



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ SODYUM
HİPOKLORİTİN EDTA VE ETİDRONİK ASİT İLE FARKLI
KOMBİNASYONLARININ SİMÜLE EDİLMİŞ İMMATÜR
DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

SABİNA İMANOVA

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. VOLKAN ARIKAN

KIRIKKALE-2022

**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ SODYUM
HİPOKLORİTİN EDTA VE ETİDRONİK ASİT İLE FARKLI
KOMBİNASYONLARININ SİMÜLE EDİLMİŞ İMMATÜR
DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sabina İMANOVA

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Volkan ARIKAN**

**Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından 2020/059 numaralı proje ile desteklenmiştir.**

2022– KIRIKKALE

KABUL VE ONAY

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Pedodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 23/02/2022

Doç. Dr. Volkan ARIKAN

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

Danışman

Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi

Üye

Dr. Öğr. Üye. Burcu Nihan YÜKSEL (ÇELİK)

Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Esra KIZILCI

Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi

Üye

ETİK BEYAN

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sabina İMANOVA

23/02/2022

ÖZET

FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ SODYUM HİPOKLORİTİN EDTA VE ETİDRONİK ASİT İLE FARKLI KOMBİNASYONLARININ SİMÜLE EDİLMİŞ İMMATÜR DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.

Kırıkkale Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Pedodonti Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi Danışman: Doç. Dr. Volkan ARIKAN
Şubat 2022, 116 sayfa

Çalışmamızda immatür dişlerin kök kanal tedavisinde uygulanan değişik konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit EDTA ve etidronik asit ile farklı kombinasyonlarının kırılma direncine etkisinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasının, 80 adet çekilmiş insan daimi üst keser diş; 6 çalışma ve 2 kontrol olmak üzere toplam 8 grup ile yürütülmesi planlanmıştır. Seçilen dişlerin kökleri apikal üçlü bölgesinde su soğutması altında elmas diskler yardımıyla kesilerek 12 mm standart uzunluğunda kökler elde edilmiştir. Çalışma grubunda olan dişler %1, %2,5, %5 oranlarında NaOCl ile %17 EDTA ve %18 HEBP'nin kombine irrigasyonları ile yıkanmıştır. Pozitif kontrol grubu distile suyu ile irrig edilmiş, negatif grupta hiçbir işlem uygulanmamıştır. Kanallar Protaper rötari sistemi kullanılarak crown-down tekniği ile 0,05 taperlı F5'e kadar prepare edilmiştir. Preparasyon sırasında her alet değişimi öncesinde ve preparasyon sonunda kanallar grupta belirtilen irrigasyon solüsyonu ya da solüsyonları ile irrig edilmiştir. Preparasyonun bitiminin ardından kanallar paper pointlerle (Dentsply Maillefer, Switzerland) kurulandıktan sonra kanallar AH-Plus +Gutta-percha ile doldurulmuştur. Patların sertleşme süresi sonunda çalışma grupları ve pozitif kontrol grubundaki dişlerin daimi restorasyonları self-etch bonding (3M Adeziv 200T, St. Paul, MN, USA) sistemini takiben, A2 nano-kompozit (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ile yapılmıştır. Daha sonra örnekler 72 saat %100 nemli ortamda 37 °C'de inkübatörde bekletilmiştir. Kırılma direnci testi için Universal Test Makinasında (Instron Corp., Canton, MA, USA) dişlere kırılana kadar 1mm/dk hızla kuvvet uygulanmıştır. Kırılma anındaki pik makaslama kuvvetleri Newton (N) birimi olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak tüm gruplar kırılma dirençleri açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmada yer alan ölçüm değerlerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Ölçüm değerlerinin normal dağılıma uydukları belirlenmiş ve bu nedenle tanımlayıcı istatistiklerinin gösteriminde Ortalama±Standart Sapma değerleri kullanılmıştır. Ek olarak tanımlayıcı istatistik gösteriminde Minimum; Maksimum değerleri kullanılmıştır. Ölçüm değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında One-way ANOVA testi kullanılmıştır. One-way ANOVA testi sonucunda fark bulunduğu farklı grubu belirleyebilmek için Post-Hoc ikili karşılaştırmalar yapılmıştır ve Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verilmiştir. İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) ve MS-Excel 2007 programları kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Grupları arasında ölçüm değerleri

açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($F=7.692$, $p<0.001$) (Tablo 1). Gruplar arasında ölçüm değerleri ortalamaları incelendiğinde en yüksek değer 755.78 ± 115.49 ile Negatif Kontrol Grubunda, en düşük ortalama değerin ise 346.72 ± 117.56 ile Pozitif Kontrol Grubu olduğu belirlenmiştir. Negatif Kontrol Grubu*Pozitif Kontrol Grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p=0.035$, $p=0.032$, $p=0.004$, $p=0.001$, $p=0.003$, $p=0.001$, $p=0.002$, $p<0.001$). Diğer gruplar arasında ölçüm düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. İn vitro olarak gerçekleştirilen çalışmamızda gereç ve yöntem sınırları içerisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkisi açısından negatif kontrol grubu ve pozitif kontrol grubu arasında kırılma direnci değerlendirmesi açısından anlamlı farklılık bulunmuştur. Ama Sodyum Hipokloritin farklı konsantrasyonları, %17 EDTA ve %18 Etidronik Asit irrigasyon solüsyonları kullanılan çalışma grupları arasında kırılma direnci değerlerinde anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: İmmatür dişler, sodyum hipoklorit, EDTA, Etidronik asit, kırılma direnci

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT COMBINATIONS OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SODIUM HYPOCHLORITE WITH EDTA AND ETIDRONIC ACID ON FRACTURE RESISTANCE OF SIMULATED IMMATURE TEETH

Kırıkkale University

Graduate School of Health Sciences

Department of Pediatric Dentistry

Supervisor: Doç. Dr. Volkan ARIKAN

February 2021, 116 Pages

In our study, it was aimed to compare the effects of different combinations of sodium hypochlorite at different concentrations with EDTA and etidronic acid on the fracture resistance of immature teeth in root canal treatment. This study is carried out using 80 extracted human permanent upper incisors with a total of 8 groups including 6 studies and 2 controls. The roots of the selected teeth were cut under water cooling with the help of diamond discs in the apical third so as to obtain 12 mm standard length roots. Teeth in the study group were irrigated with combinations of 1%, 2.25%, 5% NaOCl and 17% EDTA and 18% HEBP. The root canals were prepared up to F5 with 0.05 taper by crown-down technique using Protaper rotary system. Before the changing of each instrument and after preparation, the canals were irrigated with the specified irrigation solutions. Following the preparations and the drying of the canals with paper points, canals were filled using AH-Plus + Gutta perch. After the setting period of the filling materials, the teeth in the study groups and positive control group were restored using self-etch bonding system, and A2 nanocomposites (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Afterwards, the samples were kept for 72 hours at 100% humidity in an incubator at 37 ° C. For the fracture resistance test, a force of 1 mm / min was applied to the teeth until broken in the Universal testing machine. During fracture, peak shear forces were recorded in Newtons (N). The fracture resistance of all groups were statistically compared by using the obtained data. The conformity of the measurement values was evaluated with the Shapiro-Wilks test. It was determined that the measurement values fit the normal distribution, and therefore mean±standard deviation values were used in the display of descriptive statistics. Additionally, in the descriptive statistics display, Minimum; Maximum values are used. One-way ANOVA test was used to compare the measurement values according to the groups. When a difference was found as a result of the one-way ANOVA test, Post-Hoc pairwise comparisons were made in order to identify the different group and the analysis results were given by making Bonferroni correction. IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) and MS-Excel 2007 programs were used for statistical analysis and calculations. Statistical significance level was accepted as $p < 0.05$. A statistically significant difference was found between the groups in terms of measurement values ($F=7.692$, $p < 0.001$) (Table 1). When we look at the mean values of the measurements

between the groups, it was determined that the highest value was 755.78 ± 115.49 in the Negative Control Group, and the lowest average value was the Positive Control Group with 346.72 ± 117.56 . A statistically significant difference was found between Negative Control Group*Positive Control Group ($p=0.035$, $p=0.032$, $p=0.004$, $p=0.001$, $p=0.003$, $p=0.001$, $p=0.002$, $p<0.001$). There is no statistically significant difference between the other groups in terms of measurement levels. In our in vitro study, an important difference was found between the negative and the positive control group in terms of the effect of irrigation solutions used within the limits of materials and methods on the fracture resistance of teeth. Although, there was observed no considerable difference in fracture resistance values between the study groups using different concentrations of Sodium Hypochlorite, 17% EDTA, and 18% Etidronic Acid irrigation solutions.

