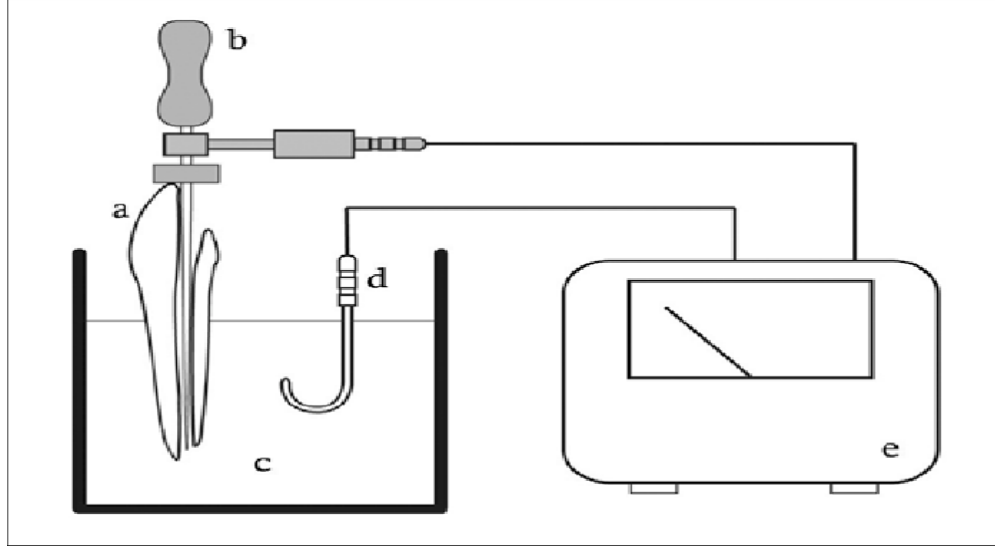
periodontal dokulara iletmektedir. Diş dokusu ve kanal aleti, bir elektrik devresinin bileşenleri olarak düşünüldüğünde, bu devrenin hem direnç hem de kapasitans özelliklerinin olduğu anlaşılmaktadır.

Rezistans (Direnç): Basit bir doğru akım devresi gerilim (elektrik akımını oluşturan güç kaynağı), elektrik akımı ve dirençten oluşmaktadır. Devreye uygulanan gerilim sonucunda oluşan akım izlediği yolda, geçişini etkileyen veya geciktiren direnç adı verilen birtakım kuvvetlerle karşılaşmaktadır. Bu devrede elektrik akımının geçtiği madde iletken, direnci oluşturan madde ise yalıtkan olarak adlandırılmaktadır.

Kök kanalı, elektrik akımını iletmeyen yani yalıtkan olan sement ve dentinle çevrilidir. Bununla birlikte; kanal aletleri ve kanal içindeki elektro iletken özellikteki maddeler ise (kan, irrigasyon solüsyonları vb.) iletkenlerdir. Kök kanalına kanal eğesi yerleştirdiğimizde içindeki iletken madde, elektrik akımını periodontal ligamente minör foramen yoluyla iletmektedir. Elektriksel direnç, foramenin yakınında kanalın koroner bölümüne göre çok daha azdır. Rezistans tip EAB'ler, dudak klembi ve kanal eğesine yerleştirilen ege tutucu ile oluşturulan doğru akım devresine bir gerilim uygulayarak oluşan elektrik akımının değerini ölçmektedir. Kanal eğesi kanala yerleştirilerek apikal foramene yaklaştırıldığında, apikal foramen ile ege ucu arasındaki direnç azalmakta ve apikal foramende devreden geçen elektrik akımı maksimuma ulaşmaktadır.

Kapasitans: Diş yapısının direnç özelliği kadar kapasitans özelliği de mevcuttur. İnce bir yalıtkan ile birbirinden ayrılmış iki iletken levhadan oluşan bir aygıtta kondansatör adı verilir. Kondansatör doğru akım veya alternatif akım devresinde bağlanabilir. Kondansatör bir alternatif akım devresine bağlandığında, alternatif akıma karşı oluşan direnç empedans olarak adlandırılır. Başka bir deyişle empedans, doğru akım devrelerindeki direncin, alternatif akım devrelerindeki karşılığıdır.

Kanal eğesi, kanal duvarını oluşturan dentin, periodontal ligament ve kanal içindeki iletken sıvıyı bir kondansatörü oluşturan elemanlar olarak kabul edebiliriz. Bu durumda kanal eğesini özel bir yüzey alanı olarak kabul edersek; kondansatörün bir yüzünü oluşturur. Dentinin dışındaki iletken madde yani periodontal ligament ise kondansatörün diğer yüzünü oluşturur. Kanal duvarındaki dentin ve sement ek olarak kanal içinde doku ve sıvı varlığı iki iletken madde arasında yalıtkan maddeler olarak düşünülebilir. Bu yapı bir kondansatörü oluşturur. Alternatif akım kullanan elektronik apeks bulucular farklı frekanslarda apikal foramendeki empedans değerlerini ölçmektedir.



Şekil 2.3. Elektronik apeks belirleyici cihazın çalışma prensibini anlatan şema[60].

2.2. Elektronik Apeks Bulucular (EAB)

2.2.1. EAB'lerin tarihçesi ve EAB tipleri

Radyografik yöntem ile iki boyutlu görüntü elde edilebildiğinden; süperpozisyon, anatomik varyasyonlar ve distorsiyon gibi, referans noktalarının doğru tespit edilmesini engelleyecek sebepler ortaya çıkabilmektedir. Hastanın röntgen ışınlarına maruz kalması da radyografik yöntemin bir diğer dezavantajıdır. Bu nedenler çalışma boyu tespitinde alternatif yöntemleri gündeme getirmiş ve bu şekilde EAB cihazlar ile çalışma boyu tespiti fikri ortaya atılmıştır.

Kanal uzunluğunun elektronik yöntem ile tespit edilmesi fikri 1918 yılında ilk kez Custer tarafından gündeme getirilmiştir. EAB cihazların kullanılabilirliği ise Suzuki'nin, 1942 yılında köpekler üzerinde yaptığı deneysel çalışmalar ile ortaya çıkmıştır. Oral mukoza ile periodontal dokular arasında 6,5 k Ω 'luk bir direnç bulunduğunu tespit eden Suzuki, bu direncin ağız içerisinde her yerde sabit olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda bu değer hastanın cinsiyetinden, yaşından veya diş türünden etkilenmemektedir [61, 62].

Suzuki'nin bu tespiti, 1962 yılında Sunada'nın direkt akım ile kök kanal boyunu ölçen EAB'lerin temelini atmasını sağlamıştır [10]. EAB cihazlar, üretici firmaların verdiği bilgiler ve bilimsel araştırmalar dikkate alınarak çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır [63, 64]

Tablo 2.1. Farklı marka EAB'ler Gordon ve Chandler'ın sınıflandırmasına göre dört nesil altında değerlendirilmiştir[65].

<i>1.Nesil</i>	<i>2. Nesil</i>	<i>3. Nesil</i>	<i>4. Nesil</i>
Root Canal Meter	Sono-Explorer	Endex /Apit	Bingo 1020/Ray-Pex 4
Endodontic Meter	Digipex I, II & III	Root ZX	AFA Apex Finder
Endodontic Meter S II	Endo Analyzer	Neosono Ultima EZ	Elements Diagnostic Unit- Apex Locator
Endo Radar	Endocater	Endy 5000	ProPex
Dentometer	Formatron IV	Apex Pointer	Endo Analyzer
	Forameter	Justy II	

Tablo 2.2. EAB'lerin çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılması [64].

MEKANİZMA	EAB'NİN TİCARİ ADI
Rezistans Tip	Endodontic Meter Endometer Faramatron 4 Apex Finder
Düşük Frekanslı Titreşim Tip	Sono-Explorer Sono-Explorer Mark II
Kapasitans Tip	Endocater
Kapasitans ve Rezistans Tip	Elements_Diagnostic unit
İki Frekanslı Empedans Farkı	Apit (Endex) Apex Pointer Root ZX
Empedans Oranı	Justy II Endy 5000
Multifrekanslı Empedans Oranlı	Endo Analyzer_ (8005) AFA Apex Finder_ (7005)

EAB'lerin gelişimsel süreçleri göz önünde bulundurulduğunda dört temel grup göze çarpmaktadır:

2.2.1.1. Rezistans tip elektronik apeks bulucular (birinci nesil)

The Root Canal Meter (Onuki Medical Co, Tokyo, Japonya) isimli EAB cihaz, Sunada'nın 1962 yılında, oral mukoza ile periodontal dokular arasındaki sabit elektriksel rezistans farkı kullanarak kök kanal uzunluğunun ölçülebileceğini bildirdiği ilk cihazdır. [10].

Birinci nesil EAB'ler 6,5 k Ω 'luk rezistans farkını kanal eğesi ile dudak klipsi arasındaki basit bir devre yardımıyla ölçmüş ve bu değere ulaşıldığı an kök kanal eğesinin, diş ile periodontal dokuların birleşme sınırında olduğu kabul edilmiştir [10, 66].

Aynı firma The Root Canal Meter'in yanı sıra Endodontic Meter ve Endodontic Meter S 2 cihazlarını da tasarlamış ve bu cihazlar ile hastalarda oluşan elektrik şoku yakınmalarının azaltılması hedeflenmiştir [65].

Rezistans tip EAB'ler, kök kanal eğesinin kanal içerisindeki bir elektro iletkene temas etmesi durumunda yanlış ölçümler yapmışlardır [10]. Bu durumun sebebi EAB cihazların elektro iletkene karşılaştığı durumda, apikal daralıma ulaşmadan, ulaşılmış gibi algılayıp kanal uzunluğunu hatalı ölçmesidir [67]. Aynı zamanda ilk üretilen EAB cihazların her kullanımdan önce kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir ve kalibrasyon hataları da yanlış ölçümlerin yapılmasına sebep olmuştur. Yine kök ucu kapanmamış dişlerde de devre net olarak tamamlanamamakta ve hatalı ölçümler ortaya çıkmaktadır [63].



Resim 2.2. Tanıtılan ilk EAB The Root Canal Meter

2.2.1.2. Empedans tip elektronik apeks bulucular (ikinci nesil)

İkinci nesil EAB cihazlar kanalın en dar yeri olan AD noktasında kök kanal duvarından geçen empedanstaki ani düşüşü tespit ederek, kanal uzunluğunu belirlemeye çalışmışlardır [63].

Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) bu prensiple çalışan ve 1971 yılında Inoue tarafından kullanıma sunulan ilk cihazdır [10]. İki farklı empedansı ölçen ve değerler birbirine yaklaştığında kanalın bittiği noktayı saptayan bu cihaz kullanıcıyı

düşük frekanslı bir sesle uyarmaktadır. 1986 yılında ise Hasegawa ve ark. yüksek frekanslı devre (400 kHz) kullanarak çalışan Endocater cihazını tanıtmışlardır [65, 68]. Elektro iletkenlerin varlığında doğru ölçümler yapılabilmesi amacıyla bu cihazda, teflon kaplı bir eğe kullanılarak yalıtım sağlanmaya çalışılmıştır. Kanal eğesinin kaplanması cihazın dar kanallarda kullanılmasına sebep olmuştur [69]. Kullanıldığı sırada hastalarda ağrı hissi oluşturması ve her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesi de bu cihazın diğer dezavantajları arasında sayılabilir [70].

Rezistans tip cihazlardaki, dudak klipsinin temas etmesi ile oluşan sıkıntıların giderilebilmesi amacıyla empedans tip cihazlarda dudak klipsi yerine elde tutulan bir parça dizayn edilmiştir [63].



Resim 2.3. 1971 yılında Inoue tarafından kullanıma sunulan Sono-Explorer

2.2.1.3. Frekans tip elektronik apeks bulucular (üçüncü nesil)

Frekans tip EAB cihazlar, iki farklı frekans ve empedans ölçümü yaparak kök kanalının sonlandığı noktayı saptamışlardır. Bu cihazların birinci ve ikinci nesil EAB cihazlara göre en büyük üstünlüğü daha güçlü mikro işlemcilerle sahip olmalarıdır [65].

Yamashita 1990 yılında yeni bir EAB tasarlamış ve bu cihazın farklı kanal koşullarında doğru kanal boyu ölçümüne olanak tanıdığını bildirmiştir [71]. İki farklı frekanstaki empedans değerini ölçerek çalışan bu cihaz, düşük ve yüksek frekanstaki değer farklılıklarını hesaplayarak kanal boyu ölçümünü gerçekleştirmektedir. Kök kanal eğesinin AF noktasına ulaştığı durumda empedans değerleri arasındaki fark aniden artmakta ve bu şekilde kök kanal uzunluğu belirlenmektedir. Torabinejad ve Frank, yine bu grupta yer alan Apit/Endex (Osada Electric Co., Tokyo, Japonya) cihazını nemli

kanallarda kullanmışlar ve %89 oranında başarılı bir ölçüm yapabildiklerini bildirmişlerdir [72].

İlk modern EAB olan Root ZX (J. Morita, Tokyo, Japonya) ise 1991 yılında Kobayashi ve ark. tarafından tanıtılmıştır. Bu cihazın kök kanalının nemli olduğu durumlarda da güvenle kullanılabilceği ve otomatik kalibrasyon sağladığı belirtilmiştir [73]. Kök kanalının sonlandığı nokta, Root ZX cihazı ile 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslardaki empedans değerleri ölçülerek ve bu değerler birbirlerine oranlanarak bulunmaktadır. Bu cihazın kuvvetli bir mikroişlemciye sahip olması, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabilmesi daha doğru sonuçlar elde edilebilmesine olanak tanımıştır [65]. Elde edilen yüksek doğruluk oranlarından dolayı Root ZX bir dönem yapılan EAB çalışmalarında referans olarak kabul edilmiştir.

2.2.1.4. Orantı tip elektronik apeks bulucular (dördüncü nesil)

Dördüncü nesil EAB cihazlar farklı frekanslardaki empedans değerlerinin oranlanması prensibine dayanarak çalışmaktadırlar. Bu cihazlarda, çalışma prensibi benzer olmakla birlikte frekans sayısı, verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi gibi farklılıklar bulunmaktadır. AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) ve Endo Analyzer 8005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) cihazları 5 farklı frekans kullanırken, tek bir frekans kullanan Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) cihazı da orantı tip EAB cihazları sınıfında kabul edilmektedir. Yine bu grupta yer alan Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) cihazı, kapasitans ve rezistansı ayrı ayrı ölçmekte ve ölçtüğü bu değerlerden ortak bir sinyal oluşturmaktadır. Elde edilen değerleri kendi tablosundaki değerlerle kıyaslamakta ve kanal aletinin kanaldaki yeri bu şekilde belirlenmektedir [74]. Bu nesilde yer alan bir diğer EAB cihaz da çoklu frekans temeli ile çalışan Propex (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) cihazıdır. Bu cihazın çoklu frekans kullanan diğer cihazlardan tek farkı cihazın kanal boyu ölçümünün sinyalin enerjisine bağlı olmasıdır; diğer EAB cihazlarda kanal boyu ölçümü sinyalin amplitüdüne (genişliğine) bağlıdır. Üretici firma bu şekilde yapılan kanal boyu ölçümünün daha hassas olduğunu savunmaktadır [75].



Resim 2.4. Modern EAB'ler Root ZX ve ProPex [76]

2.2.2. EAB'lerin kullanım alanları

EAB cihazların kök kanal boyu ölçümü dışında en çok kullanıldıkları alan perforasyonların teşhisidir. Kök kanal tedavisi sırasında, hekim hataları, dişlerdeki anatomik zorluklar, aşırı eğimli kökler, fizyolojik ve patolojik kalsifikasyonlar gibi birçok durumdan ötürü furkasyon bölgesinde ve köklerde perforasyonlar oluşabilmektedir. Perforasyonla birlikte oluşan kanama perforasyon varlığının tespitini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle devital dişlerde oluşturulan perforasyonlar daha kolay tespit edilebilirken, vital dişlerde perforasyon tespiti daha zor olmaktadır [77].

Kök kanal tedavisinde tecrübeli hekimler dahi bukkal veya lingual kök yüzeyinde oluşan perforasyonları radyografik olarak tespit edememektedir [78]. EAB cihazlar perforasyon teşhisinde kullanılabildikleri gibi yatay kök kırığı ve apikal kök rezorpsiyonunun yerini belirlemek için de kullanılmaktadır [13]. EAB'lerin kök perforasyonlarını tespit etmek için kabul edilebilir bir yöntem olduğu yapılan çalışmalarla deneysel olarak test edilmiş ve sonuçlar EAB'lerin perforasyon teşhisinde güvenilir olduğunu göstermiştir [79].

EAB cihazların yatay kök kırıklarının lokalizasyonunu tespit etme yeterliliği de yapılan çalışmalarla değerlendirilmiş ve oldukça başarılı oldukları rapor edilmiştir. Yatay kök kırıklarında, kanal devamlılığının bozulduğu noktanın lokalizasyonunun tespiti, iki

boyutlu radyografilerde oldukça zor yapılmaktadır ve EAB cihazlar lokalizasyonu doğru tespit ederek tedavinin daha güvenilir bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır [80]. EAB cihazlar, kalp pili bulunan hastalarda kardiyooloji uzmanının onayı ve yönlendirmesiyle, hastada yer alan kalp pilinin çalışma dizaynı gözden geçirilerek kullanılmalıdır [81].

2.2.3. Endodontide EAB kullanımının avantaj ve dezavantajları

2.2.3.1. Endodontide EAB kullanımının avantajları

Kök kanal boyu ölçümünde EAB kullanımının avantajları şu şekilde özetlenebilir:

- 1- Referans olarak radyolojik apeksi değil, AF ve AD noktalarını almaktadır. EAB cihazlar hem AF hem de AD noktalarını yüksek doğruluk oranlarıyla tespit edebilmektedir [82].
- 2-Yapılan çalışmalar, EAB'ler ile kök kanal uzunluğunu belirlemenin geleneksel radyografik yöntemden daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini göstermiştir [82].
- 3- Kök perforasyonlarının tespitinde yararlı ve güvenilir bir metoddur [79].
- 4- Hasta ve hekim radyasyondan korunmuş olmaktadır.
- 5- Hassas, kolay ve hızlı şekilde ölçüm yapılabilmektedir.
- 6- EAB'ler farklı kanal koşullarında tekrarlanabilir ve güvenilir ölçümler yapabilmektedir [82].

2.2.3.2. Endodontide EAB kullanımının dezavantajları

EAB kullanımının geçmişten günümüze en önemli dezavantajı yapılan ölçümlerin kök kanalı içindeki elektro iletkenlerden etkilenmesi olmuştur. Yeni nesil EAB cihazların üretimi ile birlikte bu dezavantaj neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır [83]. Diğer dezavantajlar ise özetle şöyle sıralanabilmektedir:

- 1- Apikal ap arttıkça ölçümün doğruluk oranı azalmaktadır [84].
- 2- Özel aygıtlara ihtiyaç vardır.
- 3- Vital dişlerde her zaman tutarlı ve doğru sonuçlar alınamayabilmektedir.
- 4- Kan, anesteziik solüsyon ve irrigasyon solüsyonları gibi yüksek elektro iletkenlerin varlığında EAB cihazların performansının değişip değişmediği konusu hala tam olarak netlik kazanmamıştır [14].

2.2.4. EAB'lerin doğruluğunu etkileyebilen faktörler

Kök kanalında bulunan yüksek elektro iletkenler, pulpa vitalitesi, apikal çap ve kullanılan kanal aletinin çapı, apikal bölgedeki kök rezorpsiyonları ve uygulayıcılar arası uygulama farkı gibi faktörler EAB cihazların doğruluğunu etkileyebilmektedir. Bununla birlikte modern EAB'lerin bu faktörlerden etkilenmediği ya da kısmen etkilendiği yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır [85].

2.2.4.1. Apikal foramenin ve kullanılan kanal aletinin apı

Tüm apeks bulucular açısından AF'nin çapının artması durumunda EAB cihazların doğruluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Yine son yıllarda yapılan çalışmalar, kullanılan eğe çapının da EAB cihazların ölçüm doğruluğunu etkilediğini göstermiştir [86, 87].

Akisue ve ark. yaptıkları çalışmada, 5 farklı EAB cihazını farklı apikal çapları olan dişlerde kullanmışlar; bu cihazların arasından iPex ve Propex II cihazlarının doğruluğunun, apikal çapın artmasıyla önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır [84].

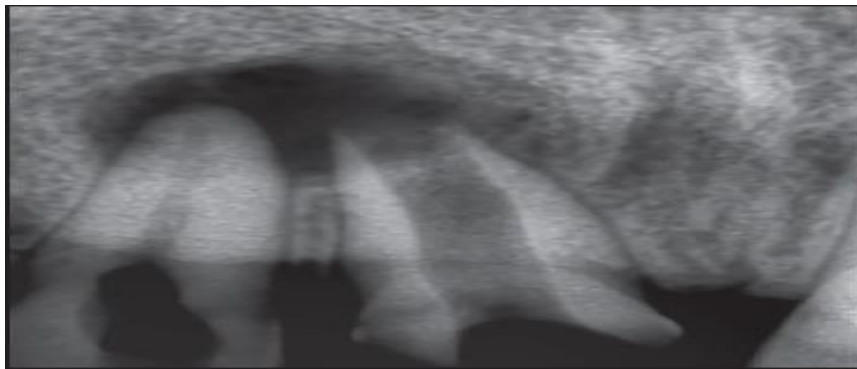
Yapılan alışmalar Root ZX cihazının da AF çapının artmasıyla doğruluk oranının azaldığını göstermiştir [51]. Root ZX cihazı ile ilgili Herrera ve ark.'nın yaptıkları iki çalışmada, bu cihaz ile kabul edilebilir ölçümler yapılabilmesi için, 0,6 mm ve 1,02 mm'lik apikal çaplar belirlenmiştir. Aynı zamanda Root ZX'in doğruluğunun 0,57 mm ve 0,72 mm'lik apikal çaplarda $\pm 0,5$ mm'de azaldığı bildirilmiştir [88]. Akisue ve ark.'nın çalışmasında ise Root ZX 0,27 mm, 0,47 mm ve 0,72 mm'lik apikal çaplarda değerlendirilmiş ve sonuçlar Root ZX'in başarisının apikal çapla birlikte azaldığını ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını göstermiştir.

ElAyouti ve ark.'nın Raypex 6 kullanarak yaptıkları çalışmada da Root ZX'e benzer şekilde, apikal çapın 0,57 mm'nin üzerinde olduğu durumlarda cihazın başarısı azalmıştır [89].

EAB cihazların doğruluğu, AF'nin çapından ne kadar etkileniyorsa, kullanılan kanal aletinin çapından da aynı şekilde etkilenmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar doğru sonuçların elde edilebilmesi için kullanılan kanal aletinin çapı ile apikal çap arasında uyum olması gerektiğini göstermektedir [85, 88]. Ebrahim ve ark. yaptıkları çalışmada kök kanallarının apikallerini sırasıyla 40, 60 ve 80 numaralı eğeler kullanarak genişletmişler ve Root ZX'in bu apikal çaplardaki doğruluğunu incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda kök kanal çapının arttığı durumlarda küçük çaplı eğe kullanımının daha kısa ölçümlere yol açtığı ortaya çıkmıştır [85]. Yine Root ZX'in doğruluğunun değerlendirildiği bir başka çalışmada, AF'nin çapının 0,6 mm'den büyük olmadığı durumlarda, cihazın doğruluğunun kullanılan eğenin çapından etkilenmeyeceği bildirilmiştir [90].



Resim 2.5. Kök kanallarında kullanılan farklı ebatlardaki eğeler



Resim 2.6. Apikal açıklığı geniş olan üst keser diş [91]

2.2.4.2. Elektro iletken solüsyonlar ve doku sıvıları

İlk üretilen EAB'ler kök kanalındaki elektro iletkenlerin varlığında yanlış sonuçlar vermişlerdir [12].

Modern EAB üreticileri ise yeni nesil EAB'lerin elektro iletkenlerden olumsuz etkilenmediklerini iddia etmişlerdir [92]. Yeni nesil EAB'ler, kök kanal uzunluğunu 2 veya daha fazla frekans kullanarak belirlemekte ve bu şekilde farklı elektro iletkenlerin varlığında doğru ölçüm yapabilmektedirler.

ProPex, Root ZX ve Neosono UltimaEZ'in karşılaştırıldığı in vitro bir çalışmada, farklı irrigasyon solüsyonları kullanılmış ve ProPex ve Neosono'nun farklı koşullar altında Root ZX'den daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmiştir [93]. Yine bu çalışmada kök kanalında elektro iletkenlerin bulunmasının EAB cihazların doğruluğunu azalttığı belirtilmiştir. Root ZX'in doğruluğunu çeşitli kanal koşullarında test edildiği bir başka çalışmada kök perforasyonlu dişler kullanılmış ve ölçüm doğruluğunun kanal içeriğinden etkilendiği bildirilmiştir [94].

Ölçüm doğruluğunun kanalın içeriği ile ilgili olduğunu gösteren bir başka çalışmada, EAB cihazların kuru kanallarda daha hassas ölçüm yapabildiği, kanaldaki NaOCl çözeltisi varlığının ise cihazın çalışma kabiliyetini bozduğu bildirilmiştir [95].

EAB cihazların çeşitli kanal koşullarındaki kök kanal uzunluğu belirleme yeterliliği, yapılan farklı çalışmalarla değerlendirilmiş ve bu çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Dentaport ZX'in kullanıldığı, Marigo ve ark.'nın yaptıkları çalışmada NaOCl varlığının cihazın doğruluğuna etki etmediği bildirilmiştir [96]. Duran-Sindreu ve ark.'nın NaOCl ve klorheksidin kullanarak, Root ZX ve iPex (NSK, Tochigi, Japonya) cihazlarını değerlendirdikleri çalışmada solüsyonların cihazların doğruluğuna etki etmediği anlaşılmıştır [97]. Venturi ve Breschi ise, Root ZX cihazı ile daha doğru ölçümler yapılabilmesi için ölçümlerin düşük iletken koşullarda (kuru kanallar) yapılmaması gerektiğini belirtmişlerdir [95]. Bir başka çalışmada da kanal irrigasyon solüsyonları, lokal anestetik solüsyonları ve nekrotik doku artıkları gibi elektro iletkenlerin EAB'lerin doğruluğunu etkilemediği ve EAB'lerin bu şartlarda yine yüksek doğruluk oranlarını sürdürebildiği belirtilmiştir [98].

Yapılan tüm bu çalışmalarla; kan, anestetik solüsyon, nekrotik doku artıkları ve irrigasyon solüsyonları gibi yüksek elektro iletkenlerin EAB cihazların performansını etkileyip etkilemeyeceği tam olarak kesinlik kazanmamıştır [14].

2.2.4.3. Pulpa vitalitesi

Pulpa vitalitesinin, EAB cihazların doğruluğunu etkileyip etkilemediği kesin olarak bilinmemektedir. Dunlap ve ark. Root ZX cihazı ile vital ve devital dişlerde elektronik ölçümler yapmışlar ve bulgular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır [99].

Endex EAB cihazı ile yapılan çalışmada pulpa vitalitesinin, cihazın doğruluğunu etkilemediği, vital ve devital dişlerde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ortaya konmuştur [100].

Root ZX cihazı ile yapılan bir başka çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir [101]. Bu çalışmaların aksine pulpa vitalitesinin EAB cihazların doğruluğunu etkilediğini gösteren çalışmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalar, nekroz olmuş dişlerin apikalinde patolojik ve yapısal değişikliklerin olabileceğini ve bu durumun EAB cihazların doğruluğunu etkileyebileceğini bildirmiştir [99, 102].

2.2.4.4. Perforasyonlar, rezorpsiyonlar ve kök kırıkları

EAB cihazların çalışma boyu tespitinin yanı sıra, horizontal kök kırığı, apikal kök rezorpsiyonu ve perforasyonları yüksek doğruluk oranlarıyla tespit edebildiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir [13].

Goldberg ve ark. Root ZX cihazı ile in vitro ortamda apikal kök rezorpsiyonu oluşturdukları dişlerde ölçüm yapmışlardır. Bu çalışmada Root ZX'in $\pm 0,5$ mm'de, %62,7'lik doğruluk oranına ulaştığı gösterilmiştir [13]. EAB cihazların apikal kök rezorpsiyonu bulunan vakalarda dikkatli kullanılması ve yapılan ölçümlerin doğruluk oranlarının kullanıcının deneyiminden etkilendiğini ileri sürülmüştür [103].

Kök perforasyonları, kök kanalı ile periodontal dokular arasındaki nonanatomik açılmalar olarak tanımlanmaktadır. Kök perforasyonlarının oluşma sebeplerinden en önemlisi iyatrojenik sebeplerdir. Bunun dışında dişlerdeki tedavi edilmeyen mevcut çürükler ve rezorpsiyonlar da perforasyonlara neden olabilmektedir [104].

Kök perforasyonlarını teşhis etmek yapılacak tedavinin başarısı açısından önemli bir basamaktır. Perfore alanın ötesinde taşkın preparasyon yapmak ve bu bölgenin irrigasyon solüsyonları ile yıkanması hastalarda dramatik tablolara yol açabilmektedir. EAB cihazların perforasyon teşhisindeki güvenilirliği, yapılan çalışmalarda deneysel olarak test edilmiş ve sonuçlar EAB cihazların kök perforasyonlarını tespit etmek için kabul edilebilir olduğunu göstermiştir [79].

Perforasyon ve kök kırıklarının oluştukları nokta aynı zamanda periodontal aralığa açılan nokta olduğundan EAB cihazlar bu noktayı çalışma prensipleri gereği tespit edebilmektedirler.

Justy II cihazı ile in vitro ortamda yapılan bir çalışmaya göre horizontal ve vertikal kök kırığı oluşturulan dişlerde; Justy II'nin horizontal kök kırıklarını yüksek doğruluk oranıyla tespit edebilidęi, vertikal kırıkların tespitinde ise hatalı sonuçlar verdiği bildirilmiştir [80].



Resim 2.7. Yapay olarak oluşturulmuş kök perforasyonları [105]

2.2.4.5. Süt dişlerinde EAB kullanımı

Süt dişlerinde yapılan kök kanal tedavilerinde çalışma boyunun doğru belirlenmesi, sürekli diş germinin zarar görmesini engellemek açısından ayrıca bir önem taşımaktadır [106]. Süt dişlerinin daimi dişlere göre daha farklı anatomik yapılaraya sahip olması çalışma boyu için referans alınacak noktaların belirlenmesini zorlaştırmaktadır [107]. Bu anatomik zorluklardan bir tanesi süt dişlerindeki kök kanallarının daha eğimli bir açıya sahip olmasıdır. Bir diğer zorluk süt dişlerinin altında bulunan daimi diş germidir [108]. Bunlar dışında süt dişlerinin apikal daralıma sahip olmamaları ve fizyolojik rezorpsiyona maruz kalmaları sebebiyle apikal açıklığın sürekli olarak değişmesi gibi zorluklar da bulunmaktadır [109].

EAB cihazlar, süt dişlerindeki farklı kök kanal morfolojileri, fizyolojik kök rezorpsiyonu ve çocuklardaki tedavi sürelerinin kısa tutulması zorunluluğu gibi sebeplerden ötürü süt dişlerinde çalışma boyu tespitinin yapılabilmesi için avantajlı cihazlardır [110].

30 adet süt dişinin kullanıldığı bir çalışmada EAB cihazlar ve radyografik teknik ile kök kanal boyu ölçümü yapılmış; in vivo ortamda yapılan bu çalışmada EAB'lerin süt dişlerinin kanal boyunu saptamada yüksek doğruluk oranı gösterdiği bildirilmiştir. [111]. Angwaravong ve ark.'nın 60 adet çekilmiş süt azı dışında Root ZX'in etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada, kök rezorpsiyonu bulunan süt azı dişlerinde Root ZX cihazının %96,7 oranında başarı gösterdiği bildirilmiştir [112]. Kim ve ark. ise Root ZX ile yaptıkları çalışmada, sadece EAB cihazın kullanılarak %84 oranında bir başarı yakalandığını, radyografik yöntem ile kombine EAB kullanımının ise başarıyı %96'ya yükselttiğini belirtmişlerdir.

2.2.5. EAB Çalışmalarında Kullanılan İn vivo ve İn vitro Çalışma Metodlarının Karşılaştırılması

EAB'lerin doğruluğunu değerlendiren hem in vivo hem de in vitro çalışmalar mevcuttur. Duran-Sindreu ve ark. Root ZX'in doğruluğunu in vivo ve in vitro ortamda değerlendirmiş, gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir [113]. Ebrahim ve ark. in vitro çalışmaların daha objektif yapılabildiğini savunmuşlardır [114]. Briseno-Marroquin ve ark. ise in vitro çalışmaların, istatistiksel olarak daha güvenilir sonuçlar verdiğini, tekrarlanabilirliğinin yüksek olduğunu ve daha fazla sayıda örnekle çalışılabileceğini bildirmişlerdir [115].

İn vitro ortamda yapılan çalışmalarda, çalışmaların daha kontrollü yapılabilmesi ve kullanım kolaylığı gibi avantajlar bulunmaktadır [116]. Huang EAB cihazların değerlendirilmesinde in vitro modellerin kullanılmasını önermiş; bu yöntemle kısa sürede fazla sayıda örnek test edilebileceği ve dişlerin apekslerinin görülemez duruma gelmesi gibi avantajlarının bulunduğunu ileri sürmüştür [117].

EAB cihazların değerlendirildiği çalışmalarda, dişlerin gömülmesi için aljinat, salin, agar, jelatin ve diğer kimyasallar kullanılmıştır. Baldi ve ark. aljinat, agar, jelatin, salin ve salin emdirilmiş sünger karşılaştırmışlar ve aljinatın diğer gruplardan daha üstün olduğunu bildirmişlerdir [118]. Aljinat, koloidal kıvamıyla periodontal ligamenti simüle eden, kullanımı kolay olan elektro iletken bir malzemedir [119].

2.2.6. Çalışmada kullanılan elektronik apeks bulucular

2.2.6.1. Root ZX mini

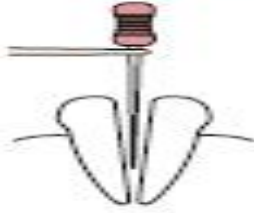


Resim 2.8. Root ZX mini [120]

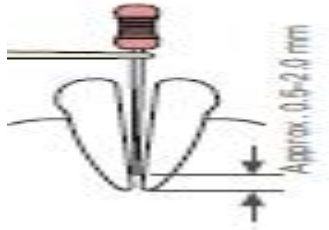
1991 yılında Kobayashi ve ark. nemli ortamda kullanılabilen ve otomatik kalibrasyon sağlayan ilk modern EAB olan Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) tanıtmışlardır [73]. Root ZX, kanalın sonlanma noktasını tespit etmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda empedans değerlerini ölçerek birbirlerine oranlamaktadır.

Aynı zamanda kuvvetli mikro işlemcilere sahip olduğu, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabildiği için daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmiştir [65].

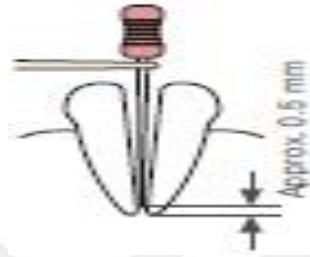
Doğruluğunun elektro iletken irrigantlardan etkilenmediği iddia edilen Root ZX (J Morita, Tokyo, Japonya) cihazı üçüncü kuşak EAB cihazların arasında bulunmaktadır [13]. Yapılan çalışmalarda tespit edilen yüksek doğruluk oranları Root ZX'in bir dönem yapılan çalışmalarda referans olarak kabul edilmesine neden olmuştur.



Resim 2.9. Kök kanal eğesi kök kanalına yerleştirildiğinde cihazın ölçümü aktifleşir. Apex çizgisine kalan çizgi sayısı sol alt köşede numaralandırılır [120].



Resim 2.10. Eğe ucu apeks yakınında bir konuma ulaştığında çubuk rengi, kritik bir alana ulaştığını belirtmek için yeşile döner [120].



Resim 2.11. Ölçüm aletinin sağ tarafındaki küçük üçgen referans için ayarlanan noktayı gösterir [120].



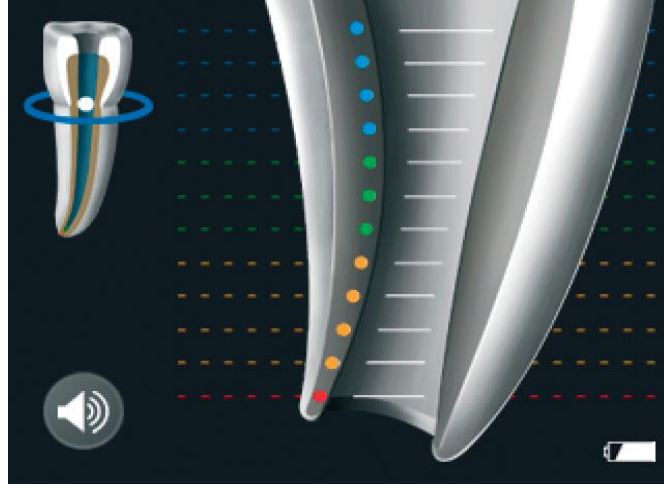
Resim 2.12. Apex'in konumu "APEX" kelimesi ile temsil edilir. Bu bölgedeki sayaç çubukları pembe dir [120].

2.2.6.2. Raypex 6

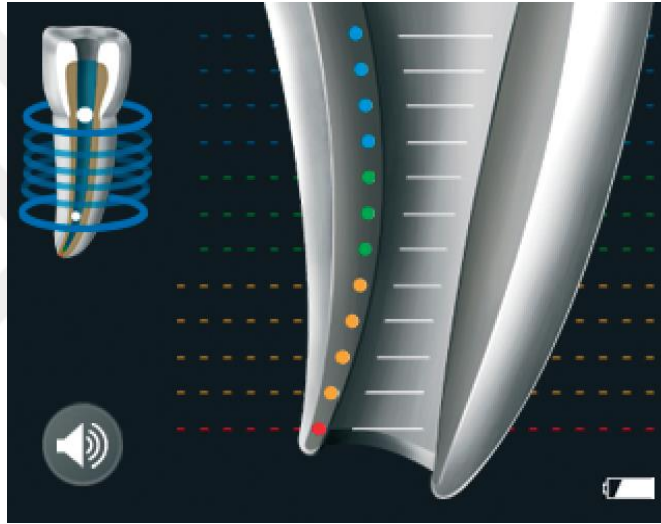


Resim 2.13. Raypex 6 [121]

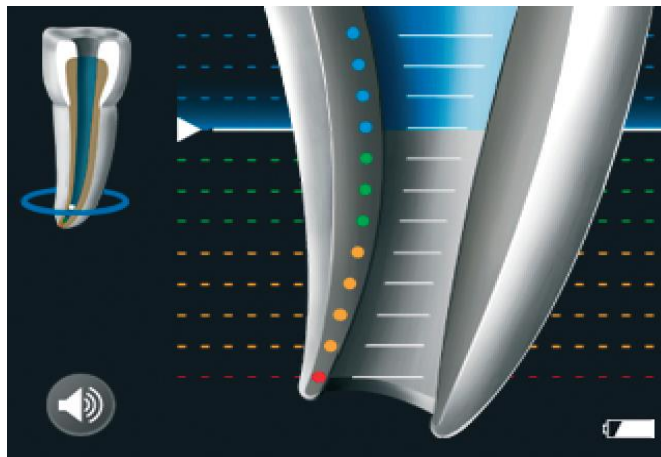
Raypex yaygın olarak kullanılan bir EAB'dir. Stober ve ark. Raypex 5'in klinik performansını değerlendirmişler; $\pm 0,5$ mm'de %75, ± 1 mm'de ise %100 doğruluk oranı bulmuşlardır [122]. Ayrıca, Somma ve ark.'nın çalışmasında, Raypex 5'in doğruluk oranı yüksek çıkmıştır [123]. Bu cihazın önceki modeli Raypex-4 ElAyouti ve ark. tarafından kök rezeksiyonlu dişlerde değerlendirilmiştir. Root ZX'in % 90'luk bir oranla doğruluğunun, ± 1 mm'de % 74'lük bir doğruluk oranı gösteren Raypex 4'ten daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, Raypex 4'ün başarısının, apikal çapın artmasıyla azaldığını da ortaya koymuşlardır [89]. Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya), Raypex 4 ve 5'in değerlendirilmesi ile klinik performansının daha başarılı olduğu Raypex serisinin son üyesidir [122, 123]. Raypex 6 cihazında multi-frekans apeks bulucu teknolojisi kullanılmıştır ve yine Root ZX gibi otomatik kalibrasyon yapabilmektedir. Bildiğimiz kadarıyla, bu yeni cihazın performansını değerlendiren çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Moscoso ve ark. tarafından yapılan çalışmada Raypex 6'nın $\pm 0,5$ mm'de %88,22 ve ± 1 mm'de %100 doğruluk oranı gösterdiği bildirilmiştir [124]. ElAyouti ve ark. çalışmasında Root ZX'e benzer şekilde, apikal çap 0,57 mm'nin üzerinde olduğunda Raypex 6'nın başarısı azalmıştır [89].



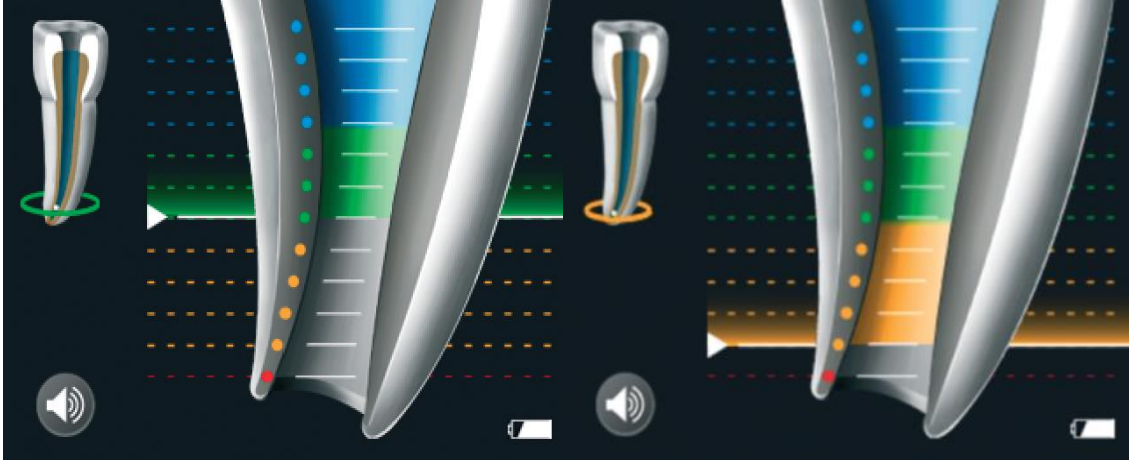
Resim 2.14. Kök kanal uzunluğu belirleme başlangıcı [121]



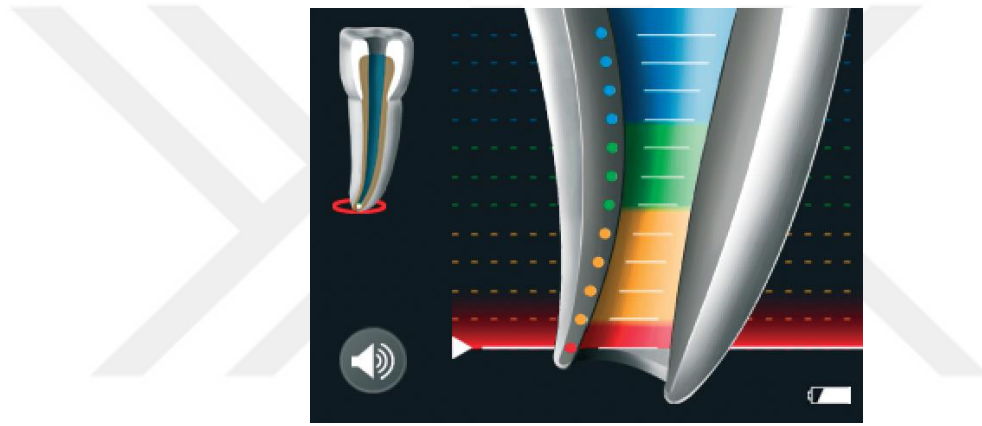
Resim 2.15. Kanal eğesi kök kanalının koronal ve medial bölümleri boyunca apikale doğru ilerletildikçe tam kanal görüntüsünde elips sürekli aşağıya doğru hareket eder [121].



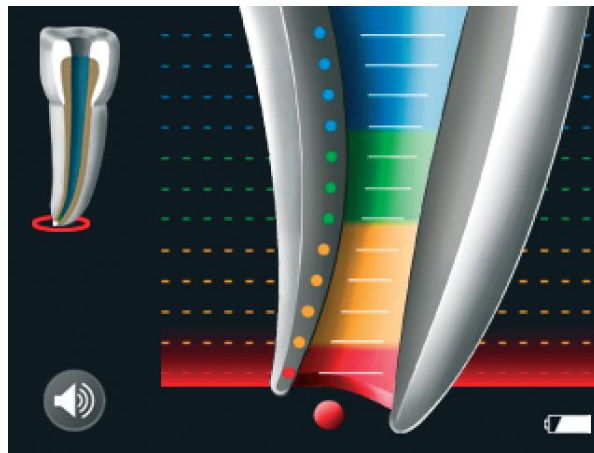
Resim 2.16. Kanal eğesinin ilerlemesinin büyütülmüş görüntüsü, kanalın apikal bölümünün büyütülmüş görüntüsünde gösterilir [121].



Resim 2.17. Apikal bölümde gösterge çizgisi tam konumu gösterir ve sırasıyla mavi, yeşil, sarı renkleri gösterir [121].



Resim 2.18. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında, gösterge çizgisi kırmızı olarak işaretlenir ve sabit bir ses çıkar [121].



Resim 2.19. Kanal eğesinin ucu apikal forameni geçtikten sonra, apikal zoom görüntüsünün altında kırmızı uyarı noktası belirir ve kısa uyarı sesi duyulur [121].

2.2.6.3. Apex ID

Apex ID güncel olarak kullanılabilen modern EAB'lerden bir tanesidir. Kullanım şekli diğer EAB'lere benzemektedir. Önce kök kanal eğesini kanala yerleştirmemiz ve ardından eğeyi eğe tutucusuna bağlamamız önerilmiştir. Cihaz çalıştırıldıktan sonra, eğe tutucusu dudak klipsine değiştirilerek devrenin kapalı devre olarak çalıştığından emin olunmalıdır. Devre kapalı devre olarak çalışıyorsa ekranda tüm çubuklar ve ekranın alt kenarında kesikli bir çizgi görünecektir ve cihazdan sabit tonda bir ses çıkacaktır.



Resim 2.20. Kapalı devre olarak çalışan Apex ID cihazı [125]

Üretici talimatlarına göre ölçümler sırasında kök kanal eğesinin metal restorasyonlarla teması hatalı ölçümler yapılmasına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda ölçümden önce kan veya eksüdanın kök kanalından temizlenmesi gerektiği bildirilmiştir. Nekrotik doku veya kök kanalındaki diğer maddeler de cihazın doğruluğunu etkileyebilmektedir. Cihazın doğruluğunu etkileyebilen bir diğer faktör kök kanallarında gözlenen anastomozlardır. Apikal foramenin tamamen oluşmadığı veya foramenin aşırı genişlediği durumlarda, çalışma uzunluğunun ölçüm değeri gerçek ölçüm değerinden daha kısa olabilmektedir. Yine kök kanal eğesi apekse yaklaştıkça cihazın sinyalleri değişmiyorsa, kök kanalının çok kuru olması ihtimali göz önünde bulundurulmalı ve kanal irrigasyon solüsyonları ile ıslatılmalıdır.

Üretici hatayı en aza indirmek için, çalışma uzunluğunun ikiden fazla ölçülmesini önermiştir. Kanalın genişletilmesi sırasında birkaç ölçüm yapılması ve kanalı genişlettikten sonra çalışma uzunluğunu tekrar onaylanması hatayı en aza indirecektir.

Yine ölçüm doğruluğunu arttırmak amaçlı diş anatomisinin radyografik olarak doğrulanıp cihazla röntgenin kombine kullanımı önerilmiştir [125].