Keywords: Immature teeth, endodontic treatment, irrigation, sodium hypochlorite, EDTA, etidronic acid, fracture resistance.



ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışma sürecim boyunca büyük bir anlayış ve sabır içerisinde bana yardım eden ve yol gösteren, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan saygıdeğer danışman hocam **Doç. Dr. Volkan ARIKAN**'a,

Uzmanlık eğitimim süresince hem klinik hem de akademik alanda bilgileri ve görüşleri ile yanımda olan değerli hocalarım **Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA** ve **Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ**'a,

Beraber başladığımız bu yolda birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum, her zor anımda yanımda olan hem iş ortamında, hem de özel hayatımda desteklerini her zaman hissettiğim, iyi ki tanımışım dediğim sevgili dostlarım **Beyza Ecem ALKAÇ**, **Tanyel ÖZKAN**, **Işıl CAN** ve **Gözde YILDIZ**'a,

Uzmanlığımın başıntan itibaren tecrübesi ve şevkatiyle beni yalnız bırakmayan canım ablalarım **Dr. Öğr. Üyesi Nur Burcu ULUSOY** ve **Dr. Öğr. Üyesi Damla ŞAHİN**'e ve beraber çalışmaktan keyif aldığım **Kırıkkale Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalı**'ndaki tüm klinik personelimize,

Tez süreci boyunca manevi desteklerini yoğun bir şekilde hissettiren arkadaşlarım **Elif YİĞİT** ve **Zahide MEŞHUR**'a,

Hem eğitim hem de özel hayatımda iyi ve kötü her anımda yanımda olan, tüm dertlerimi paylaştığım, her türlü zorlu süreci katlanılabilir kılan ve eğlenceli hale getiren, iyi ki tanımışım dediğim canım arkadaşlarım **Nurana SÜLEYMANOVA**, **Hicret ŞANVERDİ**, **Nezrin ALİZADA** ve **Gulshan ASADOVA**'ya,

Bugüne dek aldığım tüm kararlarda arkamda olan, beni bugünlere getiren, maddi ve manevi destekleriyle her daim yanımda olan, varlıklarından güç aldığım ve bana gösterdikleri sonsuz sevgi için her zaman minnet duyacağım annem **Saadet İMANOVA**, babam **Asif İMANOV**, ablam **Semra İMANOVA** ve erkek kardeşim **Asaf İMANOV**'a

Bu mutlu anımda keşke sen de olsan dediğim ama olamayıp kalbimde olan ve hep bana güvendiğini bildiğim, başaracağıma inandığımı hissettiğim canım kız kardeşim **Aytaç İMANOVA**'ya

Hayatıma girdiği günden itibaren manevi desteğiyle yanımda olan, beni güçlendiren, bu zorlu sürecin her anını birlikte geçirdiğim, sevgisi, fedakarlığı ve sabrıyla bana her zaman destek olan hayat arkadaşım, canım eşim **Erhan UÇAN**'a ve Türkiye'deki ikinci ailem olan **UÇAN** ailesine,

Azerbaycan'da eğitimime manevi desteğini esirgemeyen, sevgisi ve güzel kalbiyle eğitimime katkısı olan **Aide RZAYEVA** ve **Rauf RZAYEV**'e

Son olarak, tüm Türk kadınları adına **Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK**'e

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Kök Gelişimi	2
1.2. İmmatür Daimi Dişler	3
1.2.1. İmmatür Daimi Dişlerde Kanal Tedavisine Sebep Olan Faktörler	3
1.2.2. İmmatür Daimi Dişlerde Endodontik Tedavi	4
1.2.2.1. Apeksogenezis	5
1.2.2.2. Rejeneratif Endodontik Tedavi	6
1.2.2.2.1. Geleneksel Apeksifikasyon (Frank metodu)	8
1.2.2.2.2. Tek Seanslı Apeksifikasyon	9
1.3. Endodontik Tedavi Sonrası Kırılma Direnci ve Ölçümü	11
1.4. İmmatür Daimi Dişlerde Kırılma Direncini Etkileyen Faktörler	12
1.4.1. Preparasyon Yöntemlerinin Kırılma Direncine Etkisi.....	12
1.4.2. Kanal İçi Medikamanların Kırılma Direncine Etkisi.....	14
1.4.3. Kanal Dolgu Matların Kırılma Direncine Etkisi.....	16
1.4.4. Post Kullanımının Kırılma Direncine Etkisi.....	17
1.4.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Kırılma Direncine Etkisi	18
1.5. Endodontik Tedavide İrrigasyon	18
1.5.1. Kanal İrrigasyonunun Önemi.....	19