Resim 2.21. Kanal içerisinde kanal eğesi ilerletildikçe çizgiler apekse doğru sayıca artmaktadır. Apex ID cihazında apeks için standart değer fabrikada 00 olarak belirlenmiştir. Bu değer, eğenin anatomik foramenlere ulaştığı anlamına gelir [125].

2.3. Endodontik Perforasyonlar

Endodontik perforasyonlar, periodontal dokular ile kök kanalları arasındaki yapay açılmalardır [126].

Kök perforasyonlarının sebepleri arasında, rezorbsiyon, çürük ve iyatrojenik sebepler sayılabilmektedir [127]. İyatrojenik perforasyon sebeplerinden en sık gözlenenini ise post boşluğu hazırlanırken oluşan perforasyonlardır. Kvinnsland ve ark.'na göre iyatrojenik perforasyonların %53'ü post boşluğu hazırlanırken, %47'si ise rutin endodontik tedaviler sırasında ortaya çıkmaktadır [128].

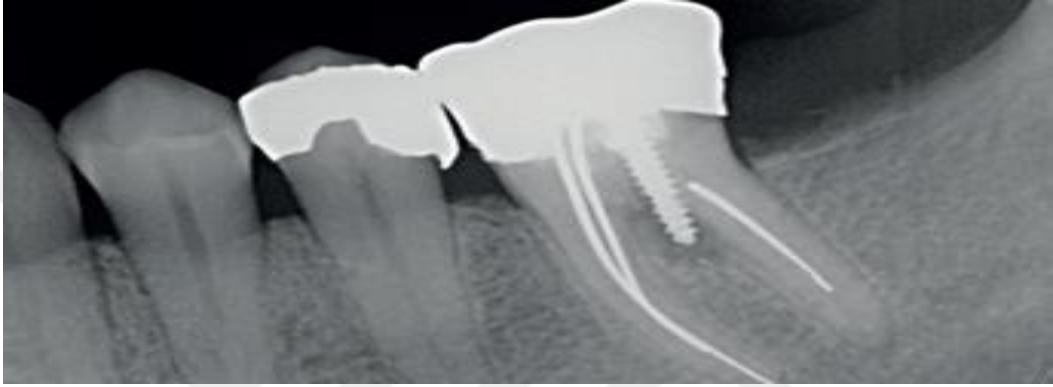
Yapılan çalışmalar, kök kanal tedavisi sırasında ortaya çıkan perforasyonların, tüm başarısız endodontik tedavilerin %10'unu oluşturduğunu göstermektedir [129].

2.3.1. Perforasyon tipleri ve etyolojisi

İyatrojenik perforasyonlar; hekim hatalarından kaynaklanan perforasyonlardır. Kök kanal anatomisi hakkında yetersiz bilgi sahibi olunması ve anatomik varyasyonlar iyatrojenik perforasyonların oluşmasına zemin hazırlamaktadır [130].

Perforasyonlar pulpa odasının tabanı (bifurkasyon/trifurkasyon) ve kökün koronal, orta ve apikal üçlüsünde oluşabilmektedir [104].

Furkasyon bölgesinde meydana gelen perforasyonlar, genel olarak kanal ağızları aranırken veya post yuvası hazırlanırken meydana gelen iyatrojenik sebepli perforasyonlardır [131]. Bunun dışında furkasyon bölgesinde bulunan ve tedavi edilmemiş çürük de furkasyon perforasyonlarına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda pulpa odasının tavanı ve tabanının birbirine çok yakın olduğu durumlarda tabanın dikkatsizlik sonucu delinmesiyle, yetersiz giriş preparasyonu yapılmasıyla veya frezin yanlış yönlendirilmesiyle de furkasyon perforasyonları oluşturulabilmektedir [104].



Resim 2.22. 36 numaralı dişe post yerleştirilmesi esnasında oluşturulan furkasyon perforasyonu [132]

Kök kanalının koronalindeki perforasyonlar da kanal ararken veya kanal açmaya çalışırken ortaya çıkmaktadır. Kanal ağızlarının kalsifiye olması, kanal ağızlarının yanlış tanımlanması, kron kök açılanmaları ve koronal dentinin fazla kaldırılması gibi sebepler koronal üçlüde ve furkasyon bölgesinde perforasyonların oluşmasına yol açabilmektedir.

Lateral kök duvarlarının incelerek perfore olması strip perforasyon olarak adlandırılmaktadır. Strip perforasyonlar alt kesici, alt molarların mesial kökü ve üst molarların mesiobukkal kökünde daha sık görülmektedir. Furkasyon bölündeki diş yapısının kanalın dış duvarına göre daha ince olması, uygun giriş kavitesi hazırlanmadan yapılan genişletmelerin strip perforasyonlara yol açma riskini arttırmaktadır [58].



Resim 2.23. Hatalı giriş kavitesi açılması sonucu 12 numaralı dişin bukkal yüzeyden perfore olduğunu gösteren konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntüsü [132]

Orta üçlü bölgesindeki perforasyonlar ise pulpa taşı olan bir kanalı genişletirken, kökteki açılma sebebi ile veya kanalda kırılan bir aletin yanından geçmeye çalışırken oluşabilmektedir. Aynı zamanda, post boşluğu hazırlanırken veya kök kanal tedavilerinin yenilenmesi esnasında kök kanalındaki gütaperka çıkartılırken de ortaüçlüde perforasyonlar oluşturulabilmektedir. [104].



Resim 2.24. 45 numaralı dişin mezial kök yüzeyinde post yerleştirilmesi esnasında oluşturulan perforasyon [132]

Apikal bölgedeki perforasyonlar AF'nin yerinin değişmesine sebep olan kanal genişletilmeleriyle ilişkilendirilmiştir. Özellikle eğri kanallarda dış kenardaki dentinin

fazla kaldırılması sonucu oluşabilmektedir. Aynı zamanda kanal tedavisini yapan hekimin apikal anatomiye uymaması ve kanal eğelerinin apikal bölgede agresif şekilde kullanılması gibi sebepler de apikal perforasyonların sebepleri arasındadır [133].



Resim 2.25. 46 numaralı dişin distal kanalındaki apikal perforasyon sonucu yapılan taşkın dolum[132]

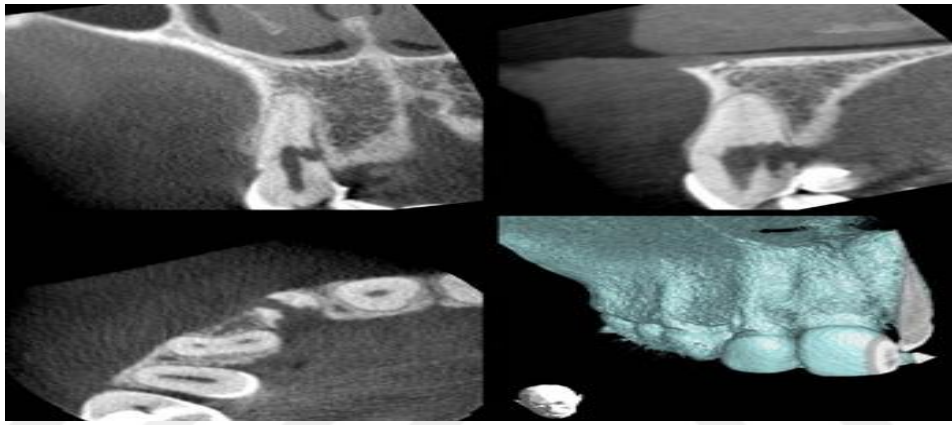
Görüldüğü üzere kök kanalında veya furkasyon bölgesinde meydana gelen perforasyonların en önemli sebebi iyatrojeniktir. İyatrojenik sebepler dışında oluşan perforasyonlar patolojik perforasyonlardır. İlerlemiş çürükler ve rezorpsiyonlar patolojik perforasyon sebebi olabilmektedir.

Diş kökleri dış yüzeyde presegmentum ve iç yüzeyde preentin ile çevrelenmişlerdir. Bu yapılar zarar görmesi sonucu açıkta kalan dentin dokusu rezorbe olmaya başlamaktadır [134]. Rezorbsiyon kök yüzeyinde başlayıp pulpal dokulara doğru ilerliyorsa eksternal kök rezorbsiyonu, pulpal kaynaklı olarak kök kanalı içerisinden başlayıp kök yüzeyine doğru ilerliyorsa internal kök rezorbsiyonu olarak adlandırılmaktadır [135]. En sık rastlanan rezorpsiyon sebebi travmadır. Bunun yanı sıra pulpa iltihabı, periodontal hastalık, bleaching ve bazı sistemik hastalıklar da rezorpsiyonlara sebep olabilmektedir [58].

İnternal kök rezorbsiyonu görülen dişlerde kök kanal sistemi oval bir şekilde genişlemektedir. İnternal rezorpsiyon çoğu vakada kendini sınırlayan bir durumdur. Yine de ilerlereyerek perforasyona dönüşme ihtimali unutulmamalıdır. Bu nedenle, ilerlemeden rezorpsiyonun tedavisi yapılmalıdır.

Eksternal inflamatuvar kök rezorpsiyonu sement ve periodontal ligament hücrelerinin hasar görmesiyle birlikte kök yüzeyinde oluşan bir rezorpsiyon tipidir. Tüm eksternal rezorpsiyonlar kök kanalını perforasyon etme potansiyeline sahiptirler [136].

Geniş çürük lezyonlar da tedavi edilmedikleri takdirde perforasyon oluşturabilmekte; mikrobiyal etkiyle diş dokularını tahrip edebilmektedir. Bu perforasyonlar hem furkasyon bölgesinde hem de kök yüzeyinde görülebilmektedir. Tedavilerinde kök kanal tedavisi, kök ekstrüzyonu veya kök rezeksiyonu işlemleri uygulanabilmektedir. Tabii bu vakaların birçoğunda, diş restore edilemez hale gelmekte ve çekim tercih edilmektedir [137].



Resim 2.26. 13 numaralı dişin eksternal servikal rezorpsiyonunun kök kanalını perforasyon ettiğini gösteren CBCT görüntüsü [132]

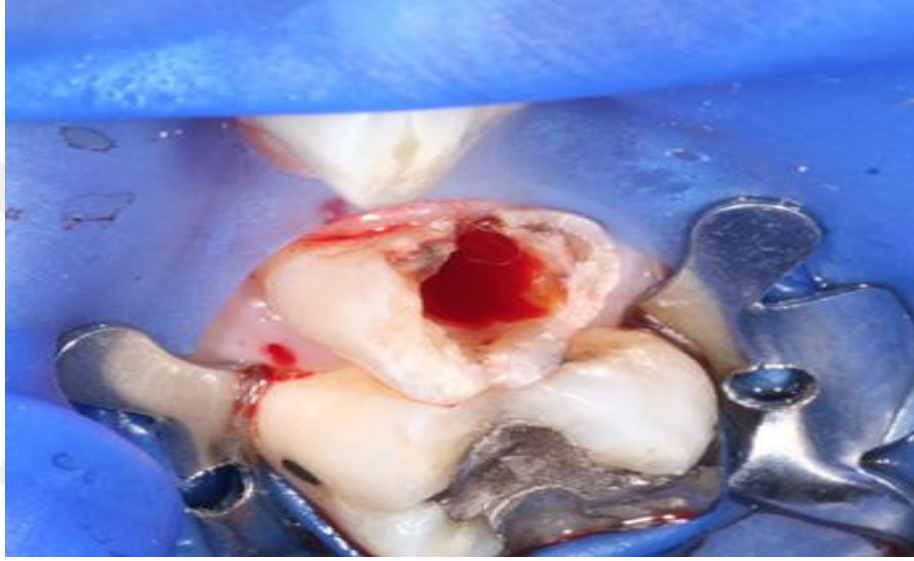
2.3.2. Perforasyon tanısı

Kök perforasyonlarının lokalizasyonlarını doğru tespit etmek, tedavi sürecini olumlu etkilemektedir. Bu şekilde perforasyon alanının ötesine çıkmamış olmakta ve periradiküler dokular tahriş edilmemektedir [79].

Kök kanal tedavisi sırasında oluşan perforasyonlar işlemi uygulayan hekim tarafından dikkatle gözlenmeli ve hastanın semptomları göz önünde bulundurulmalıdır. Perforasyon oluşan bölgedeki kanamanın direkt veya indirekt olarak gözlenebilmesi önemli bir kriterdir. Ayrıca perforasyon oluşan kök kanalında kanal eğesinin beklenenden daha gevşek bir yapıyla karşılaştığı bilinmelidir. Teşhis için bunlarla birlikte radyografik yöntem ve EAB cihazlar ayrı ayrı veya kombine kullanılmaktadır [138].

İyatrojenik perforasyonlar genellikle yaralanmayı takiben oluşan bol kanama ile tanınmaktadır. Furkasyon bölgesinde meydana gelen perforasyonlarda pulpa odası kanla

dolmakta, kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında oluşan perforasyonlarda ise kanal içinde beklenmedik bir kanama görülebilmektedir [104]. Koronal perforasyonlarda oluşan kanamalar gözle görülebilirken, kanal içinde apikale daha yakın bölgede oluşan perforasyon kanamaları doğrudan görülemeyebilmektedir. Kök kanalına yerleştirilen paper pointler kök kanalındaki kanamanın teşhis edilmesini kolaylaştırmaktadır. Paper pointin yan yüzeyinde gözlenen kanama kökün lateral duvarında, paper pointin ucundan itibaren gözlenen kanama ise kök ucunda bir perforasyon olduğu ihtimalini düşündürmelidir.



Resim 2.27. Endodontik giriş kavitesi açılması sırasında perforasyon sonucu oluşan bol kanama[132]

Patolojik perforasyonlar iyatrojenik perforasyonlar gibi anlık meydana gelmedikleri için daha geç teşhis edilmektedirler. Bu tipteki perforasyonların teşhisi için klinik ve radyografik değerlendirmeler yapılmalı ve hastanın başvuru şikayetleri dikkate alınmalıdır. Patolojik perforasyonların teşhis ve tedavi edilmediği durumlarda, perforasyon bölgesinde sinüs yolu veya seröz eksüda oluşumu, ilgili dişte perküsyon duyarlılığı, lokalize periodontal cep ve gingivanın kronik inflamasyonu gibi belirtiler ortaya çıkabilmektedir [104].

Oluşan perforasyon kök yüzeyinin bukkal veya lingualinde ise iki boyutlu radyografiler tanı için yeterli bilgi vermemekte ve bu durum tedaviyi güçleştirmektedir. EAB cihazların perforasyon teşhisindeki güvenilirliği deneysel olarak test edilmiş ve sonuçlar EAB ile kök perforasyonlarını tespit etme yönteminin kabul edilebilir bir yöntem

olduğunu göstermiştir [79, 139]. EAB cihazlar kök ucundan çıktıklarında verdikleri uyarının aynısını kanal eğesi perforasyon alanına yerleştirildiğinde de verecektir.

Çalışma mikroskopları kullanarak perforasyon teşhisi yapmak, perforasyonun konumunu ve boyutunu gorselleştirmede büyük avantaj sağlamaktadır.

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), perforasyondan şüphelenilen vakalarda sıklıkla başvuru olan bir yöntem haline gelmiştir. CBCT ile rezorptif lezyonlar ve perforasyonlar doğru bir şekilde tanımlanıp değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte, CBCT'lerdeki en büyük dezavantaj hastaların iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmalarıdır. Bu nedenle CBCT'nin rutin kullanımı önerilmemekte; klinik sonuçları değerştirebileceği düşünölen durumlarda kullanılması önerilmektedir [140].

Kök kanallarındaki ve furkasyon bölgesindeki perforasyonların başlıca belirtisi ağrıdır. Özellikle anestezinin yapılmadığı veya yetersiz olduğu tedavilerde kanal aletinin perfore bölgeden periodontal aralığa çıkması aniden ağrı oluşturabilmektedir [104].



Resim 2.28. Bukkal yüzeyden perfore olan 21 numaralı dişin periapikal ve CBCT görüntüleri [132]

2.3.3. Perforasyon tamirinde prognozu etkileyen faktörler

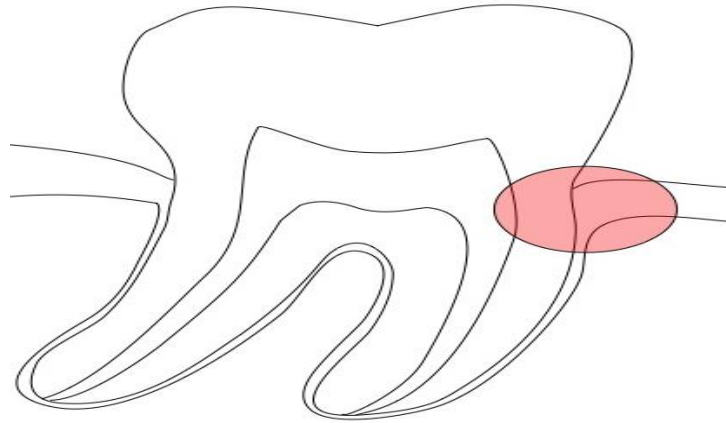
Perforasyon prognozu; perforasyonun lokalizasyonuna ve boyutuna, defekt tedavi edilmeden önce geçen zamana ve perforasyonun tamir edildiği materyalin kapatma kabiliyetine bağlıdır [141].

2.3.3.1. Perforasyonun lokalizasyonu

Perforasyon lokalizasyonu prognozu etkileyen en önemli faktörlerdendir [142]. Perforasyonun krestal kemik seviyesi ve epitel bağlantısına göre konumu prognoz açısından kritiktir. Bu bölgeye kritik bölge ismi verilmiştir [104]. Perforasyonlar alveoler kret veya bu seviyeden biraz daha koronalde oluştuğunda perforasyon tamirindeki başarı oranı en aza inmektedir. Bunun nedeni bu bölgedeki perfore alanların epitelyal migrasyon ve periodontal cep formasyonuna duyarlı olmalarıdır [143].

Perfore bölgede epitelin apikale göçü meydana geldiğinde periodontal bir defekt oluşmakta; oluşan cep formasyonu da tedavideki başarı oranını düşürmektedir [144]. Bifurkasyon veya trifurkasyon bölgelerinde meydana gelen perforasyonlarda, epitel ataşmanı ve dişeti sulkusuna olan yakınlığı nedeniyle bu bölge kritik bölge olarak düşünülmelidir [145].

Yapılan çalışmalarda servikal üçlüdeki ve furkasyon bölgesindeki perforasyonların prognozunun belirsiz olduğu, bu belirsizliğin perfore alanın gingival sulkus ile olan ilişkisinden kaynaklandığı bildirilmiştir [146]. Gingival sulcus ile yakın ilişkide olmayan kökün koronal 1/3'lük kısmındaki, orta ve apikal üçlüdeki perforasyonlar genellikle iyi bir prognoza sahiptir [104].



Şekil 2.4. Kritik bölge [132]

2.3.3.2. Perforasyonun boyutu

Oluşan perforasyonların boyutu da prognoz açısından önemli bir faktördür. Küçük boyuttaki perforasyonların tedavi edilebilme şansı büyük boyuttaki perforasyonlara göre daha fazladır. Daha az doku yıkımının olduğu küçük boyutlu perforasyonlar, perfore

alanın etkili bir şekilde kapatılması ile tedavi edilebilmektedir. Bu tedavi bakterilerin periradiküler dokulara ulaşmasını engellemektedir [129].

Perfore alanın boyutu büyüdükçe ise perforasyon bölgesinin tamir edilmesi güçleşmekte ve bu bölgeden taşkın kök kanal dolgusu yapılma riski artmaktadır [104]. Bu da perforasyon tedavisindeki başarı şansının düşmesine neden olmaktadır.

2.3.3.3. Perforasyonun üzerinden geçen zaman

Perforasyon tedavisinde başarılı olunabilmesi için önemli kriterlerden bir tanesi de tedaviye hızlı başlamaktır. Perforasyonun oluşma zamanının üzerinden ne kadar çok geçerse tedavinin başarılı olma şansı okadar azalmaktadır. Çabuk başlanan perforasyon tedavilerinde enfeksiyon, kronik granülasyon dokusu ve periodontal cep oluşma ihtimali en aza indirilmektedir [145].

Eğerki perfore alanın tamiri geciktirilirse iyileşme de gecikmekte veya hiç olmamaktadır. Perfore alanın tamirinin gecikmesi bu bölgenin kontamine olması ihtimalini arttırmaktadır [147]. Defekt perforasyon oluştuktan hemen sonra kapatılmadığı takdirde doku yıkımı ve diş kaybı oluşabilmektedir [145].

2.3.3.4. Perforasyon tamirinde kullanılan materyaller

Kullanılan tamir materyalleri de perforasyon tedavisinin başarısını etkileyen önemli faktörlerden bir tanesidir. İdeal bir tamir materyali bakteriyostatik, biyouyumlu, radyopak olmalı, toksik olmamalı ve yeterli tıkamayı sağlayabilmelidir [104]. Yapılan çalışmalar perforasyon bölgesinin yeterli tıkanmasının tedavideki başarı şansını arttırdığını bildirmişlerdir. Perforasyon tedavisindeki birincil hedef biyouyumlu bir materyal kullanarak defekti kapatmak ve periodontal ataşmanı tekrardan sağlamaktır [148].

Geçmişten günümüze kadar amalgam, IRM, süper EBA, gütaperka, cam iyonomer siman gibi birçok materyal perforasyonların tamirinde kullanılmıştır. Güncel perforasyon tedavilerinde ise rezin iyonomerler, kompomerler ve Mineral Trioksit Agregat (MTA) sıklıkla tercih edilen materyallerdir [104].

Tamir materyallerinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin cam iyonomer dentine bağlanabilen bir materyalken, Cavit hidrofilik ve kolay uygulanabilen bir materyaldir. Kullanılan bu materyallerin ağız boşluğu ve dokular arasında yeterli tıkamayı sağlayamamaları ve biyouyumlu olmamaları ise en önemli dezavantajları

olmuştur [127]. Bu dezavantajlardan dolayı, güncel perforasyonların tedavisinde MTA kullanımı yaygınlaşmıştır [149]. MTA sement oluşumunu indüklemektedir. Aynı zamanda IRM, Super EBA ve amalgamdan belirgin oranda daha az sızıntı göstermektedir [150]. Bu avantajlarından ötürü güncel perforasyon tedavilerinde MTA kullanımı yaygındır [127].

Holland ve ark. köpek dişleri kullanarak yaptıkları bir çalışmada iyatrojenik perforasyonlar oluşturmuşlar ve daha sonra perfore alanları MTA ile kapatmışlardır. Tedaviden 6 ay sonra yapılan histolojik incelemede dişlerin hiçbirinde inflamasyon olmadığı rapor edilmiştir [150]. Yine Main'in 1 yıllık takibini yaptığı 16 vakada perforasyon alanları MTA ile kapatılmıştır. 1 yıl sonunda yapılan değerlendirmede perforasyona komşu doku yüzeylerinde herhangi bir patolojik bulguya rastlanmadığı ve lezyonlu dişlerde belirgin bir iyileşme olduğu rapor edilmiştir. MTA'nın perforasyon tamirinde sık tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi sert doku rejenerasyonuna olanak sağlamasıdır [127]. MTA kemik hücreleri için biyolojik aktive edici bir substrat görevi görmektedir. Sementoblastların tutulumu, gelişimi, mineralize matriks geni üretimi ve osteokalsin salınımı gibi avantajlar sağlamaktadır [151]. MTA'nın biyoyumlu bir materyal olmasının yanında yeterli tıkama özelliğine sahip olması da perforasyon tedavilerindeki başarı şansını arttırmaktadır [152].

MTA hidrofilik bir materyaldir ve bu nedenle çevre dokulardaki nem ile kimyasal reaksiyona girmekte ve nemli ortamlarda sertleşebilmektedir. MTA nem varlığında sertleştiği için kan varlığında da tıkama özelliği olumsuz etkilenmemektedir [153].

Ancak MTA kullanmanın bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Manipülasyonu zordur. Tecrübeli bir el tarafından uygulanması gerekmektedir.
- 4 saatlik sertleşme süresi MTA uygulanmasını zorlaştırmaktadır.
- Hem gri hem de beyaz MTA dişte renklenme yapabilmektedir.

Perforasyon tedavilerinde kullanılan bir diğer güncel materyal biodentindir. Biodentin kalsiyum klorür içeren bir kalsiyum silikattır. Sertleşme süresi MTA'ya göre çok daha kısadır ve yine MTA'ya göre manipüle etmek çok daha kolaydır [154].



Resim 2.29. 26 numaralı dişte furkasyon bölgesinde oluşan perforasyonun MTA ile kapatılması [132]



Resim 2.30. 45 numaralı dişte giriş kavitesi sırasında oluşan perforasyonun Biodentin ile kapatılması [132]

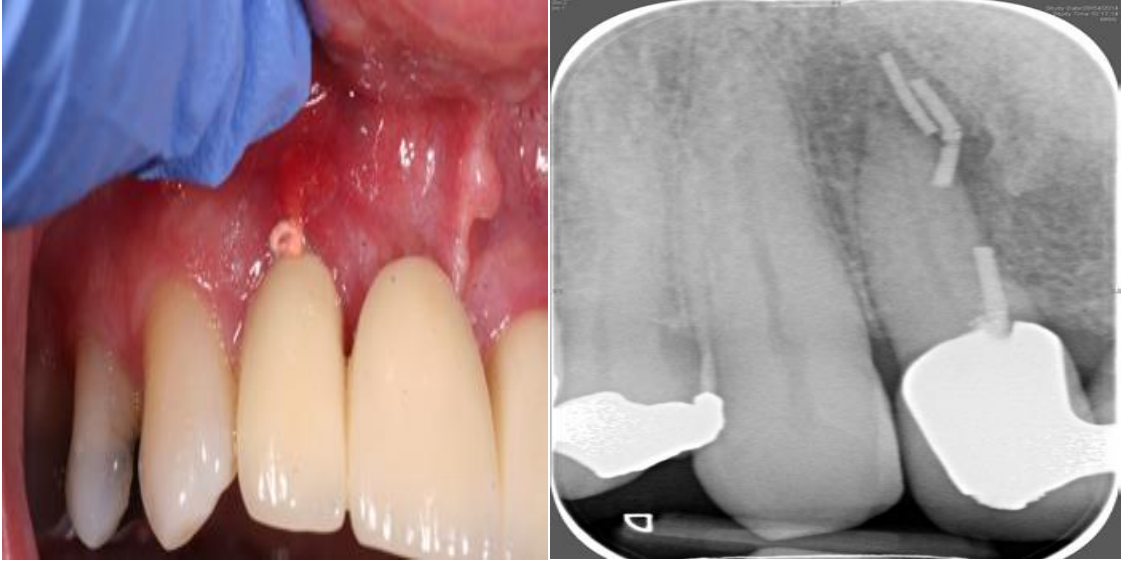
2.3.4. Perforasyon tedavisi

Perforasyonların tedavi edilebilmesi ve bu tedavinin prognozu birçok faktörle ilişkilendirilmiştir. Öncelikle doğru tanının konması ve perforasyon sahasına ulaşabilmek gerekmektedir. Bu konuda klinisyenin bilgi ve tecrübesi çok büyük bir öneme sahiptir. Perfore alanın lokalizasyonu, büyüklüğü, perforasyonun üzerinden geçen zaman gibi birçok faktör de perforasyon tamiri yapılırken dikkat edilmesi gereken

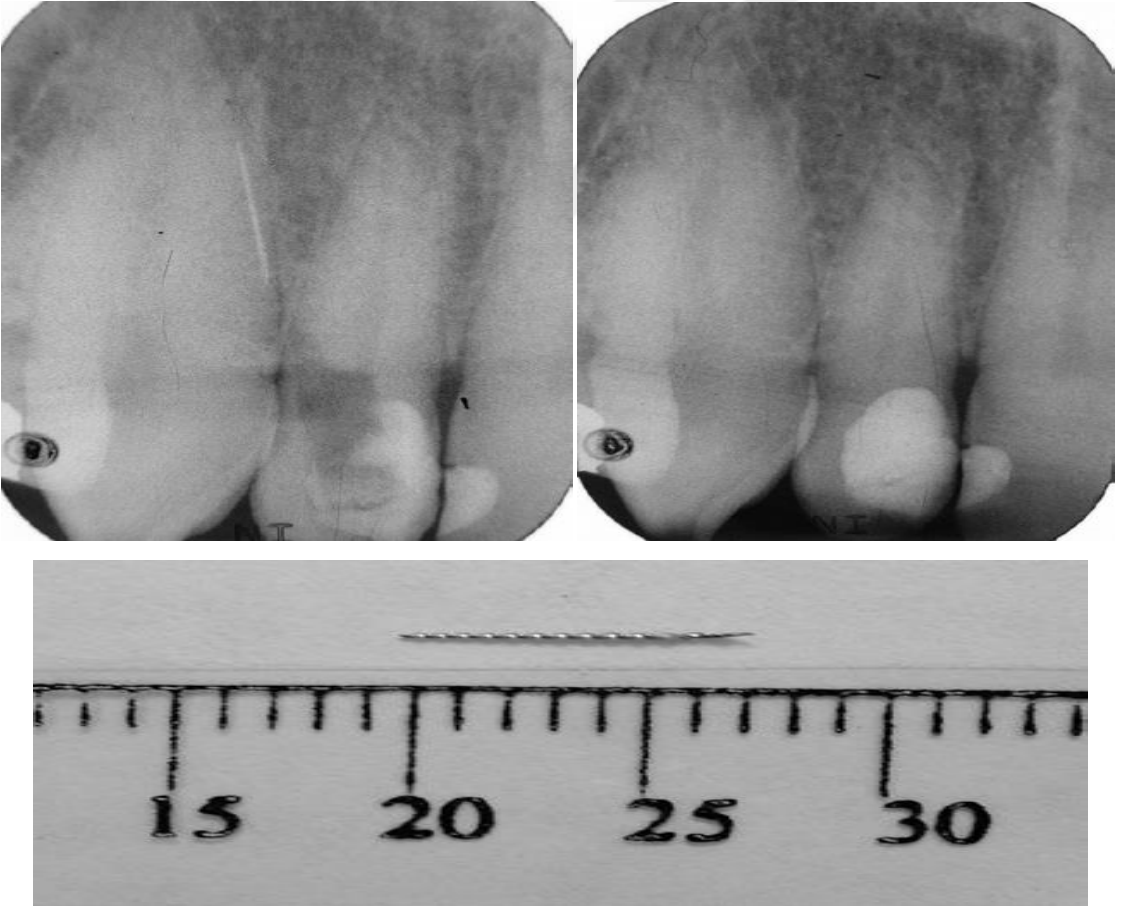
kriterlerdendir. Perforasyon tedavileri hem konservatif hem de cerrahi olarak yapılabilir. Yapılacak tedavi seçimi perforasyonun lokalizasyonu ve büyüklüğüne göre değişebilir. Periodontal durumu şüpheli, perfore alanın ve dişin restore edilebilme olanağı olmayan dişlerde çekim endikasyonu konulabilir. Aynı zamanda kök kanalında veya furkasyon bölgesinde perforasyon oluşturulmuş, stratejik öneme sahip olmayan dişler için de çekim kararı verilebilir [146].

2.3.4.1. Cerrahi olmayan tedavi uygulamaları

Cerrahi olmayan tedavilerde öncelikli olarak kök kanal tedavisinin tamamlanması, daha sonra perforasyon ve onarım arasındaki zaman aralığının düşünülmesi gerekmektedir. Kontamine olmayan perfore alan hemen onarıldığında periodontal dokularda bozulma olmamaktadır. Perforasyon bölgesinin uzun süre tamir edilmediği durumlarda ise perfore alan kronik olarak enfekte olabilmektedir. Perfore alanların enfekte olduktan sonraki tedavilerinin başarısı aseptik koşullar altında yapılmasına bağlıdır [155]. Eğer perfore alanın içine herhangi bir yabancı cisim veya restoratif materyal girerse, bu durum tedavinin başarısını azaltacaktır. Tamir için bölgeden dentin kaldırılması gerekiyorsa, ultrasonik uçlar komşu dokularda az hasar oluşturacağı için tercih edilen materyallerdir. Arens & Torabinejad, perfore alanın enfekte olması durumunda, tamir materyali yerleştirilmeden önce bu bölgenin genişletilmesi ve %2,5'lik NaOCl ile yıkanması gerektiğini bildirmişlerdir [131]. Klinisyenin, sodyum hipokloritin periradiküler dokulara taşmasıyla ilgili bir endişe duyuyorsa, perfore alanı steril su ile yıkayabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte kullanılan steril su perfore alanın dekontamine edilmesine yardımcı olmayacaktır. Klorheksidin de duyarlı olmayan hastalarda kullanılacak bir diğer alternatif yıkama solüsyonudur.



Resim 2.31. 12 numaralı dişin bukkal yüzeyinin perfore olması ve klinisyenin perfore alanı kök kanalı zannederek periodontal aralığı doldurması [132]



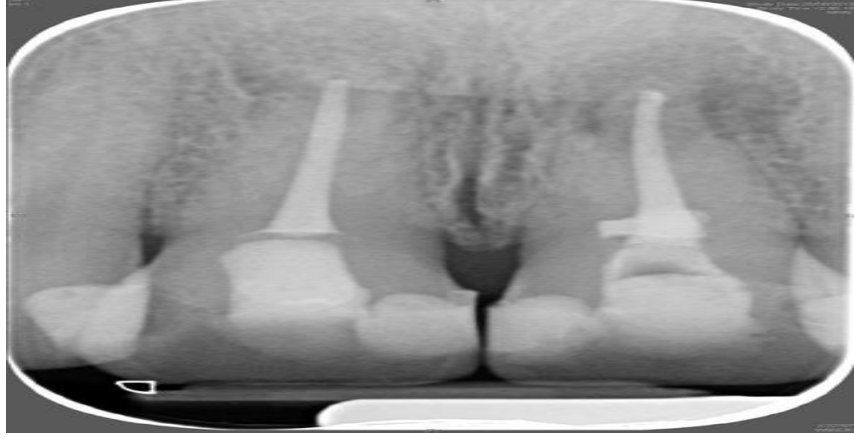
Resim 2.32. Hatalı açılan giriş kavitesi sonucu perfore olan 12 numaralı dişin distal yüzeyinin tamiri ve periodontal aralıktan çıkarılan eğe [132]

Eğer perforasyon bölgesinde hiperplastik veya vasküler granülasyon dokuları oluştuysa, bu dokular perfore alandan çıkartılmalı, dikkatli bir şekilde kürete edilmelidir. Perfore alanın temizlenmesi için ekskavatör, sond ve frez gibi birçok materyal kullanılabilir. Bu aletlerin dikkatli kullanılmadığı takdirde ise fazla kanamaya neden olabileceği unutulmamalıdır. Kanama olan vakalarda kanama durdurucu olarak kullanılan ferrik sülfat gibi materyaller, alveolar kemikte geri dönüşü olmayan hasara neden olmakta ve iyileşmeyi geciktirmektedir [156]. Kanama kontrolü amacıyla kullanılan önerilen materyaller; kollajen, kalsiyum sülfat veya kalsiyum hidroksit gibi hemostatik materyallerdir. Kanamanın kontrol edilemediği dişlerde ise perfore alan daimi olarak kapatılmamalı, Cavit gibi geçici bir materyalle kapatılıp kanama kontrolü sağlandıktan sonra daimi kapatma yapılmalıdır.

Kanamanın kontrol edilmesi ve tamir materyalinin perforasyon bölgesini kapatacak şekilde yerleştirilmesi, perforasyon tedavilerindeki başarı için önemli faktörlerdendir. Perfore alanda oluşan granülasyon dokusunun çıkarılması ile bu bölgenin etrafında kemik boşluğu oluşabilmektedir. Tamir materyali yerleştirilirken bu boşluk dikkate alınmalı, tamir materyallerinin perfore alandan periodontal aralığa taşmaması sağlanmalıdır. Geçmişte bu riski ortadan kaldırmak amacıyla kollajen veya kalsiyum sülfat gibi biyouyumlu bariyerler kullanılmıştır [157]. Güncel olarak perforasyon tedavilerinde kullanılan MTA'nın ise bariyer olmadan da mükemmel bir başarı oranı sağlayabileceği kanıtlanmıştır [158]. Dahası MTA'nın periradiküler dokulara taşması da tedavideki başarıyı olumsuz yönde etkilememektedir. Bu nedenle, tamir için MTA gibi kalsiyum silikat materyaller kullanıldığında bariyer kullanımı gerekli görülmemiştir.

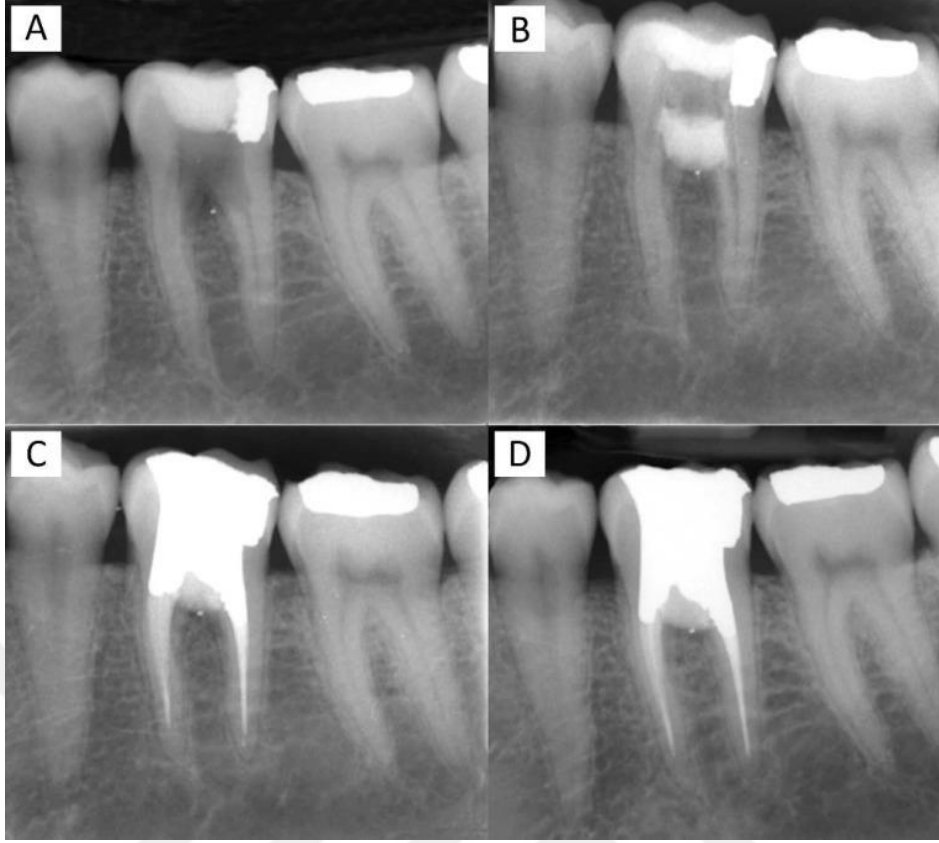
Perforasyonun lokalizasyonu tedavi seçeneği için en önemli kriterdir ve perforasyonun nasıl kapatılacağını belirleyecektir. Kemiğin üzerinde lokalize olan perforasyonlar, oral kavite ile doğrudan ilişki içinde olduklarından periodontal dokularla temas halinde değildirler. Cam iyonomer ve kompozit gibi restoratif materyaller suprakrestal perforasyonların tedavisinde kullanılabilir. Kullanılan restoratif materyallerin kenarlarının pürüzsüz olması bu bölgelerde plak birikimini engelleyecektir.

Koronal üçlüdeki perforasyonlar ise kök kanal tedavisi tamamlanmadan da onarılabilmektedir. Bazı durumlarda perfore bölgeden gelen kanama kök kanal tedavisinin bitirilmesine izin vermemektedir. Böyle durumlarda kök kanal tedavisi tamamlanmadan önce perforasyonu onarmak gerekmektedir.



Resim 2.33. 21 numaralı dişin bukkal kök yüzeyindeki perfore alanın MTA ile kapatılması [132]

MTA nemli ortamda sertleşen bir materyal olduğundan, nemli bir pamuk MTA'nın üzerine yerleştirilerek sertleşmesi uyarılabilmektedir [159]. MTA'nın sertleşme sresindeki uzunluk, daimi üst restorasyonda gecikmeye sebep olabilmektedir. Bir dişe MTA yerleştirildikten sonra daimi restorasyonun yapılması için bir gün ile bir hafta arasında beklemek gerekmektedir [131]. Sluyk ve ark. yaptıkları çalışmada, MTA'nın 3 günlük süre içinde yer değiştirmeye karşı önemli ölçüde direnç kazandığını bildirmişlerdir [160]. Bazı araştırmacılara göre; perforasyon tedavisinde MTA kullanılıyorsa, MTA'nın üzeri rezinle modifiye edilmiş cam iyonomer siman bir bariyer ile kapatılmalı ve üzerine hemen daimi restorasyon yapılmalıdır. Tamir materyali olarak biodentine kullanıldığı durumlarda ise restorasyon hemen tamir materyalinin üzerine yerleştirilebilir.



Resim 2.34. Furkasyon bölgesindeki perforasyonun tamir materyali ile kapatılması [161]

Kökün orta üçlüsündeki perforasyonlar, genellikle oval şekilli ve büyük bir yüzey alanından oluşmaktadır [155]. Strip perforasyonlar, ince ve içbükey köklerde sık görülen perforasyonlardandır [162]. Oluşan perforasyon alanı küçük ise ve kanama kontrolü sağlanabiliyorsa konvansiyonel tedavi seçenekleri düşünülmelidir. Fakat perfore alan geniş ise bu yeterli iyileşmeyi önlemekte ve tamir etmek için bazı girişimler yapılmaktadır. Bu perforasyonları onarmak için iki seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler şöyle sıralanabilir:

1- Kök kanalı doldurulup, tamir materyalini daha sonra defekt bölgesine yerleştirmek. Bu şekilde kullanılacak tamir materyali perforasyon bölgesine daha kolay uygulanabilmektedir. Bu teknikte kök kanal dogusu materyalinin perfore alandan periodontal aralığa taşmamasına dikkat edilmelidir.

2- Perfore alanın tamir materyali ile kapatıldıktan sonra kök kanal dolgusunun tamamlanması. Bu yöntemde tamir materyalinin kök kanalını kapatmamasına dikkat edilmeli, gerekirse güta-perka veya kağıt kon gibi boşluk koruyucu materyallerle kök kanalının tıkanması engellenmelidir.



Resim 2.35. Kökün orta üçlüsünde lateral yüzeyde oluşan perforasyon tamir edilirken MTA'nın periodontal aralığa taşması [132]

Apikal üçlüdeki perforasyonlar ise sıklıkla kök kanal preparasyonları sırasında ortaya çıkmaktadır. Perfore alanın direkt görülememesi ve erişimin zor olmasından dolayı apikal bölgedeki perforasyonların tedavileri güçleşmektedir. Eğerki perfore alana erişim mümkün değilse, sıcak kök kanal dolum teknikleri kullanılarak perfore alan ve kök kanalı aynı anda doldurulabilmektedir. Bununla birlikte kötü prognoza sahip olabilen apikal perforasyonlarda her zaman tedavi mümkün olmamaktadır. Yapılan tedaviler hastanın şikayetlerinde azalma sağlamıyorsa ve patolojik durum devam ediyorsa apikal cerrahi ve çekim seçenekleri göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3.4.2. Cerrahi tedavi uygulamaları

Günümüzde perforasyonların öncelikle konvansiyonel olarak tedavi edilmesi istenmektedir. Konvansiyonel tedavinin mümkün olmadığı durumlarda cerrahi müdahaleler düşünülmelidir. Cerrahi yöntemlerin düşünüleceği durumlar şu şekilde özetlenebilir:

- Perforasyonu direkt göremediğimiz ve perfore alana erişimin mümkün olmadığı durumlarda
- Perfore alanın subkrestal bölgede olduğu ve flap kaldırılması gereken durumlarda

- Perfore dişte geniş çaplı bir intrakoronal veya ekstrakoronal restorasyon bulunması durumunda
- Konvansiyonel olarak perfore alanın kapatılamayacağı büyük perforasyonlarda
- Konvansiyonel olarak ulaşıp temizlenmesi ve tamir edilmesi mümkün olmayan apikal üçlüdeki perforasyonlarda
- Konvansiyonel tedavilerin uygulanamayacağı dış servikal rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlarda

Yukarıda sıralanan maddelerden de anlaşılacağı üzere perfore bölgenin cerrahi olarak tedavi edilmesi, konvansiyonel tedavilerin mümkün olmadığı durumlar için geçerlidir. [154]. Perfore dişlerde cerrahi tedavi uygulanacaksa, öncelikle kök kanal tedavisi tamamlanmalı daha sonra flep açılmalıdır. Perfore bölgeden doku artıklarının çıkartılarak temizlenmesi için ultrasonik uçlar, küçük yuvarlak uçlu frezler veya el aletleri kullanılabilir. Tamir materyali perfore alana yerleştirilmeden önce perforasyon bölgesinin tamamen temizlendiğinden emin olunmalıdır. Eğerki perfore alandan doku artıkları çıkartılarak temizleme yapıldıktan sonra kanama oluştuysa hemostaz sağlanmadan tamir materyali defekt bölgesine yerleştirilmemelidir. Kanamanın durdurulamadığı vakalarda nem kontrolü gerektirmeyen ve nemli ortamda sertleşen MTA tipi materyaller tamir materyali olarak tercih edilebilmektedir. Ancak nemli ortamdaki MTA manipülasyonunun zor olduğu unutulmamalıdır. Rezin içerikli materyallerde ise çok sıkı bir nem kontrolü yapılmalıdır. Bu materyallerden bir tanesi rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer simandır. Bu materyal neme duyarlı olmasına karşın sertleşme zamanı ve adeziv özelliklerinden dolayı zor koşullarda güvenli bir onarım sağlamaktadır [163].

Furkasyon bölgesinde oluşan büyük perforasyonlarda konvansiyonel olarak perfore alanın kapatılması mümkün olmamaktadır. Bu durumlarda biküspidizasyon, kök ampütasyonu ve hemiseksiyon gibi cerrahi tekniklere başvurulmaktadır. Bu tekniklerden hangisinin uygulanacağı konusunda alveoler kretin seviyesi ve furkasyon bölgesiyle olan ilişkisi dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda kökün furkasyon bölgesinden sonraki eğimi ve kök uzunluğu da önem taşımaktadır. Kemik desteğini kaybetmiş köklerde kök ampütasyonu düşünülürken, kemik desteği yeterli olan dişlerde biküspidizasyon ve hemiseksiyon yöntemleri düşünülmektedir [146].

Perfore alanın konvansiyonel olarak tedavi edilemediği ve cerrahi yöntemlerin de başarıya ulaşamayacağı düşünülüyorsa; perfore dişlerdeki bir diğer tedavi seçeneği

reimplantasyon tekniğidir. Bu teknikte öncelikle perfore dişin zarar görmeden tek parça halinde çekilmesi gerekmektedir. Diş çekimi yapıldıktan sonra perfore alan tamir materyali ile kapatılmalı ve diş tekrardan alveol sokete yerleştirilmelidir.

Apikal bölge perforasyonlarında ise konvansiyonel tedaviler uygulanamıyorsa ve dişin kron kök boyu yeterli ise apikal rezeksiyon tekniği uygulanmalı ve ardından apikal bölge retrograd dolgu ile kapatılmalıdır. Yeterli kron kök boyuna sahip olmayan dişlerde ise çekim tercih edilmektedir [128].