1.5.2. Mikrobiyal Biyofilm Oluşumu	21
1.5.3. Kök Kanallarında Gelişen Biyofilmler	24
1.5.4. Smear Tabakası.....	24
1.5.5. İdeal İriganın Özellikleri	27
1.5.6. İrrigasyon Solüsyonları.....	28
1.5.6.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	28
1.5.6.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)	31
1.5.6.3. Etidronik Asit (etidronik asit/ 1-hidroksietileden-1, -bifosfonat; HEBP).....	34
1.6. AMAÇ	37
2. GEREÇ VE YÖNTEM	39
2.1. Etik Kurul Onayı ve Gerekli Resmi İzinler	39
2.2. Doğal Dişlerin Toplanması.....	39
2.3. Örneklerin Seçimi ve Standardizasyonu	39
2.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi	41
2.5. Örneklerin Hazırlanması	42
2.6. Kırılma Direnci Testi.....	43
2.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz	44
3. BULGULAR	46
4. TARTIŞMA	49
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	66
EKLER.....	97
EK-1.	97
ÖZGEÇMİŞ.....	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi	42
Çizelge 3.1. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar	46
Çizelge 3.2. Gruplar arasında ölçüm değerlerinin ortalamaları	47
Çizelge 3.3. Gruplar arasında ölçüm değerlerinin karşılaştırılması.....	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Biyofilm oluşumunun ilk aşamaları Planktonik hücrelerin kaplanmış substratlarla ilk hücresel etkileşiminin genel yaklaşımlarını gösteren şematik	22
Şekil 1.2. Biyofilm gelişme ve olgunlaşma aşamaları; $\times 100$ büyütmede yeniden oluşturulan üç boyutlu biyofilm görüntüleri gösteren görüntü bölümleri	23
Şekil 1.3. Kök kanal dentin tübülleri üzerinde smear tabakası.....	25
Şekil 1.4. Dünya çapında yapılan araştırmalar sonucunda diş hekimlerinin primer irrigasyon solüsyonu tercihlerinin grafiksel gösterimi	29
Şekil 1.5. Etidronik asit'in moleküler yapısı.	35
Şekil 2.1. Çalışmaya ait dişlerin seçilmesi ve periapikal radyografisi	40
Şekil 2.2. Çalışmaya ait örneklerin mesio-distal ve bukko-lingual çaplarının kumpasla ölçülmesi	40
Şekil 2.3. Çalışmaya ait örneklerin hazırlanması.....	41
Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan antimikrobiyal ajanlar; Etidronik Asid, Sodyum Hipoklorit, EDTA.	42
Şekil 2.5. Çalışma grupları için hazırlanan bir örnek	43
Şekil 2.6. Diş yüzeyinin polivinil siloksan ile kaplanması ve akrilik bloklara gömülmesi	44
Şekil 2.7. Universal test cihazı.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
+	: Artı
<	: Küçüktür
=	: Eşittir
>	: Büyüktür
≥	: Büyük Eşittir
°C	: Santigrad derece
AAPD	: Amerikan Pediatrik Diş Hekimleri Akademisi
BL	: Bukko-lingual
C	: Karbon °C: Derece santigrat
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum oksit'ten
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
DME	: Dış mine epiteli
EDTA	: Etilen Diamin Tetraasetik Asit
GP	: Güta-perka
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksid
HClO	: Hipokloroz asit
HEBP	: 1-hidroksietileden-1, -difosfonat;
HEDP	: 1-hidroksietileden-1, -difosfonat;
HEKK	: Hertwing epitelyal kök kını
HV	: Vickers sertliği
IME	: İç mine epiteli
K ₂ SO ₄	: Potasyum sülfat
KH	: Kalsiyum hidroksid
KKT	: Kök kanal tedavisinde
MD	: Meziyodistal
MgO	: Magnezyum oksit
ml	: Millilitre
mm	: Milimetre

MPa	: Megapascal
MTA	: Mineral trioksit agregatı
MTAD	: Tetraskilin, asit ve deterjan karışımı
N	: Newton
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
pH	: Power of Hydrogen
RET	: Rejeneratif endodontik tedavi
SEM	: Scanning electron microscope
SiO ₂	: Silisyum dioksit
UTC	: Universal Test Cihazı
µm	: Mikrometre