2.4. Çalışmada Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

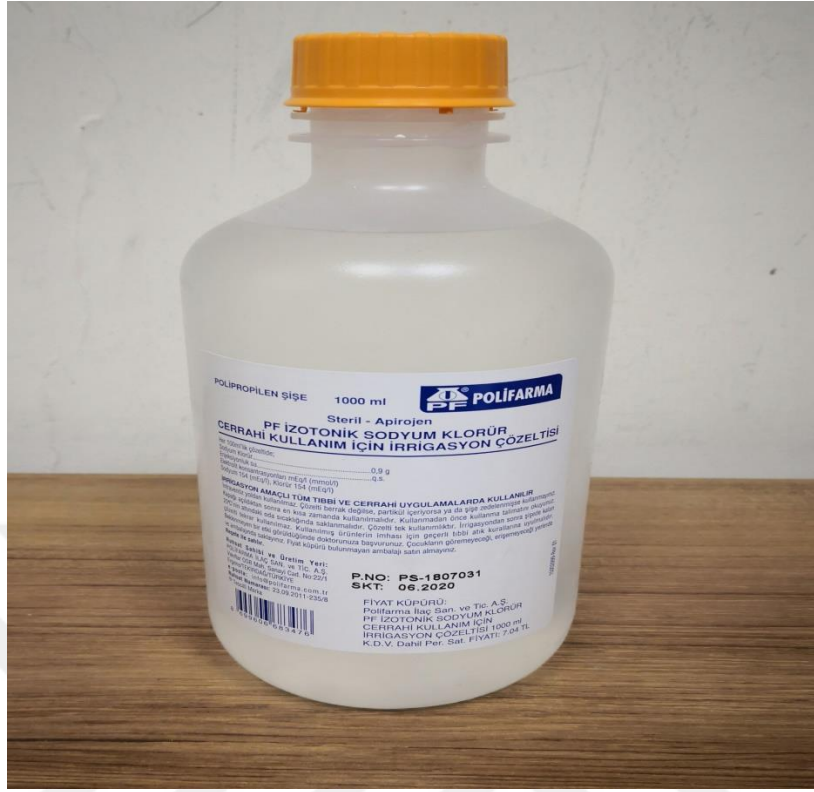
2.4.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)



Resim 2.36. %5'lik NaOCl

NaOCl, hem gram pozitif hem gram negatif mikroorganizmalara etki edebilen geniş spektrumlu antibakteriyel bir irrigasyon solüsyonudur. Organik dokuları çözebilmesi ve mikrobiyal biyofilmi kaldırabilmesi açısından önemlidir. Aynı zamanda çalışma alanının dezenfeksiyonu ve hemostatik amaçlı kullanımı NaOCl'nin avantajlarından. Uygun konsantrasyonlarda hazırlanan, uygun koşullarda saklanan ve yeterli sürelerde uygulanan NaOCl farklı irrigasyon solüsyonlarıyla birlikte kullanımı kök kanal sisteminde bulunan mikroorganizmalar üzerinde maksimum etkiyi göstermektedir. Bilinen yan etkilerine karşın uygun konsantrasyonda ve dikkatli bir kullanımla endodontik tedavilerden maksimum yarar sağlanabilecektir [164].

2.4.2. Serum fizyolojik (SF)



Resim 2.37. %0,9'luk NaCl çözeltisi

Serum fizyolojik kök kanal irrigasyonunda kullanıldığında kök kanal sisteminde orta derecede bir antibakteriyel etki oluşturmaktadır. SF bakteri sayısında belirli oranda bir düşüşe neden olsa da bunun yeterli olmadığı ve etkin bir antimikrobiyal solüsyonun biyomekanik kök kanal genişletilmesi sırasında ve sonrasında kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır.

2.4.3. Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)



Resim 2.38. %17'lik EDTA

EDTA kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kullanılan dekalsifiye edici bir şelasyon ajanıdır. EDTA'nın, kök kanal dentinindeki kalsiyum iyonları ile oluşturduğu şelasyon özelliği sayesinde dentinin inorganik yapısını uzaklaştırdığı ve bunun sonucu olarak da kök kanalının şekillendirilmesi sırasında direncin azaldığı, temizlemenin kolaylaştığı düşünülmektedir. Şelatör ajanlar, temizleme yeteneklerinin yanı sıra kök kanal duvarına yapışan biyofilm tabakasını da çözebilmektedirler [165]. Bu da EDTA'nın sınırlı antibakteriyel kapasitesine rağmen kanal içi mikroorganizmaların azalmasında serum fizyolojiye göre neden daha etkili olduğunu açıklamaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Prosedürü

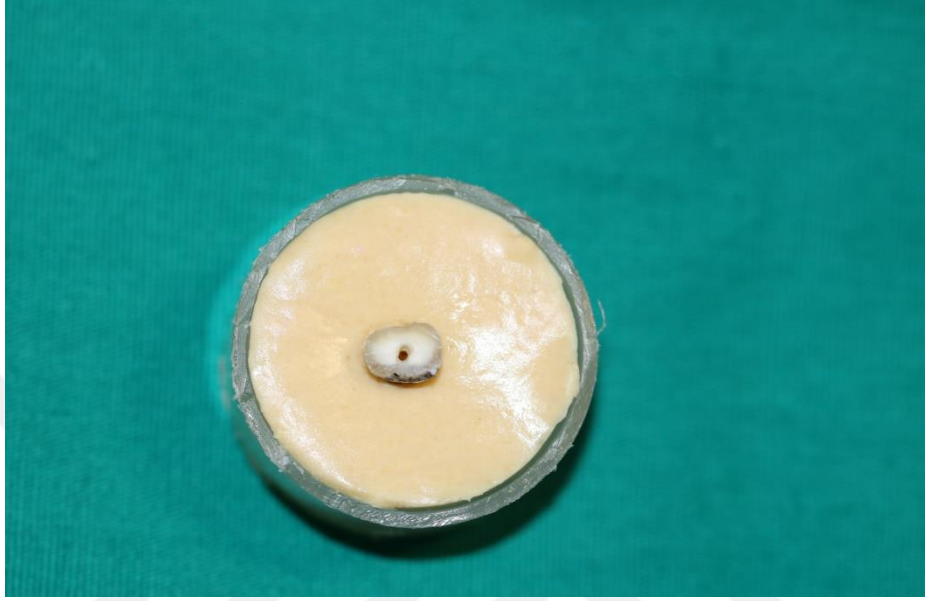
Bu in vitro çalışma, Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2017/369 karar nolu ve 06.11.2017 tarihli etik kurul raporu ile bilimsel ve etik açıdan uygun bulunmuştur. Çalışma Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının (%5'lik NaOCl, %0,9'luk Sodyum Klorür (NaCl) çözeltisi ve %17'lik EDTA) elektronik apeks bulucu cihazların (Root ZX mini, Raypex 6, Apex ID) doğruluğuna olan etkisi araştırıldı.

3.2. Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

Çalışmada kullanılmak üzere 64 adet insan maksiller 1. molar dişin meziobukkal kökü seçildi. Rezorbsiyona uğramış, kırık ve açık apeksli kökler çalışmaya dahil edilmedi. 25-35 derece eğime sahip olan kökler kullanıldı ve bu eğim oranlarına sahip olmayan kökler de çalışmaya dahil edilmedi. Kök eğimleri belirlenirken Schneider tekniği kullanıldı. Bu tekniğe göre pulpa odasından itibaren kanalın uzun aksına paralel bir çizgi çizildi. İkinci bir çizgi de AF noktasından birinci çizginin kök kanalının gidişini terk ettiği en apikal bölüme doğru çizildi. Bu iki çizginin kesiştiği yerdeki açı kökün eğim açısı olarak belirlendi. Kök kanal anatomilerini değerlendirmek amacıyla bukkolingual ve meziodistal açılardan diş röntgen görüntüleri alındı. Köklerin yüzeyindeki yumuşak doku ve diş taşları, el aletleri ile kök yüzeyinden uzaklaştırıldı ve kökler %5,25'lik NaOCl'de 2 saat bekletildi. Tüm dişler kullanılmaya kadar steril salin solüsyonu içinde saklandı. Kök kanalına kolay erişim sağlamak ve tüm ölçümler için sabit bir referans noktası elde etmek amacıyla dişlerin meziobukkal kökleri mine-sement birleşiminden dekoronize edildi. Kanal ağzları belirlendikten sonra 10 numaralı K tipi bir el eğesi ile kök kanallarına girildi ve apikal açıklık kontrol edildi. Daha sonra tırnerf yardımıyla kök kanal içerikleri boşaltıldı ve kanallar sırasıyla 25 ve 40 numaralı Reciproc (VDW, Münih, Almanya) döner alet eğeleri kullanılarak genişletildi. Genişletme işlemi bittikten sonra kök kanalları 2,5ml %2,5'lik NaOCl ve ardından 2,5 ml distile su ile yıkandı. Kanallar paper point (kağıt kon) yardımıyla kurutuldu ve

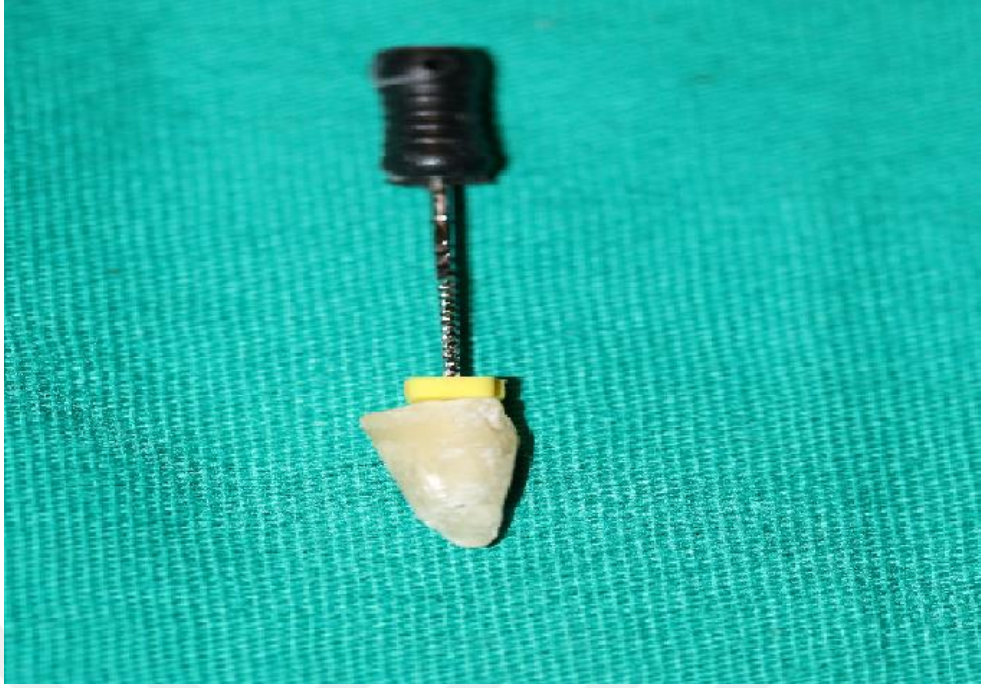
kökler yapay perforasyon oluşturmaya hazır hale getirildi. Son olarak kökler 40 numara boyterlok kullanılarak, kök eğiminin başladığı noktadan, lateral yüzeylerinden perfore edildi. Perforasyon oluşturulurken kullanılan boyterlok ile perfore alandan öteye geçilmedi ve bu şekilde standart bir perforasyon çapı oluşturuldu.



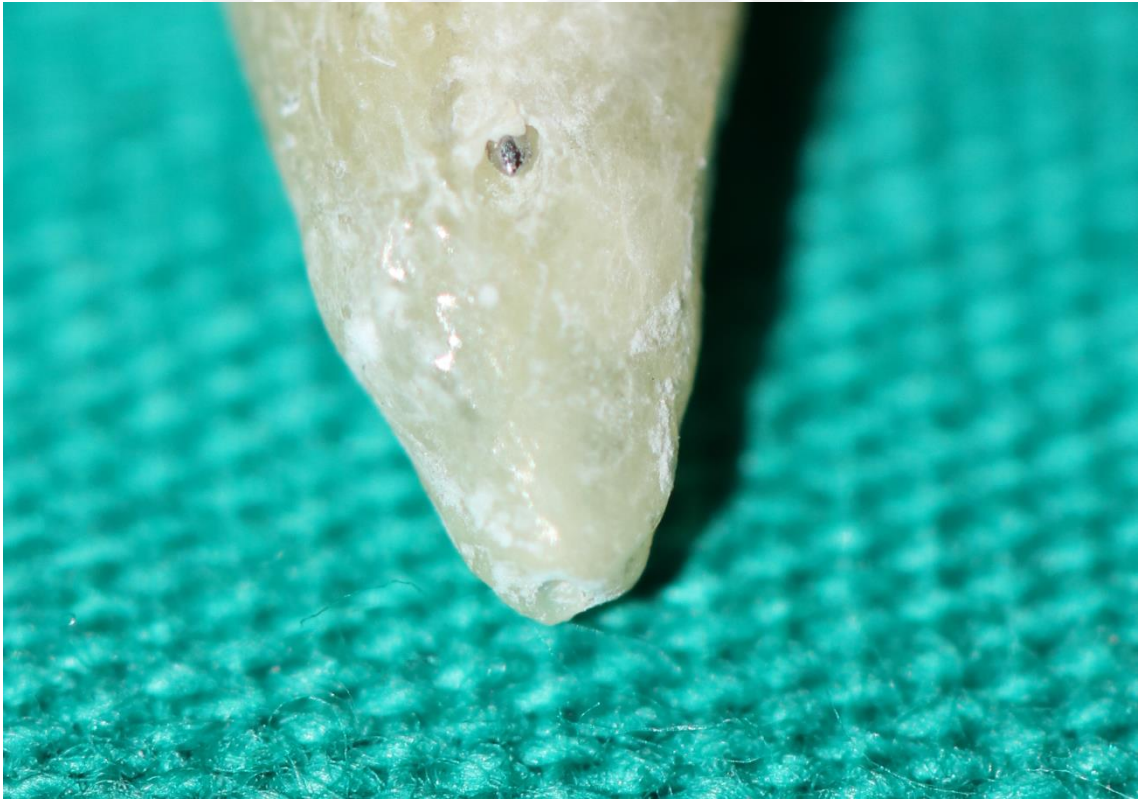
Resim 3.1. Çalışmada kullanılacak örneklerin aljinat kalıba gömülmesi

3.3. Perforasyona Kadar Olan Gerçek Uzunlukların Görsel Olarak Ölçülmesi

Elektronik ölçümlerden önce, perforasyon yerine kadar olan gerçek uzunlukların belirlenmesi X4 büyütme (Carl Zeiss GmbH., Jena, Almanya) altında görsel olarak yapıldı. Kök kanalına yerleştirilen 40 numaralı K tipi el eğesinin ucu perforasyon deliğinde gözle görüldüğü anda silikon stoper referans noktasına ayarlandı ve kanaldan çıkarıldı. Eğenin ucu ve silikon stoper arasındaki mesafe 0,5 mm'lik kumpas kullanılarak ölçüldü ve gerçek uzunluklar tespit edildi. Tüm ölçümler, ölçümlerin geçerliliğini sağlamak için 2 operatör tarafından yapıldı ve bu ölçümlerin ortalaması alındı.



Resim 3.2. 40 numaralı K tipi el eğesinin perfore alana doğru ilerletilmesi



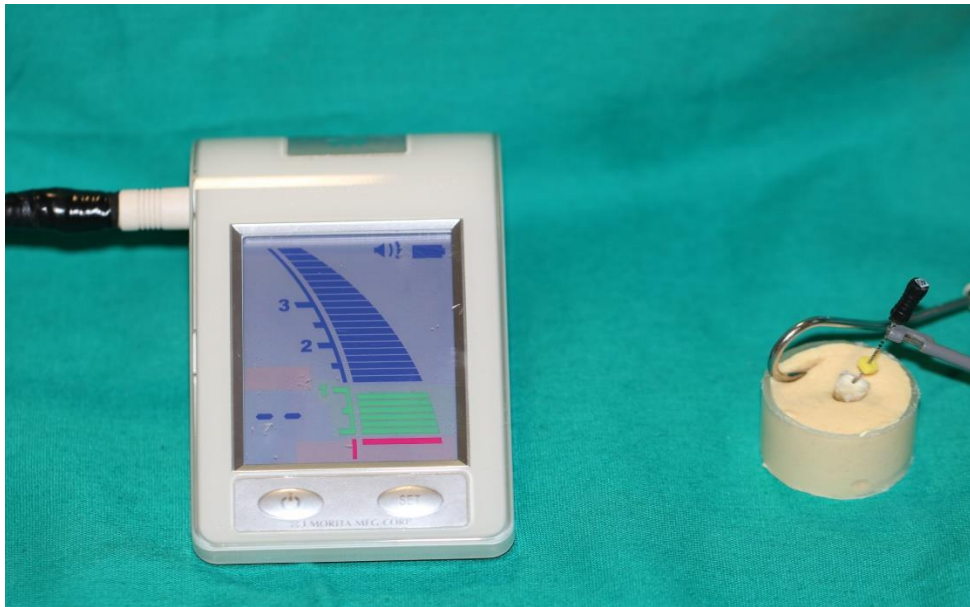
Resim 3.3. El eğesinin perfore alandan çıkıp gözle görülmesi

3.4. Perforasyona Kadar Olan Uzunlukların Elektronik Olarak Ölçülmesi

Daha önceden yapay olarak perfore edilen ve perforasyona kadar olan uzunlukların görsel olarak belirlendiği örnekler aljinatla doldurulmuş bir kalıp içine gömüldü. Dudak klipsi aljinat içine yerleştirildi ve tüm ölçümler aljinatın nemli kaldığından emin olmak için 2 saatlik süre içerisinde yapıldı. Her cihaz için ölçümler ikişer kez tekrarlandı ve ortalamaları alındı.

Elektronik ölçümler için irrigasyon solüsyonu olarak %5'lik NaOCl, %0,9'luk NaCl çözeltisi ve %17'lik EDTA kullanıldı. Solüsyonların dışında kuru ortamda da perforasyona kadar olan uzunluk ölçümleri elektronik olarak yapıldı. Kök kanallarında kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının birbirleriyle temas etmemeleri için her solüsyon kullanımından sonra kök kanalları distile su ile yıkandı ve kağıt konlar ile kurutuldu. Elektronik ölçümler için 40 numara K tipi paslanmaz çelik eğe kullanıldı. Perforasyonların elektronik ölçümleri EAB kullanılarak ve üreticilerin önerileri doğrultusunda yapıldı.

Root ZX cihazı ile ölçüm yapılırken eğe, "APEX" okuması elde edilene kadar kanalın içinde ilerletildi ve daha sonra son yeşil çubuğa ulaşılan kadar geri çekildi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eğe ucuyla stoper arasındaki mesafe X4 büyütme (Carl Zeiss GmbH., Jena, Almanya) altında 0,5 mm'lik kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyelik stabil kaldığında farklı kanal koşulları için perforasyona kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi.



Resim 3.4. Root ZX cihazı ile ölçüm yapılması

Raypex 6 cihazı ile ölçüm yapılırken eğe, kırmızı çubuk ekranda gözükene kadar ilerletildi ve daha sonra son sarı çubuğa ulaşılanaya kadar geri çekildi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eğe ucuyla stoper arasındaki mesafe X4 büyütme (Carl Zeiss GmbH., Jena, Almanya) altında 0,5 mm'lik kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyeliliğine stabil kaldığında farklı kanal koşulları için perforasyona kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi.

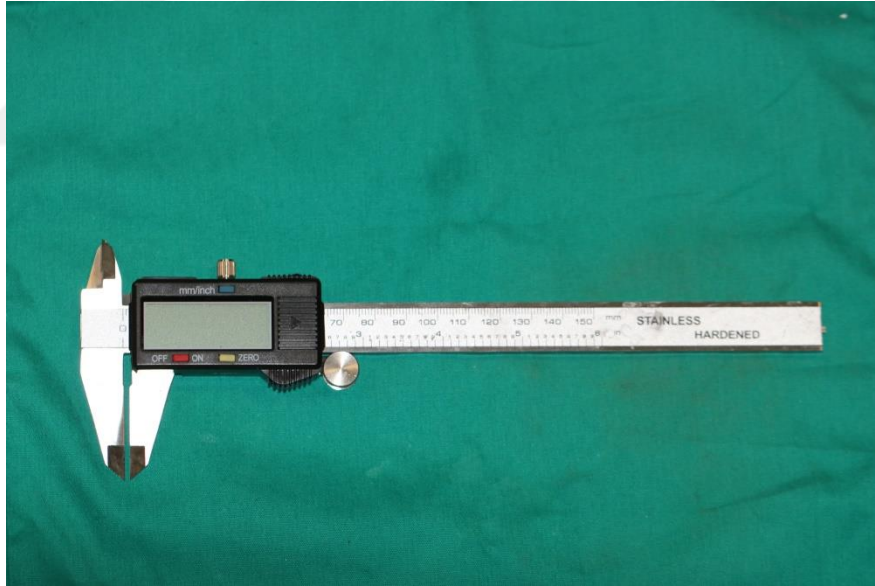


Resim 3.5. Raypex 6 cihazı ile yapılan ölçüm

Apex ID cihazı ile ölçüm yapılırken eğe, ekranda 00 rakamı gözükene kadar ilerletildi ve silikon stoper referans noktasına bu noktada sabitlendi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eğe ucuyla stoper arasındaki mesafe X4 büyütme (Carl Zeiss GmbH., Jena, Almanya) altında 0,5 mm'lik kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyeliliğine stabil kaldığında farklı kanal koşulları için perforasyona kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi.



Resim 3.6. Apex ID cihazı ile yapılan ölçüm



Resim 3.7. 0,5 mm'lik kumpas

3.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shaphiro wilk testi ile test edildi ve normal dağılan değişkenlerin değerlerinin iki farklı yöntem arasında karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t test kullanıldı. Ayrıca sınıf içi korelasyon katsayıları hesaplanarak yöntemler arasındaki uyum değerlendirildi ve Blant-Altman grafikleri çizildi.

Tanımlayıcı istatistik olarak sayısal değişkenler için ortalama \pm standart sapma değerleri verildi. İstatistiksel analizler için SPSS for Windows version 24.0 paket programı kullanıldı ve $P<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

Tablo 4.1. Gruplara göre ortalama ölçüm değerleri ve standart sapma değerleri

	N	Ort.	Std. Sapma
ROOT-ZX Kuru	64	8,09	1,87
ROOT-ZX NaOCl	64	8,20	1,91
ROOT-ZX SF	64	8,35	1,91
ROOT-ZX EDTA	64	8,33	1,92
RAYPEX-6 Kuru	64	8,14	1,89
RAYPEX-6 NaOCl	64	8,00	1,89
RAYPEX-6 SF	64	7,90	1,90
RAYPEX-6 EDTA	64	7,82	2,06
APEX-ID Kuru	64	8,17	1,92
APEX-ID NaOCl	64	8,35	1,94
APEX-ID SF	64	8,34	1,93
APEX-ID EDTA	64	8,48	1,97
Gerçek Uzunluk	64	8,21	2,00

Tablo 4.1.'de çalışmada kullanılan 64 örneğin gerçek uzunluk ortalamaları ve farklı kanal koşullarındaki 3 ayrı EAB cihazı ile yapılan elektronik ölçümlerin ortalama uzunlukları gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Ölçümler ile gerçek ölçüm arasındaki uyumu gösteren sınıf içi korelasyon katsayıları

	Sınıf içi korelasyon katsayıları	95% GA		p
		Alt sınır	Üst sınır	
ROOT-ZX Kuru	0,980	0,967	0,988	0,001*
ROOT-ZX NaOCl	0,988	0,981	0,993	0,001*
ROOT-ZX SF	0,988	0,981	0,993	0,001*
ROOT-ZX EDTA	0,981	0,969	0,989	0,001*
RAYPEX-6 Kuru	0,986	0,976	0,991	0,001*
RAYPEX-6 NaOCl	0,989	0,982	0,993	0,001*
RAYPEX-6 SF	0,995	0,992	0,997	0,001*
RAYPEX-6 EDTA	0,986	0,977	0,991	0,001*
APEX-ID Kuru	0,994	0,989	0,996	0,001*
APEX-ID NaOCl	0,994	0,990	0,996	0,001*
APEX-ID SF	0,995	0,992	0,997	0,001*
APEX-ID EDTA	0,993	0,988	0,996	0,001*

Tablo 4.3. Ölçümler ile gerçek ölçümler arasındaki farklılığı gösteren eşleştirilmiş t testi (paired sample t test) sonuçları; GA: Güven aralığı, * 0,05 düzeyinde anlamlı

		Farklar				P
		Ort.	Std. Sapma	%95 GA		
				Alt sınır	Üst sınır	
Pair 1	ROOT-ZX Kuru - GERÇEK UZUNLUK	-0,12	0,39	-0,22	-0,02	0,018*
Pair 2	ROOT-ZX NaOCl - GERÇEK UZUNLUK	-0,01	0,30	-0,09	0,06	0,763
Pair 3	ROOT-ZX SF - GERÇEK UZUNLUK	0,14	0,30	0,07	0,21	0,001*
Pair 4	ROOT-ZX EDTA - GERÇEK UZUNLUK	0,12	0,38	0,02	0,21	0,017
Pair 5	RAYPEX-6 Kuru - GERÇEK UZUNLUK	-0,07	0,33	-0,15	0,02	0,113
Pair 6	RAYPEX-6 NaOCl - GERÇEK UZUNLUK	-0,21	0,29	-0,28	-0,14	0,001*
Pair 7	RAYPEX-6 SF - GERÇEK UZUNLUK	-0,31	0,27	-0,38	-0,25	0,001*
Pair 8	RAYPEX-6 EDTA - GERÇEK UZUNLUK	-0,39	0,34	-0,48	-0,31	0,001*
Pair 9	APEX-ID Kuru - GERÇEK UZUNLUK	-0,04	0,31	-0,12	0,03	0,266
Pair 10	APEX-ID NaOCl - GERÇEK UZUNLUK	0,14	0,30	0,06	0,21	0,001*
Pair 11	APEX-ID SF - GERÇEK UZUNLUK	0,13	0,27	0,06	0,20	0,001*
Pair 12	APEX-ID EDTA - GERÇEK UZUNLUK	0,27	0,33	0,18	0,35	0,001*

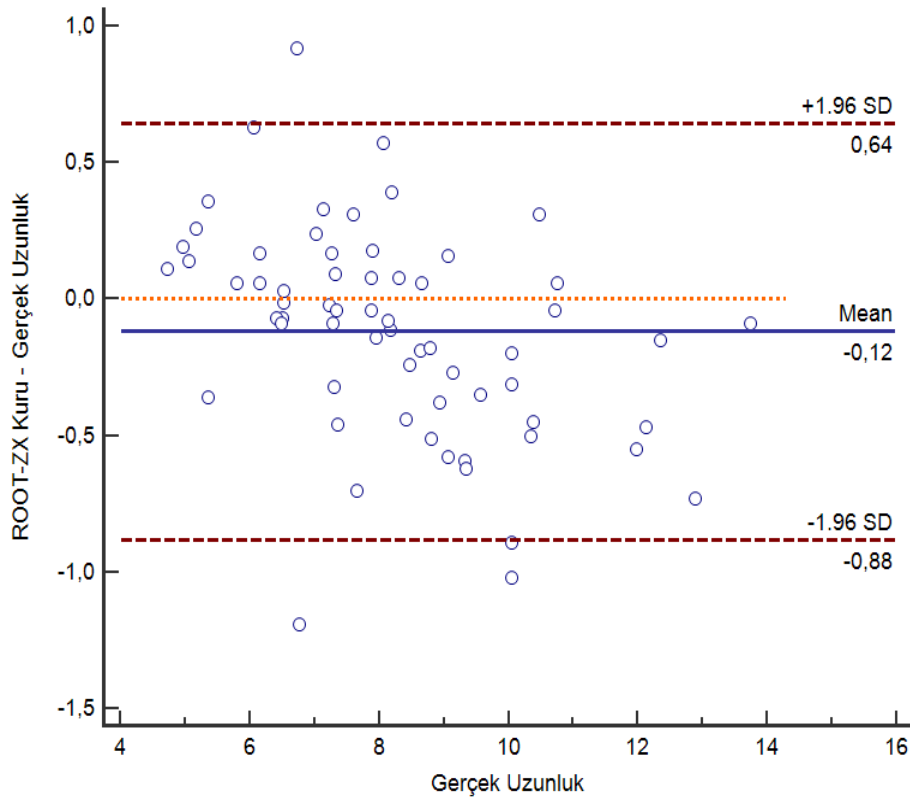
Tablo 4.3.'de gerçek uzunluklar ile elektronik ölçümler arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri çıkan gruplar belirtilmiştir. Kuru kanal koşullarında ve SF ile yıkanan kanallarda, Root ZX cihazı ile yapılan elektronik ölçümlerle gerçek uzunluklar arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri bulundu. %5'lik NaOCl, %0,9'lük Sodyum Klorür (NaCl) çözeltisi (SF) ve %17'lik EDTA ile yıkanan kanallarda, Raypex 6 ve Apex ID cihazı ile yapılan elektronik ölçümlerle gerçek uzunluklar arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri bulundu.

4.1. Çalışmada Kullanılan EAB'lerin Farklı Kanal Koşullarında Kök Perforasyonunu Saptamadaki Etkinliğine Ait Bulgular - Blant-Altman Grafikleri

Aşağıda paylaşılan Blant-Altman grafiklerinde x ekseninde gerçek uzunluk gösterilirken; y ekseninde ise gerçek uzunluk ile farklı kanal koşullarında yapılan elektronik ölçümlerin farkları gösterilmiştir. Her bir değer elektronik ölçümlerdeki sapmayı göstermektedir. İstenen bu sapmaların %95 güven aralığı içinde olmasıdır (yani 2 yatay çizginin arasında). Ayrıca güven aralığı ne kadar dar ise o kadar iyi sonuçlar alınmış demektir.

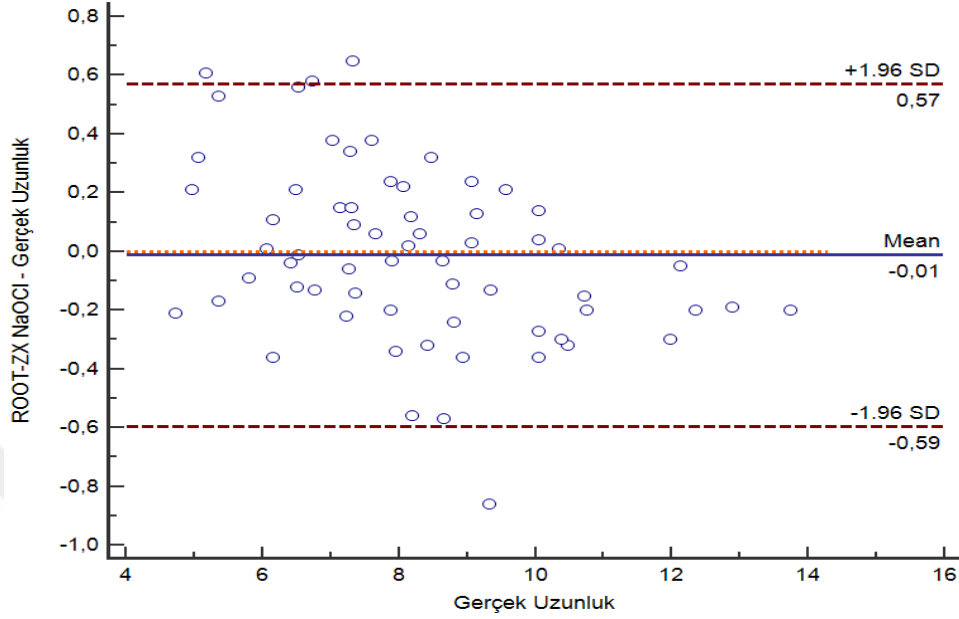
4.1.1. Root ZX'in farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular

Root ZX ile kuru ortamda yapılan ölçümlerde, Root ZX'in perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %83, ± 1 mm aralığında ise %97 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.1.)



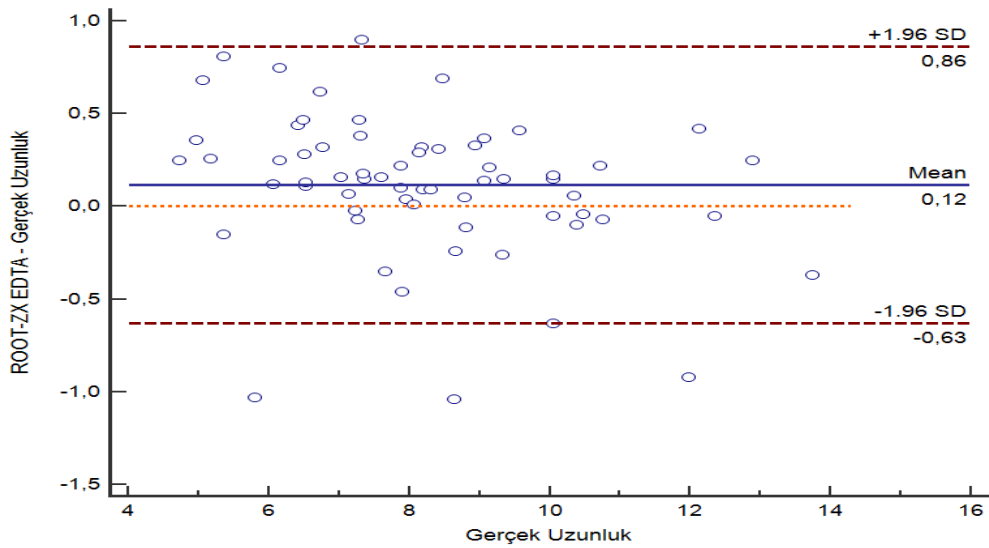
Şekil 4.1. Kuru kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

Root ZX ile %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Root ZX'in perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %88, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.2.)



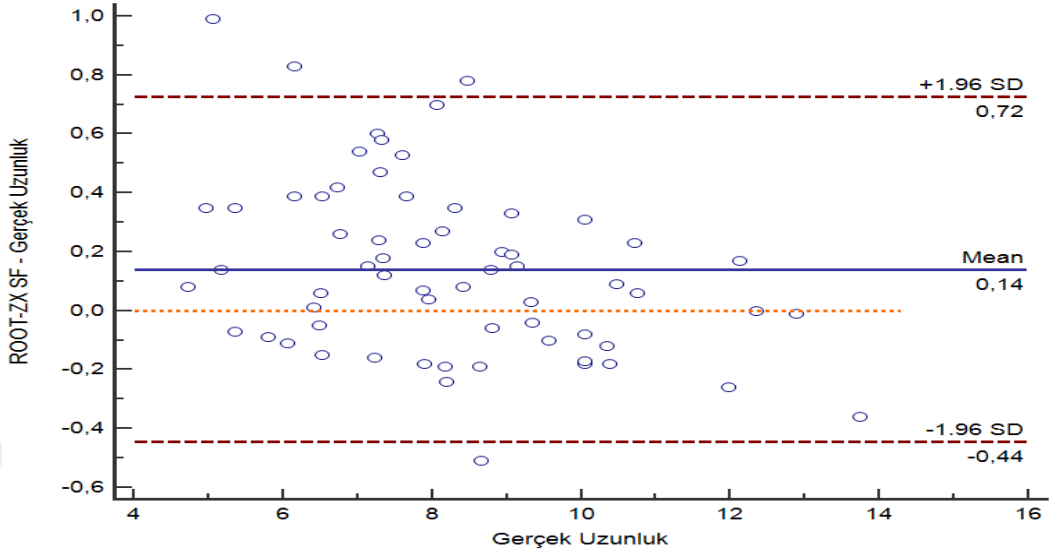
Şekil 4.2. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

Root ZX ile %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Root ZX'in perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %89, ± 1 mm aralığında ise %97 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.3.)



Şekil 4.3. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

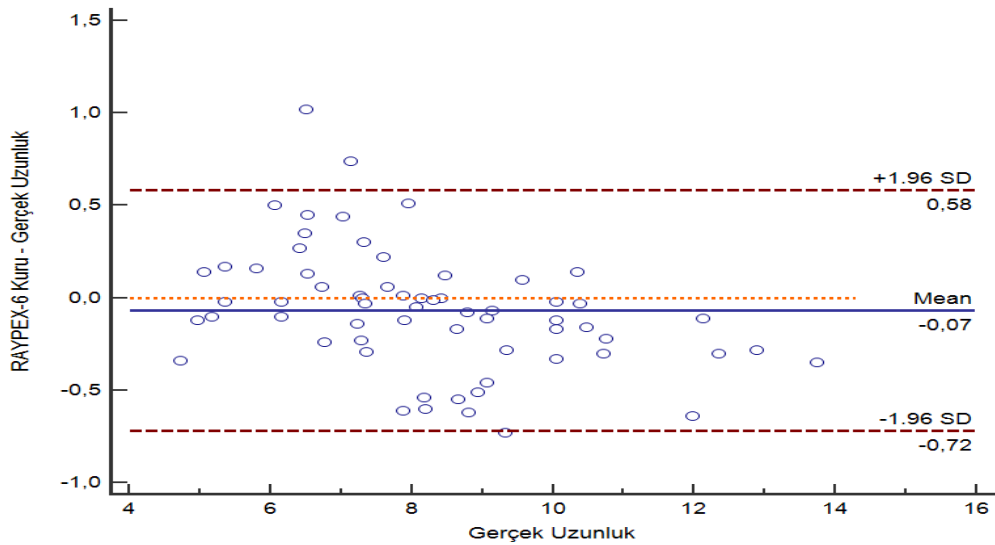
Root ZX ile %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Root ZX'in perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %90, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.4.)



Şekil 4.4. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Root ZX ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

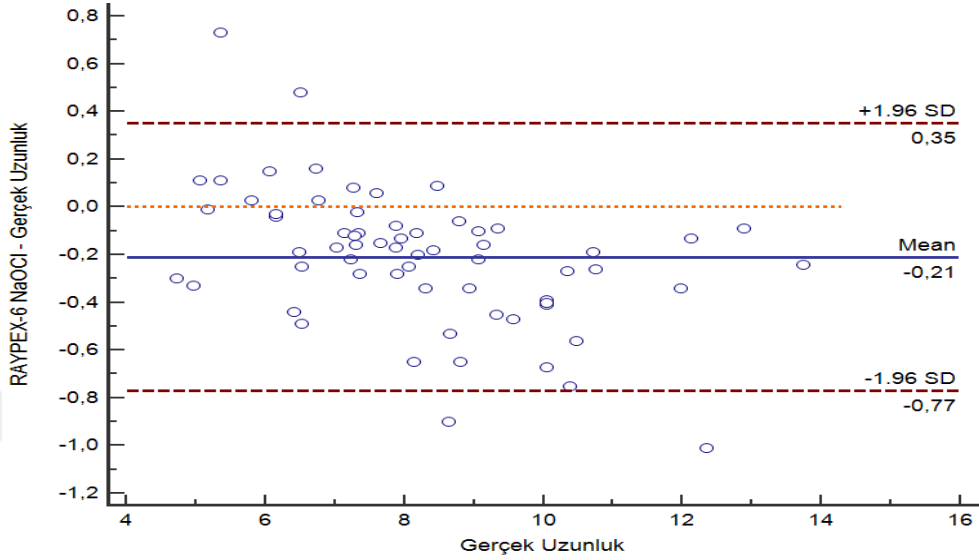
4.1.2. Raypex 6'nın farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular

Raypex 6 ile kuru ortamda yapılan ölçümlerde, Raypex 6'nın perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %84, ± 1 mm aralığında ise %98 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.5.)



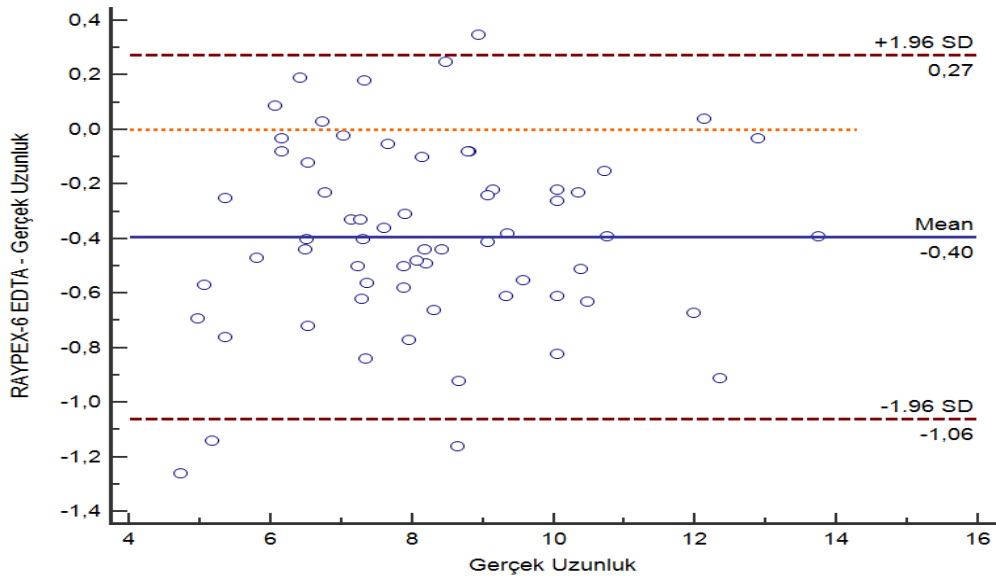
Şekil 4.5. Kuru kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

Raypex 6 ile %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Raypex 6'nın perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %92, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.6.)



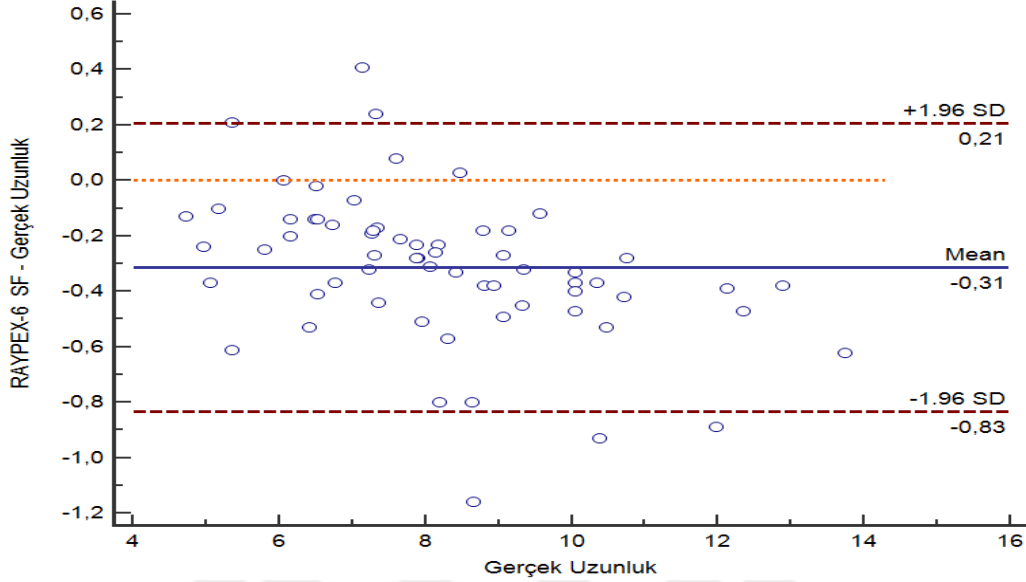
Şekil 4.6. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

Raypex 6 ile %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Raypex 6'nın perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %86, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.7.)



Şekil 4.7. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

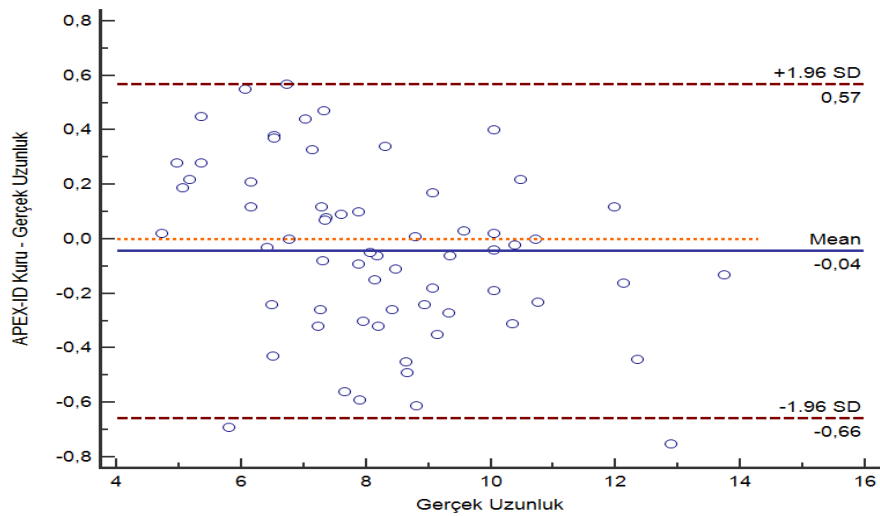
Raypex 6 ile %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Raypex 6'nın perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %90, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.8.)



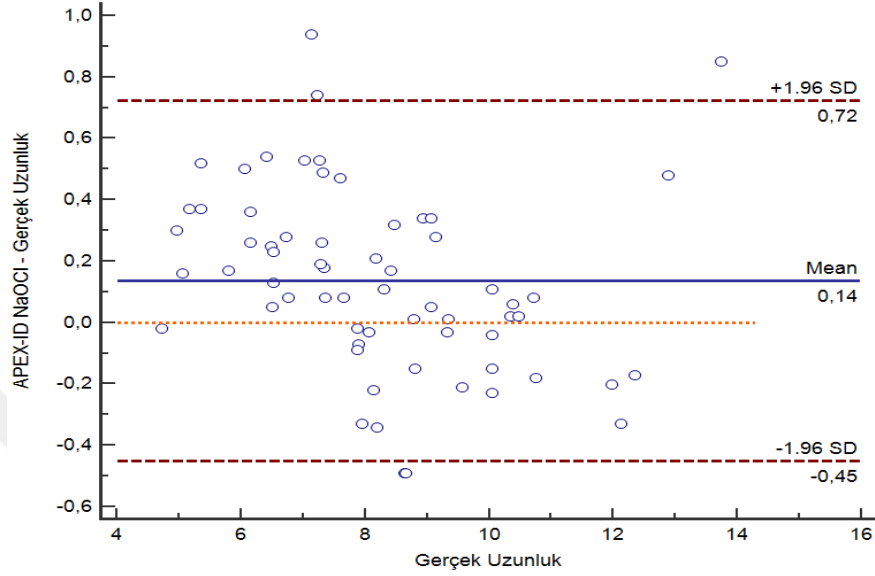
Şekil 4.8. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Raypex 6 ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

4.1.3. Apex ID'nin farklı kanal koşullarında kök perforasyonunu saptamadaki etkinliğine ait bulgular

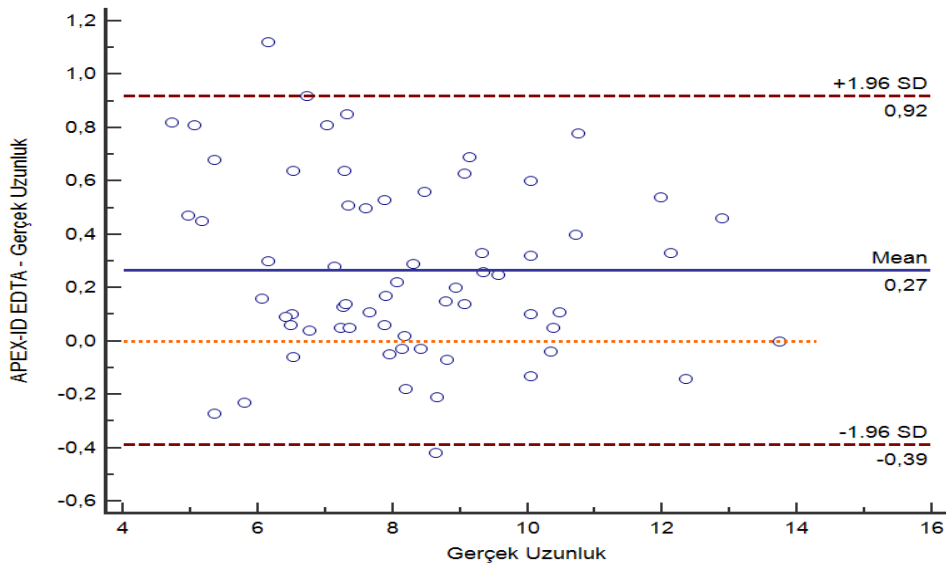
Apex ID ile kuru ortamda yapılan ölçümlerde, Apex ID'nin perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %89, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.9.)



Şekil 4.9. Kuru kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği
Apex ID ile %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Apex ID'nin perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %92, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.10.)

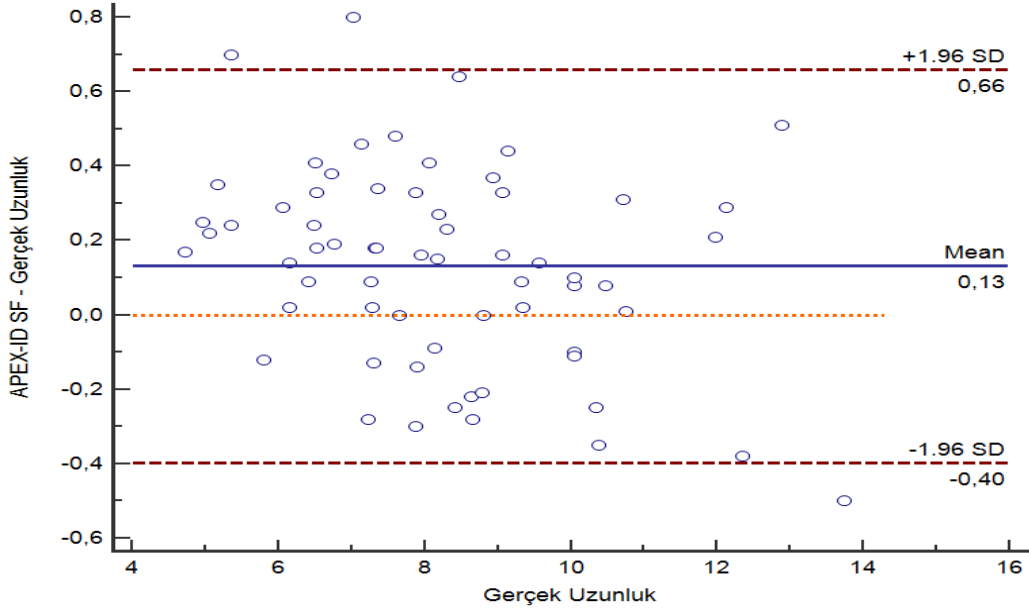


Şekil 4.10. %5'lik NaOCl ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği
Apex ID ile %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Apex ID'nin perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %86, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.11.)



Şekil 4.11. %17'lik EDTA ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

Apex ID ile %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda yapılan ölçümlerde, Apex ID'nin perforasyonu saptamadaki etkinliği $\pm 0,5$ mm aralığında %92, ± 1 mm aralığında ise %100 oranında başarılı bulunmuştur. (Şekil 4.12.)



Şekil 4.12. %0,9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanan kanalda Apex ID ile yapılan elektronik ölçümleri gösteren Blant-Altman grafiği

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı; çekilmiş ve in vitro ortamda perforasyonlar oluşturulan köklerde, EAB kullanarak bu perforasyonların teşhisini koymak ve farklı irrigasyon solüsyonlarının EAB'lerin doğruluğu üzerine olan etkisini değerlendirmektir. Çalışmamızda 64 adet insan maksiller 1. molar dişin meziobukkal kökü kullanıldı. Rezorbsiyon görülen, apeksi açık ve kırık kökler çalışmaya dahil edilmedi. Ortalama eğimi 25-35 derece olan kökler kullanıldı ve bu eğim oranlarına sahip olmayan kökler çalışmaya alınmadı. Ayrıca kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarından %5'lik NaOCl, %0,9'luk NaCl çözeltisi ve %17'lik EDTA çalışmamızda kullanıldı. Kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının her birinin elektronik apeks bulucu cihazların perforasyon teşhisindeki doğruluğuna olan etkisi araştırıldı.

EAB'lerin doğruluğu konusunda günümüze kadar hem in vivo hem de in vitro olmak üzere birçok çalışma yapılmıştır. Duran-Sindreu ve ark.'nın yaptıkları bir çalışmada Root ZX'in doğruluğu hem in vivo hem de in vitro ortamda çalışılmış ve gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır [113]. Huang ise elektronik apeks bulucuların değerlendirilmesinde in vitro modellerin kullanılmasını önermiş, nedeninin de kısa sürede daha fazla sayıda örnek test edilebileceği olduğunu söylemiştir [117]. Ebrahim ve ark. ise in vitro çalışmaları in vivo çalışmalarla karşılaştırdığında farklı değişkenlerin objektif değerlendirmesini sağladığını ve daha yararlı olduğunu göstermiştir [114]. Briseno-Marroquin ve ark. in vitro çalışmaların, istatistiksel olarak daha güvenilir analizlere imkan sağladığını ve farklı EAB ve ege boyutlarıyla çalışma imkanı sağlayıp, tekrarlı ölçümlere izin veren çok daha fazla sayıda numune içerebileceğine dikkat çekmiştir [115]. Ayrıca in vitro modeller ile yapılan çalışmalarda çalışma kolaylığı ve test edilen deney koşullarının araştırmacının elinde olması gibi avantajlar bulunmaktadır [116]. Tüm bu bilgiler göz önüne alınarak mevcut çalışmamız da in vitro koşullarda gerçekleştirildi.

Doğru çalışma uzunluğunun belirlenmesi, kök kanal tedavisinin başarısının etkileyen temel faktörlerden biridir. Kök kanal tedavisinde çalışma uzunluğu için ideal nokta, kanalın en dar kısmı olan apikal daralım noktası olup, periodontal ve pulpal dokuların bağlantı yeridir [40]. Endodontik tedavi görmüş dişlerle ilgili yapılan histolojik çalışmalarda, enstrümantasyon ve obturasyonun apikal daralma ile sınırlı olduğu

vakalarda iyileşmenin daha üstün olduğunu göstermiştir [99]. Histopatolojik çalışmalar gösteriyor ki, kök kanal materyalleri apekten taşarsa, enfekte olmuş pulpa dokusunun ve dentin artıklarının kalıcı bir inflamatuara sebep olup postoperatif ağrıya neden olabileceğini veya yabancı vücut reaksiyonunu tetikleyebileceğini göstermiştir [166, 167]. Kısa çalışma boyu ise kök kanalında şekillendirilmemiş ve temizlenmemiş alanların kalmasına yol açmaktadır.

Apikal daralım noktasını belirleyebilmek için dokunma duyusu da dahil olmak üzere birçok yöntem mevcut olup güncel olarak radyografik yöntem ve elektronik apeks bulucular (EAB) kullanılmaktadır [40].

Radyografik yöntem yaygın olarak kullanılsa da doğru sonuçlar verdiği tartışmalıdır. Çünkü iki boyutlu görüntü sunar ve klinisyenin yorumuna bağlı değişken vardır [51]. Ayrıca, nazal fossa, zigomatik ark ve maksiller sinüs gibi anatomik bölgeler radyografilerde çalışma uzunluğunu belirlerken superpoze olup görüntüyü olumsuz yönde etkileyebilmektedir [45]. Apikal foramenin köklerin lateral yüzeylerinde konumlanma olasılığı da radyografik yöntemin bir başka kısıtlamasıdır [168]. Radyografik yöntemle apikal daralım noktası belirleneceği zaman genellikle radyografik apekten 0,5 mm kısa olacak şekilde çalışılarak çalışma uzunluğu belirlenmektedir. Ancak belirlenen bu nokta tahmini hesaplanmış olup apikal foramenin çok ötesinde olup taşkın preparasyona ya da gerisinde olup yetersiz preparasyona neden olabilir [17]. Çalışma uzunluğunun radyografik olarak belirlenmesinin diğer dezavantajları, belirlenen uzunluğun; diş eğimi, film pozisyonu, kon uzunluğu, konun dikey ve yatay açılanmaları ve filmin okutulması sorunları gibi bir dizi başka faktörden de etkilenbilmesidir. Ayrıca, radyografik yöntemde hastalar röntgen ışımına maruz kalmakta ve bu nedenle kullanımları minimum düzeyde tutulmalıdır [169].

Elektronik apeks bulucu (EAB) cihazlar, insan dokusundaki karakteristik elektriksel özellikleri kullanarak kök kanal tedavisi sırasında çalışma uzunluğunun belirlenmesinde 40 yıldan beri kullanılmaktadır. Klinik ve laboratuvar çalışmaları, EAB'lerle belirlenen çalışma uzunluğunun, geleneksel radyografi yöntemlerinden daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini göstermiştir [82, 170]. Ayrıca, çalışma uzunluğunun elektronik olarak belirlenmesi daha hızlı ve pratik olup, hasta-hekim için radyasyon gerektirmez. Endodontik işlem sırasında veya sonrasında tekrar edilebilirliği ise diğer bir avantajıdır [171]. Kim ve ark. ise en doğru çalışma uzunluğu ölçümünün, elektronik ve radyografik yöntemlerin kombine kullanılarak elde edilebileceğini bildirmiştir [172]. Radyografik

yöntemler, kanal eğriliği ve bulunamayan kanalların varlığı gibi tanı bilgilerini sağladığından EAB'ler ile birlikte kullanımı doğru ölçümler yapmayı ve tanı koymayı kolaylaştırmaktadır [55].

EAB'ler çalışma uzunluğunu belirlemenin yanı sıra yatay kök kırığı, apikal kök rezorpsiyonu ve kök perforasyonlarının teşhisi amacıyla da güncel olarak kullanılmaktadır [13, 82]. EAB'lerin kök perforasyonlarını tespit etmedeki etkinliği, önceki çalışmalarda deneysel olarak test edilmiş ve sonuçlar EAB'lerin in vitro koşullarda kök perforasyonlarını tespit etmek için kabul edilebilir bir yöntem olduğunu göstermiştir. Kaufman ve ark. in vitro ortamda 30 diş kullanarak yaptıkları çalışmada; Root ZX, Endex ve Sono Explorer Mark II EAB cihazlarının kök yüzeyindeki perforasyonu tespit edebilme etkinliklerini karşılaştırmışlar ve araştırmada kullanılan tüm EAB cihazların 0,6-0,06 mm geride perforasyonu tespit ettiklerini gözlemlemişlerdir [173]. D'Assunc ve ark. yaptıkları çalışmada da perforasyonu saptamada Mini Apex Locator, Root SW ve Root ZX II cihazları için sırasıyla 0,005 (+,-) 0,0058 mm, -0,007 (+,-) 0,0039 mm ve -0,008 (+,-) 0,0049 mm ortalamalarını bildirilmiştir [139].

Bu çalışmada da 3 farklı EAB'nin kök perforasyonlarını tespit etme etkinliği farklı irrigasyon solüsyonları varlığında incelendi.

Kök perforasyonları periodontal dokular ile kök kanal lümeni arasında ortaya çıkan yapay açıklıklar olarak tanımlanmaktadır. Perforasyonların çürük veya rezorptif defektler gibi patolojik sebepleri olabileceği gibi kök kanal tedavisi sırasında veya sonrasında ortaya çıkan iyatrojenik sebepleri de olabilir. İyatrojenik perforasyonlar, tüm başarısız endodontik vakaların % 10'u gibi büyük bir kısmına sebep olmaktadır [129].

Perforasyonların prognozu; perforasyonun lokalizasyonu ve boyutuna, perfore alan tedavi edilmeden önce geçen zamana ve dolgu materyalinin tıkama kabiliyetine bağlıdır. Perforasyonun üzerinden geçen zaman ne kadar kısa ve perfore alan ne kadar küçük boyutlara sahipse tedavi şansı da o kadar yükselmektedir [141]. Küçük çaplı bir perforasyon olduğunda genelde daha az doku yıkımı ve inflamasyon görülür. Dolayısıyla tedavide iyileşme daha hızlı olup, daha iyi bir prognoz görülmektedir. Küçük perforasyonların etkili bir şekilde kapatılması ve bakterilerin periradiküler dokulara ulaşmasının önlenmesi pratik olarak daha kolaydır [158].

İyatrojenik perforasyonlar, perforasyon oluştuktan sonra ortaya çıkan açık renkli bol kanama ile teşhis edilir. Bu durum genellikle dişin koronal kısmında oluşan bir defekt

olduğunda doğrudan görülebilir, ancak bazen kanal içinde, orta üçlüde veya apikal bölgede meydana gelen perforasyonlar kanala yerleştirilen kağıt konuların kanamayı göstermesi ile anlaşılabilir. Anestezisiz yapılan kök kanal tedavileri sırasında oluşan perforasyonlarda ise hastanın tedavi sırasında beklenmedik ani bir ağrı hissetmesi perforasyon ihtimalini akla getirmelidir.

Günümüzde kök kanallarında oluşan perforasyonlarda meydana gelen kanamanın gözle görülmesi dışında; diş hekimlerinin tanı koymasını kolaylaştıracak en önemli yardımcılardan biri EAB'lerdir. EAB'ler, perfore alanların tespit edilmesinde faydalı olduğu görülmüştür [173].

EAB çalışmalarında araştırılan bir konu da, apikal çapın EAB cihazların doğruluğunu etkileyip etkilemediği konusudur.

Kovacevic ve Tamarut yaptıkları çalışmada; apikal çapın 0,25 mm olduğunda yaptıkları ölçümlerle, apikal çapın 0,45 mm ve 0,75 mm olduğunda yaptıkları ölçümleri karşılaştırmışlar ve 0,25 mm'lik apikal çap ile yapılan ölçümlerin daha doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir [117, 174]. Yine Herrera ve ark.'nın iki çalışmasında, Root ZX için doğru ölçümlerin oranı, sırasıyla 0,6 mm ve 1,02 mm'lik apikal çaplarla birlikte azalmıştır [88, 90]. ElAyouti ve ark.'nın çalışmasında da Root ZX'e benzer şekilde, apikal çapın 0,57 mm'nin üzerinde olduğu dişlerde Raypex 6'nın başarısı azalmıştır [89].

Nguyen ve ark.'na göre ise Root ZX, apikal daralma bozuk olsa bile kök kanalının en dar bölgesini belirlediğini belirterek aksi görüş sunmuştur [175]. Yine Akisue ve ark.'nın çalışmasında da Root ZX'in performansı 0,27 mm, 0,47 mm ve 0,72 mm apikal çapları olan dişlerde değerlendirilmiş; sonuçlar, Root ZX'in başarısının apikal çapla birlikte azaldığını gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur [84].

Yapılan perforasyon çalışmalarında 1 mm, 0,60 mm, 0,40 mm, 0,30 mm ve 0,27 mm çaplarında perforasyonlar kullanılmıştır [79, 94, 173, 176]. Bu çalışmada da oluşturulan perforasyon çapının çok geniş olması durumunda EAB'lerin ölçüm doğruluklarının bu çaptan etkilenebileceği göz önünde bulunduruldu ve perforasyon çapı yaklaşık 0,40 mm olarak hazırlandı ve bu da söz konusu çalışmalarda perforasyon boyutlarına yakındı.

Perfore dişlerdeki EAB'lerin in vitro değerlendirilmesi için yapılan çalışmalarda elektronik ölçümler yapılırken apikal elektro iletkenliği sağlamak için aljinat, salin, agar agar, jelatin ve diğer kimyasallar kullanılmıştır [13, 63, 86, 177]. Aljinat, periodontal

ligamenti, kolloidal kıvamıyla simüle eden elektro iletken bir malzemedir [119]. Baldi ve ark., aljinat, agaragar, jelatin, salin ve salin emdirilmiş süngerin etkisini karşılaştırmışlar ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, aljinatın diğer gruplardan daha üstün olduğunu bildirmişlerdir. Aljinat modelin sertliği, diğer modellerde görülen erken elektronik okumalara neden olan sıvı hareketini önlemektedir [178, 179]. Aynı zamanda aljinatın kullanımı kolaydır, kök çevresinde kalır, kolloidal kıvamı ile periodontal ligamenti simüle eder ve uygun bir elektro iletkenlik sağlar [118]. Bu çalışmadaki ölçümler de çalışmada kullanılan köklerin aljinata gömülmesi ile gerçekleştirildi.

Lucena-Martin ve ark.'nın yaptıkları çalışmada aljinatın yerleştirilmesini takiben 2 saat içerisinde nem kaybının en aza indirilmesi için elektronik ölçümlerin yapılması gerektiği bildirilmiştir [87]. Bununla birlikte, Lipski ve arkadaşları ise elektronik ölçümlerin, aljinatın yerleştirilmesinden sonraki 30 dakika içerisinde en doğru veriyi verdiğini savunmuşlardır [119]. Bu çalışmada tüm elektronik ölçümler aljinatın yerleştirilmesinden sonraki 2 saat içerisinde gerçekleştirildi.

Yapılan EAB çalışmalarında elektronik ölçümlerin yapıldığı eğerin büyüklüğünün de önemli olduğu unutulmamalıdır. EAB'lerin doğruluğunu, kök kanalının büyüklüğü yanı sıra ölçümlerin yapıldığı eğerin boyutları da etkileyebilmektedir. Ebrahim ve ark. sırasıyla 40, 60 ve 80 numaraya kadar genişlettikleri kök kanallarında Root ZX EAB cihazının doğruluğunu incelediklerinde kök kanal çapı arttığında küçük ege kullanımının daha kısa ölçümlere yol açabildiğini bulmuşlardır [85]. Bir diğer çalışmada ise Root ZX'in doğruluğunun, kanalın apikal çapı 0,6 mm'den büyük olmadığında ege boyutunda etkilenmediği bildirilmiştir [90]. Ebrahim ve arkadaşlarının ve Herrera ve arkadaşlarının çalışmaları, EAB'lerin sonuçlarının doğruluğu için ege boyutunun apikal çapa olabildiğince yakın olması gerektiğini göstermiştir [86, 88]. Bu çalışmada elektronik ölçümler, oluşturulan perforasyonlarla aynı boyuttaki 40 numaralı K tipi bir el egesi ile yapıldı. Bu şekilde ölçülen alanın çapıyla, ölçüm yapılan egenin çapı arasındaki boyut farkı engellenerek bu sebepten kaynaklanabilecek hatalı ölçümler engellendi.

Kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi, kök kanalının sterilizasyonu için gereken en önemli tedavi basamağıdır. Mekanik preparasyon ile birlikte irrigasyon işlemi yapılarak kök kanalındaki nekrotik dokuların ve mikroorganizmaların

uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu nedenle irrigasyon solüsyonlarının kullanımı endodontik tedavinin önemli basamaklarından bir tanesidir.

Günümüze kadar yapılan birçok EAB çalışmasında EAB'lerin ölçüm doğruluklarının irrigasyon solüsyonlarından ve elektro iletken sıvılardan etkilenip etkilenmediği araştırılmıştır. Çeşitli kanal koşullarının elektronik çalışma uzunluğu belirleme doğruluğu üzerindeki etkileriyle ilgili olarak yapılan çalışmalarda birbiriyle çelişen sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmalar gösteriyor ki; eski jenerasyon EAB'lerin nem, vital pulpa dokusu, kan, kök kanal irrigasyon solüsyonu gibi elektro iletkenlerin varlığında yanlış sonuçlar verdiği bildirilmiştir [11, 12].

Bununla birlikte, son nesil modern EAB'ler, alternatif akım empedanslarını farklı frekanslarda ölçerek çalışmaktadırlar. Kobayashi ve Suda yaptıkları çalışmada farklı frekanslardaki empedans oranlarının, kanallardaki farklı elektro iletken sıvıların (NaOCl, distile su, EDTA gibi) varlığında bile değişmediğini göstermişlerdir. Yeni nesil EAB üreticileri de, bu cihazların doğruluklarının çeşitli kanal içi içerikten ve irrigasyon solüsyonlarından etkilenmediğini iddia etmişlerdir [92, 180]. Tüm bu bilgilere rağmen bu konuda yapılan tüm çalışmalara bakıldığında; kan, serum fizyolojik, anesteziik solüsyon ve irrigasyon solüsyonları gibi yüksek elektro iletkenlerin modern EAB'lerin doğruluk oranlarını değiştirip değiştirmeyeceği konusundaki sonuçlar hala tartışmalıdır [14].

Günümüze kadar yapılan bazı EAB çalışmaları, yeni nesil EAB'lerin elektro iletkenlerin varlığında doğruluk oranlarının değiştiğini göstermiştir. Dentaport ZX ve Rotor EAB cihazlarının kullanıldığı bir çalışmada Dentaport ZX cihazının farklı kanal içi koşullarında yaptığı ölçümler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu EAB'lerin kuru koşullarda yapılan ölçümlerinin gerçek uzunluğa en yakın ölçümler olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada irrigasyon solüsyonu olarak %2,5'lik NaOCl, %0,9'luk NaCl çözeltisi ve %17'lik EDTA kullanılmıştır. Dentaport ZX ile yapılan ölçümlerde bu irrigasyon solüsyonlarından %17'lik EDTA varlığında yapılan ölçümler en doğru sonuçları verirken, %2,5'lik NaOCl varlığında yapılan ölçümler ise en az doğru olan sonuçları vermiştir. Rotor cihazı ile yapılan ölçümlerde ise kanalın kuru olduğu koşullarda en doğru sonuçlar elde edilirken, irrigasyon solüsyonlarıyla yapılan ölçümlerde en doğru sonuç %0,9'luk NaCl çözeltisi varlığında elde edilmiştir [181].

Kök perforasyonlu dişlerde Root ZX'in doğruluğunun çeşitli kanal koşulları altında test edildiği bir çalışmada ölçüm doğruluğunun kanalın içeriği ile doğrudan ilgili olduğu bildirilmiştir [94].

Venturi ve Breschi ise Root ZX cihazı ile yapılan ölçümlerin düşük iletken koşullarda (kuru kanallar) yanlış ve dengesiz olduğunu belirtmişlerdir [95].

Yine Kim ve arkadaşları tarafından yapılan bir diğer çalışmada da EAB'ler ile yapılan ölçümlerin, H₂O₂ gibi elektrik iletkenliği düşük bir solüsyon varlığında kısa, NaOCl gibi elektrik iletkenliği yüksek bir solüsyon varlığında ise uzun olma eğiliminde olduğu ve bu durumun voltaj farkından kaynaklandığı bildirilmiştir [182].

Fan ve ark. tarafından yapılan diğer in vitro çalışmada üç farklı EAB (ProPex, Root ZX, Neosono UltimaEZ) kök kanallarını simüle eden cam tübüllerde, farklı irrigasyon solüsyonları varlığında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada da elektro iletken sıvıların varlığında, kullanılan EAB'lerin doğruluklarının azaldığı bildirilmiştir [93].

Tüm bu çalışmaların aksine yeni nesil EAB'lerin doğruluk oranlarının elektro iletkenlerin varlığından etkilenmediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Marigo ve ark. tarafından yapılan böyle bir çalışmanın sonucunda Dentaport ZX'in NaOCl varlığında ve yokluğunda benzer doğruluk değerleri gösterdiği bildirilmiştir [96].

Kim ve Kang tarafından içlerinde ProPex'inde bulunduğu yedi farklı EAB ile yapılan bir çalışmada farklı irrigasyon solüsyonlarının EAB'lerin doğruluklarına olan etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda ProPex marka EAB'nin kullanılan elektro iletkenlerden etkilenmediği bildirilmiştir [183].

Duran-Sindreu ve ark. tarafından yapılan Root ZX ve iPex marka EAB'lerin kullanıldığı bir çalışmada, bu EAB'lerin NaOCl ve klorheksidin varlığında doğrulukları değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmaya göre cihazlar ile yapılan ölçümlerin doğrulukları irrigasyon solüsyonlarının varlığında değişmemiştir [97].

Yine Jenkins ve arkadaşlarının in vitro ortamda yaptıkları ve çeşitli irrigasyon solüsyonlarının (%5,25 NaOCl, RC Prep, EDTA, %3 H₂O₂ ve Peridex) kullanıldığı çalışmada, Root ZX'in ölçüm doğruluğu üzerine etkisi olup olmadığına bakılmıştır ve irrigasyon solüsyonlarının ölçüm doğruluğu üzerine bir etkisi olmadığı sonucu varılmıştır [92].

Bu çalışmada da 3 farklı EAB cihazı (Root ZX mini, Raypex 6, Apex ID) farklı kanal koşullarında kullanıldı ve irrigasyon solüsyonlarının elektro iletkenliğinin EAB cihazlarının doğruluğuna olan etkisi araştırıldı.

Yaptığımız çalışmada kullandığımız EAB'lerin farklı irrigasyon solüsyonları (%5'lik NaOCl, %0,9'luk NaCl çözeltisi ve %17'lik EDTA) varlığında ve kuru ortamda yaptıkları ölçümlerin gerçek uzunluklar ile karşılaştırıldığı istatistiksel analizlerde ± 1 mm aralığında %97-%100 oranında doğru ölçüm yaptıkları; $\pm 0,5$ mm aralığında ise %83-%92 doğruluk oranına sahip oldukları belirtildi (Şekil 4.1. – Şekil 4.12.).

Gereç ve yöntemden sonra yapılan bu istatistiksel analizler sonucunda gerçek uzunluklar ile elektronik ölçümler arasında 0,05 düzeyinde anlamlılık dereceleri çıkan gruplar olsa da sonuçlara yansıyan bu istatistiksel olarak anlamlı farkların klinik olarak önem arz etmeyeceği öngörülmektedir.

Çalışmamızda elde edilen bu sonuçlara göre modern EAB'ler farklı elektro iletkenlerin ve kök kanal irrigasyon solüsyonlarının varlığında güvenle kullanılabilir ve bu cihazlar ile farklı kanal koşullarında gerçek uzunluğa en yakın ölçümler yapılabilir.

6. 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. Certosimo, F., M. Milos, and T. Walker, *Endodontic working length determination-- where does it end?* General dentistry, 1999. **47**(3): p. 281-6.
4. Grove, C.J., *Why root canals should be filled to the dentinocemental junction*. Journal of the American Dental Association, 1930. **17**(2): p. 293-296.
5. Ricucci, D., *Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review*. International endodontic journal, 1998. **31**(6): p. 384-393.
6. Kuttler, Y., *Microscopic investigation of root apices*. The Journal of the American Dental Association, 1955. **50**(5): p. 544-552.
7. Martos, J., et al., *Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth*. International endodontic journal, 2009. **42**(4): p. 329-334.
8. 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.
9. Stein, T.J. and J.F. Corcoran, *Radiographic "working length" revisited*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1992. **74**(6): p. 796-800.
10. Sunada, I., *New method for measuring the length of the root canal*. Journal of Dental Research, 1962. **41**(2): p. 375-387.
11. 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.
12. McDonald, N. and E.J. Hovland, *An evaluation of the apex locator Endocater*. Journal of endodontics, 1990. **16**(1): p. 5-8.
13. 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.
14. Kim, E. and S.-J. Lee, *Electronic apex locator*. Dental Clinics of North America, 2004. **48**(1): p. 35-54.
15. Ingle, J.I., et al., *Diagnostic procedures*, in *Endodontics*. 1976, Lea & Febiger Philadelphia. p. 451.
16. Cohen, S., et al., *Pathways of the Pulp (1)*. Learning, 1998. **30**: p. 10.
17. 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.
18. https://www.researchgate.net/figure/Root-canal-therapy-on-lower-left-cuspid-with-an-internal-resorption-the-working-length_fig9_259143937.
19. Association, A.D., *CDT 2011-2012: current dental terminology: the ADA practical guide to dental procedure codes*. 2010: American Dental Association.
20. Martínez-Lozano, M., et al., *Methodological considerations in the determination of working length*. International endodontic journal, 2001. **34**(5): p. 371-376.
21. Degerness, R.A. and W.R. Bowles, *Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars*. Journal of endodontics, 2010. **36**(6): p. 985-989.

22. Coolidge, E.D., *Anatomy of the root apex in relation to treatment problems*. Journal of the American Dental Association, 1929. **16**(8): p. 1456-1465.
23. 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.
24. Grove, C.J., *Faulty technic in investigations of the apices of pulpless teeth*. Journal of the American Dental Association, 1926. **13**(6): p. 746-747.
25. Green, D., *A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1956. **9**(11): p. 1224-1232.
26. Green, D., *Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1960. **13**(6): p. 728-733.
27. 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.
28. Pineda, F. and Y. Kuttler, *Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1972. **33**(1): p. 101-110.
29. Von der Lehr, W. and R. Marsh, *A radiographic study of the point of endodontic egress*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 1973. **35**(1): p. 105-109.
30. Kasahara, E., et al., *Root canal system of the maxillary central incisor*. Journal of Endodontics, 1990. **16**(4): p. 158-161.
31. Altman, M., et al., *Apical root canal anatomy of human maxillary central incisors*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1970. **30**(5): p. 694-699.
32. BLAŠKOVIČ-ŠUBAT, V., B. Maričić, and J. Šutalo, *Asymmetry of the root canal foramen*. International endodontic journal, 1992. **25**(3): p. 158-164.
33. 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.
34. 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.
35. Langeland, K., *The histopathologic basis in endodontic treatment*. Dental Clinics of North America, 1967: p. 491.
36. Ding, J., et al., *Investigation of apex locators and related morphological factors*. Journal of endodontics, 2010. **36**(8): p. 1399-1403.
37. 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.
38. Simon, J., *The apex: how critical is it?* General dentistry, 1994. **42**(4): p. 330-334.
39. 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.
40. 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.
41. Chapman, C., *A microscopic study of the apical region of human anterior teeth*. International Endodontic Journal, 1969. **3**(4): p. 52-58.
42. 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.

43. Endodontology, E.S.o., *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology*. International Endodontic Journal, 2006. **39**(12): p. 921-930.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. Taintor, J., R. Biesterfeld, and G. Valle, *Termination of the root canal filling*. Dental survey, 1979. **55**(3): p. 54.
48. Morfis, A., et al., *Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1994. **77**(2): p. 172-176.
49. ElAyouti, A., et al., *Apical constriction: location and dimensions in molars—a micro-computed tomography study*. Journal of endodontics, 2014. **40**(8): p. 1095-1099.
50. Meder-Cowherd, L., et al., *Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography*. Journal of endodontics, 2011. **37**(8): p. 1162-1165.
51. Stöber, E.K., et al., *An evaluation of root ZX and iPex apex locators: an in vivo study*. Journal of endodontics, 2011. **37**(5): p. 608-610.
52. <https://www.semanticscholar.org/paper/Electronic-apex-locators.-Gordon-Chandler/e147f626d3da4ac36fcc4974262472ee81306005>.
53. Singh, D., et al., *Comparative evaluation of adequacy of final working length after using Raypex5 or radiography: An in vivo study*. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, 2015. **33**(3): p. 208.
54. 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.
55. Ingle, J.I., L.K. Bakland, and J.C. Baumgartner, *Ingles endodontics 6th ed*. Hamilton, ON: BC DeckerInc, 2008: p. 1348-1351.
56. 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.
57. Levy, A. and L. Glatt, *Deviation of the apical foramen from the radiographic apex*. The Journal of the New Jersey State Dental Society, 1970. **41**(8): p. 12-13.
58. T., A., *Endodonti*. Ankara. Gazi Üniversitesi Basın-Yayın Yüksekokulu Basımevi 1990.
59. Kaval, M.E. and H. Dönmez, *Elektronik Apeks Bulucular*. Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi, 2013. **34**(2): p. 73-78.
60. https://www.journalagent.com/eudfd/pdfs/EUDFD_34_2_73_78.pdf.
61. Custer, L., *Exact methods of locating the apical foramen*. The Journal of the National Dental Association, 1918. **5**(8): p. 815-819.
62. Suzuki, K., *Experimental study on iontophoresis*. Jpn J Stomatology, 1942. **16**: p. 411-429.
63. Tınaz, C., *Kanal tedavisinde çalışma boyutu*. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. **18**(1): p. 31-37.
64. Nekoofar, M., et al., *The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices*. International endodontic journal, 2006. **39**(8): p. 595-609.
65. Gordon, M. and N. Chandler, *Electronic apex locators*. International endodontic journal, 2004. **37**(7): p. 425-437.

66. Ebrahim, A.K., R. Wadachi, and H. Suda, *Electronic apex locators—a review*. Journal of Medical and Dental Sciences, 2007. **54**(3): p. 125-136.
67. Suchde, R. and S. Talim, *Electronic ohmmeter: an electronic device for the determination of the root canal length*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1977. **43**(1): p. 141-150.
68. Inoue, N., *Dental "stethoscope" measures root canal*. Dental survey, 1972. **48**(1): p. 38.
69. Himel, V.T. and R.N. Schott, *An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving*. Journal of endodontics, 1993. **19**(8): p. 392-394.
70. Christie, W., M. Peikoff, and C. Hawrish, *Clinical observations on a newly designed electronic apex locator*. Journal (Canadian Dental Association), 1993. **59**(9): p. 765-772.
71. 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.
72. Frank, A.L. and M. Torabinejad, *An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator*. Journal of Endodontics, 1993. **19**(4): p. 177-179.
73. 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.
74. Serota, K.S., et al., *The new era of foraminal location*. Endodontic Practice, 2004. **7**: p. 17-22.
75. 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.
76. <https://www.dentsplysirona.com/en-ca/products/endodontics/motors-apex-locators.html/Endodontics/Motors-%2526-Apex-Locators/Apex-Locators/Root-ZX-II-Apex-Locator/p/TUL-ROOTZXII/c/1000120.html>.
77. 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.
78. Tsesis, I., et al., *Prevalence and associated periodontal status of teeth with root perforation: a retrospective study of 2,002 patients' medical records*. Journal of endodontics, 2010. **36**(5): p. 797-800.
79. Fuss, Z., L.S. Assoline, 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. 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.
81. 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.
82. Piasecki, L., et al., *The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of 2 electronic apex locators and anatomic variations affecting their precision*. Journal of endodontics, 2016. **42**(8): p. 1263-1267.
83. Kobayashi, C., *Electronic canal length measurement*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics, 1995. **79**(2): p. 226-231.
84. 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.
85. 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.

86. Ebrahim, A., R. Wadachi, and H. Suda, *An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals*. Australian dental journal, 2007. **52**(3): p. 193-197.
87. 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.
88. 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.
89. 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.
90. Herrera, M., et al., *Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision*. Journal of endodontics, 2007. **33**(8): p. 995-998.
91. Singh, P., *Root canal complications:'the hypochlorite accident': case study*. South African Dental Journal, 2010. **65**(9): p. 416-419.
92. 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.
93. 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.
94. 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.
95. 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.
96. Marigo, L., et al., *Comparison of two electronic apex locators on human cadavers*. Clinical oral investigations, 2016. **20**(7): p. 1547-1550.
97. 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.
98. 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.
99. 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.
100. 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.
101. Vajrabhaya, L.-o. and P. Tepmongkol, *Accuracy of apex locator*. Dental Traumatology, 1997. **13**(4): p. 180-182.
102. Piasecki, L., et al., *Accuracy of Root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study*. Journal of endodontics, 2011. **37**(9): p. 1213-1216.
103. Green, D., *Double canals in single roots*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 1973. **35**(5): p. 689-696.
104. Alhadainy, H.A., *Root perforations: a review of literature*. Oral surgery, oral medicine, Oral Pathology, 1994. **78**(3): p. 368-374.
105. Peters, O.A. and C.I. Peters, *Cleaning and shaping of the root canal system*. Pathways of the Pulp, 2006. **9**: p. 290-357.
106. Ahmed, H., *Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth*. International endodontic journal, 2013. **46**(11): p. 1011-1022.
107. Camp, J. and A. Fuks, *Endodontics treatment for the primary and young permanent dentition*. Pathways of the pulp 9th Edition: St Louis: Mosby, 2006: p. 869-72.

108. Leonardo, M., et al., *Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth*. International endodontic journal, 2008. **41**(4): p. 317-321.
109. 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.
110. 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.
111. Abdullah, A., et al., *Comparative Evaluation of Electronic Apex Locators and Radiovisigraphy for Working Length Determination in Primary Teeth in vivo*. International journal of clinical pediatric dentistry, 2016. **9**(2): p. 118.
112. 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.
113. 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.
114. Ebrahim, A., R. Wadachi, and H. Suda, *Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters*. Australian dental journal, 2006. **51**(3): p. 258-262.
115. 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.
116. Meares, W.A. and H.R. Steiman, *The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator*. Journal of Endodontics, 2002. **28**(8): p. 595-598.
117. Huang, L., *An experimental study of the principle of electronic root canal measurement*. Journal of endodontics, 1987. **13**(2): p. 60-64.
118. 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.
119. 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.
120. <https://www.morita.com/america/en/products/endodontic-systems/apex-locators/root-zx-mini/>.
121. <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/raypex-6/>.
122. Stöber, E.K., et al., *Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study*. Journal of endodontics, 2011. **37**(10): p. 1349-1352.
123. Somma, F., et al., *In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II*. International endodontic journal, 2012. **45**(6): p. 552-556.
124. Moscoso, S., et al., *Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study*. Medicina oral, patología oral y cirugía bucal, 2014. **19**(2): p. e202.
125. <https://www.kerrdental.com/tr-tr/kerr-endodontics/apex-id-endodontik-tani>.
126. Aguirre, R., M.E. Eldeeb, and M.E. ElDeeb, *Evaluation of the repair of mechanical furcation perforations using amalgam, gutta-percha, or indium foil*. Journal of endodontics, 1986. **12**(6): p. 249-256.
127. Main, C., et al., *Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study*. Journal of Endodontics, 2004. **30**(2): p. 80-83.
128. KVINNSLAND, I., et al., *A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation*. International endodontic journal, 1989. **22**(2): p. 75-84.
129. Fuss, Z. and M. Trope, *Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors*. Dental Traumatology, 1996. **12**(6): p. 255-264.

130. Grossman, L., *The management of accidents encountered in endodontic practice*. Dent Clin North Am, 1957. **11**: p. 903-912.
131. Arens, D.E. and M. Torabinejad, *Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics, 1996. **82**(1): p. 84-88.
132. Saed, S.M., M. Ashley, and J. Darcey, *Root perforations: aetiology, management strategies and outcomes. The hole truth*. British dental journal, 2016. **220**(4): p. 171.
133. Torabinejad, M. and R.E. Walton, *Principles and practice of endodontics*. 1989: WB Saunders.
134. Fuss, Z., I. Tsesis, and S. Lin, *Root resorption—diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors*. Dental Traumatology, 2003. **19**(4): p. 175-182.
135. Tronstad, L., *Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations*. Dental Traumatology, 1988. **4**(6): p. 241-252.
136. Darcey, J. and A. Qualtrough, *Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology*. British dental journal, 2013. **214**(9): p. 439.
137. Gulabivala, K. and Y.-L. Ng, *Endodontics E-Book*. 2014: Elsevier Health Sciences.
138. Bakland, L., *Endodontic mishaps: perforations*. Journal of the California Dental Association, 1991. **19**(4): p. 41-4, 46-8.
139. D'assunção, F.L.C., et al., *Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an ex vivo study*. Journal of endodontics, 2014. **40**(8): p. 1241-1244.
140. Sedentext, C., *Radiation protection: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence Based Guidelines*. 2011, Sedentext.
141. Lantz, B. and P. Persson, *Periodontal tissue reactions after root perforations in dog's teeth. A histologic study*. Odontologisk tidskrift, 1967. **75**(3): p. 209.
142. Dazey, S. and E.S. Senia, *An in vitro comparison of the sealing ability of materials placed in lateral root perforations*. Journal of endodontics, 1990. **16**(1): p. 19-23.
143. Petersson, K., G. Hasselgren, and L. Tronstad, *Endodontic treatment of experimental root perforations in dog teeth*. Dental Traumatology, 1985. **1**(1): p. 22-28.
144. Beavers, R., G. Bergenholtz, and C. Cox, *Periodontal wound healing following intentional root perforations in permanent teeth of Macaca mulatta*. International Endodontic Journal, 1986. **19**(1): p. 36-44.
145. Seltzer, S., I. Sinai, and D. August, *Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures*. Journal of dental research, 1970. **49**(2): p. 332-339.
146. Frank, A., *Resorption, perforations, and fractures*. Dental clinics of North America, 1974. **18**(2): p. 465.
147. Simon, J.H., et al., *Extrusion of endodontically treated teeth*. The Journal of the American Dental Association, 1978. **97**(1): p. 17-23.
148. Balla, R., et al., *Histological study of furcation perforations treated with tricalcium phosphate, hydroxylapatite, amalgam, and Life*. Journal of endodontics, 1991. **17**(5): p. 234-238.
149. Torabinejad, M., W.C. Eby, and I.J. Naidorf, *Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions*. Journal of endodontics, 1985. **11**(11): p. 479-488.
150. Holland, R., et al., *Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations*. Journal of endodontics, 2001. **27**(4): p. 281-284.
151. Koh, E.T., et al., *Cellular response to mineral trioxide aggregate*. Journal of Endodontics, 1998. **24**(8): p. 543-547.
152. Tsatsas, D.V., H.A. Meliou, and N.P. Kerezoudis, *Sealing effectiveness of materials used in furcation perforation in vitro*. International dental journal, 2005. **55**(3): p. 133-141.
153. Torabinejad, M., et al., *Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination*. Journal of Endodontics, 1994. **20**(4): p. 159-163.

154. Clauder, T. and S.J. SHIN, *Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action*. Endodontic Topics, 2006. **15**(1): p. 32-55.
155. Ruddle, C.J., *Nonsurgical endodontic retreatment*. CDA JOURNAL, 2004.
156. Jeansonne, B.G., W.S. Boggs, and R.R. Lemon, *Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. II. With curettage and irrigation*. Journal of endodontics, 1993. **19**(4): p. 174-176.
157. Auslander, W. and G. Weinberg, *Anatomic repair of internal perforations with indium foil and silver amalgam: outline of a method*. The New York journal of dentistry, 1969. **39**(10): p. 454.
158. Himel, V.T., J. Brady, and J. Weir, *Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide*. Journal of Endodontics, 1985. **11**(4): p. 161-165.
159. Roda, R. and B. Gettleman, *Nonsurgical Retreatment in COHEN'S PATHWAYS OF THE PULP*. 2011, St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby.
160. Sluyk, S., P. Moon, and G. Hartwell, *Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material*. Journal of Endodontics, 1998. **24**(11): p. 768-771.
161. Eghbal, M.J., M. Fazlyab, and S. Asgary, *Repair of an extensive furcation perforation with CEM cement: A case study*. Iranian endodontic journal, 2014. **9**(1): p. 79.
162. Allam, C.R., *Treatment of stripping perforations*. Journal of endodontics, 1996. **22**(12): p. 699-702.
163. Carrotte, P., *Surgical endodontics*. British dental journal, 2005. **198**(2): p. 71.
164. MUTLUAY, A.T. and M. MUTLUAY, *SODYUM HİPOKLORİT: ENDODONTİDE KULLANIM ALANLARI*. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2015. **25**(2).
165. Gulabivala, K., et al., *Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces*. Endodontic Topics, 2005. **10**(1): p. 103-122.
166. Nehammer, C., *Treatment of the emergency patient*. British dental journal, 1985. **158**(7): p. 245.
167. Seltzer, S., et al., *Biologic aspects of endodontics: Part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1968. **26**(5): p. 694-705.
168. Mancini, M., et al., *Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: an ex vivo study*. Journal of endodontics, 2011. **37**(5): p. 684-687.
169. Goldman, M., A.H. Pearson, and N. Darzenta, *Endodontic success—who's reading the radiograph?* Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 1972. **33**(3): p. 432-437.
170. ElAyouti, A., et al., *Consistency of apex locator function: a clinical study*. Journal of endodontics, 2009. **35**(2): p. 179-181.
171. Vasconcelos, B.C., et al., *Changes in root canal length determined during mechanical preparation stages and their relationship with the accuracy of root ZX II*. Journal of endodontics, 2016. **42**(11): p. 1683-1686.
172. Kim, E., et al., *An in vivo comparison of working length determination by only root-ZX apex locator versus combining root-ZX apex locator with radiographs using a new impression technique*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2008. **105**(4): p. e79-e83.
173. Kaufman, A., et al., *Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro*. International endodontic journal, 1997. **30**(6): p. 403-407.
174. Kovačević, M. and T. Tamarut, *Influence of the concentration of ions and foramen diameter on the accuracy of electronic root canal length measurement—An experimental study*. Journal of endodontics, 1998. **24**(5): p. 346-351.

175. Nguyen, H., et al., *Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals*. International Endodontic Journal, 1996. **29**(6): p. 359-364.
176. Zmener, O., et al., *Detection and measurement of endodontic root perforations using a newly designed apex-locating handpiece*. Dental Traumatology, 1999. **15**(4): p. 182-185.
177. Guise, G.M., G.G. Goodell, and G.M. Imamura, *In vitro comparison of three electronic apex locators*. Journal of endodontics, 2010. **36**(2): p. 279-281.
178. Czerw, R.J., M.S. Fulkerson, and J.C. Donnelly, *An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices*. Journal of Endodontics, 1994. **20**(12): p. 605-606.
179. Fouad, A.F., et al., *A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments*. Journal of Endodontics, 1990. **16**(9): p. 446-449.
180. Kobayashi, C. and H. Suda, *New electronic canal measuring device based on the ratio method*. Journal of endodontics, 1994. **20**(3): p. 111-114.
181. 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.
182. Kim, D.W., K.C. Nam, and S.J. Lee, *Development of a frequency-dependent-type apex locator with automatic compensation*. Critical Reviews™ in Biomedical Engineering, 2000. **28**(3&4).
183. Kang, J.-A. and S.K. Kim, *Accuracies of seven different apex locators under various conditions*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2008. **106**(4): p. e57-e62.

7. EKLER

Ek 1. Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı Apex Bulucu Sistemlerin Farklı Irrigasyon Solüsyonları Varlığında Kök Perforasyonlarını Belirlemedeki Doğruluğunun Değerlendirilmesi		
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	369		
KARAR BİLGİLERİ	ARAŞTIRMA BÜÇESİ	<input type="checkbox"/>	
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>	
	ILAN	<input type="checkbox"/>	
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>	
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>	
	GUVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>	
	DİĞER	<input type="checkbox"/>	
Karar No: 2017 / 369	Tarih: 06.11.2017		
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve biyomedikal sakınca bulunmadığına toplantıda katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ	FARMAKOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mehmet KESKİN	PEDİATRİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Prof. Dr. Feridun İŞİK	GÖĞÜS CERRAHI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Prof. Dr. İlker SEÇKİNER	ÜROLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Prof. Dr. Ramazan BAL	FİZYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Prof. Dr. Yasemin ZER	MİKROBİYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Doç. Dr. Zeynel Abidin ÖZTÜRK	İÇ HASTALIKLARI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Doç. Dr. Seval KUL	BIYOİSTATİSTİK	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Yrd. Doç. Dr. Betül TAŞ	AĞIZ DIŞ ve ÇENE CERRAHİSİ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Uzm. Dr. Cahide Elif ORHAN	FARMAKOLOJİ	Gaziantep İl Sağlık Müdürlüğü	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Eyüp ÇELİK	AVUKAT	Gaziantep Barosu	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		
Recep TÜRK	BANKACI	Ziraat Bankası Gaziantep Bölge Yöneticisi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>		

*: Toplantıda Bulunma

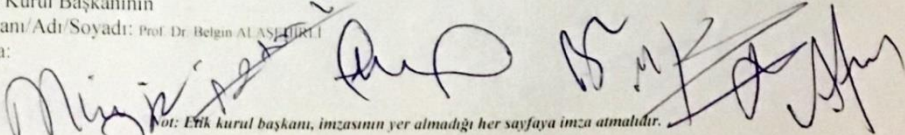
Elden Teslim Aldım

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ
İmza:

Guz Berhan GETINKAYA

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

Ek 2. Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU					
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Farklı Apex Bulucu Sistemlerin Farklı İrrigasyon Solüsyonları Varlığında Kök Perforasyonlarını Belirlemedeki Doğruluğunun Değerlendirilmesi			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		369			
ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu			
	AÇIK ADRESİ:	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi 2. Kat Şehitkamil/Gaziantep			
	TELEFON	0342 360 07 53 * 77704			
	FAKS	0342 360 39 27			
	E-POSTA	gaunetikkurul@gmail.com			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI ADI/SOYADI	Doç. Dr. Uğur AYDIN			
	KOORDİNATÖR SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti A.B.D.			
	KOORDİNATÖR SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.B.D.			
	VARSA İDARI SORUMLU UNVANI ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI ADI/SOYADI (TUBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
Gözlemsel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>			
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>			
In vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
Diğer ise belirtiniz :					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN BELGİLER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>		
ETİK KURULU BAŞKANININ İZİN BELGİSİ	Belge Adı	Açıklama			
	SIGORTA	<input type="checkbox"/>			
Etik Kurul Başkanının Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ALAŞEĞİRTLİ					
İmza:					
					
Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.					

8. ÖZGEÇMİŞ

Oğuz Burhan ÇETİNKAYA, 1991 yılında Tekirdağ'da doğdum. İlk ve ortaöğretimimi Çorlu Şahinler İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimimi Tekirdağ Fen Lisesi'nde tamamladım. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde 2014 yılında yüksek lisans eğitimimi tamamladım. 2016 yılında Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak uzmanlık eğitimime başladım.