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde önemli bir sorun olarak tanımlanan diş kırığı, çürük ve periodontal hastalıklardan sonra diş kayıplarının en yaygın üçüncü nedeni olarak gösterilmiştir (Kishen, 2006; Braly ve ark.,1981; Ellis ve ark.,1999). Birçok in vivo çalışma kanal tedavisinin diş kırığı için büyük bir etyolojik faktör olduğunu vurgulamıştır (Kishen, 2006). Matür dişlere kıyasla immatür daimi dişler gelişimlerini henüz tamamlamadıkları için kırılmaya daha yatkındırlar (Stuart ve ark., 2006; Katebzadeh ve ark., 1998; Wilkinson ve ark., 2007). Özellikle servikal bölgedeki dentin çok ince olduğundan, kanal tedavisi uygulanan üst keser dişlerde servikal kök kırıklarına daha çok rastlanmaktadır (Cvek, 1992).

Kanal tedavisi sırasında ve sonrasında dişlerin kırılma direncinin azalmasının sebebini açıklamak için birçok sebep öne sürülmüştür (Desai ve ark., 2009). Kanal tedavisi uygulanmış dişlerde genellikle önceki patolojiye, kanal tedavisine ve/veya restoratif tedavilere bağlı olarak koronal ve radiküler doku kaybı meydana gelmektedir (Kishen, 2006). Birçok çalışmada travma, çürük, restorasyonlar ve aşırı kök kanal preparasyonu işlemlerine bağlı olarak dişlerin kırılma dayanıklılığında azalma olduğu gösterilmiştir (Desai ve ark., 2009). Ayrıca vital pulpalı dişler ile kanal tedavisi uygulanmış dişler arasında nem içeriği yönünden önemli bir fark olduğu ve dentindeki nem kaybının kırılabilirliği arttırabileceği rapor edilmiştir (Kishen, 2006). Koronal diş dokusu kaybı, pulpa dokusu kaybı ve çeşitli kanal dezenfektanlarının kullanımı dişlerin mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Yapısal bütünlüğü devam ettirmek için dentin hacminin muhafaza edilmesinin önemi vurgulanmıştır (Kishen, 2006).

Kanal dezenfeksiyonu ve preparasyonu için kullanılan materyaller de dentinin fiziksel özellikleri üzerinde negatif etkiye sahiptir. Sodyum hipokloritin ve şelatör ajanların dentinin mikrosertliğini azaltabileceği bildirilmiştir (Desai ve ark., 2009).

Yukarıda bahsedilen sebeplerin yanı sıra kırılma direncini olumsuz etkileyebilecek bir diğer önemli faktör ise kök gelişim düzeyidir. Dentin kalınlığının henüz yeterli kalınlığa ulaşmadığı immatür dişlerde kök kanal tedavisi sonrası kırılabilirliğin yüksek olduğu gözlenmektedir (Alsamadani ve ark., 2012).

1.1. Kök Gelişimi

Epitelyal-mezenkimal etkileşimler diş oluşumunun tüm aşamalarında önemli rol oynamaktadır. Diş kronu tamamlandıktan sonra apikal mezenkim gelişmekte olan periodonsiyumu oluşturmak için çoğalmaya devam ederken, diş gelişiminde çan aşamasından sonra, iç mine epiteli (IME) ve dış mine epiteli (DME) (stellat retikulum ve stratum intermediumdan yoksun), kron servikal mine seviyesinin altında birleşerek kökü oluşturmak üzere apikal bölgeye doğru göç etmeye başlar ve bu epitel kılıfına Hertwing epitelyal kök kını (HEKK) denir (Owens, 1974; Slavkin, 1974). Dental servikal halkadan HEKK'nin oluşması genellikle diş kökü oluşumunun başlangıcı olarak kabul edilir (Bosshard, 1996; Thomas, 1995).

HEKK ve apikal papilla, kök gelişiminin düzenlenmesinden sorumludur (Spouge, 1980; Tucker & Sharpe, 2004). HEKK'den indüktif sinyaller aldıktan sonra apikal papilladaki ektomezenkimal hücrelerden farklılaşan odontoblastlar tarafından kök dentini oluşturulur (Sonoyama ve ark., 2008). Kök geliştikçe, ilk olarak radiküler manto dentin oluşur. Epitel kılıfı fenestratı ve bireysel hücreler, Malassez'in kalıntıları oluşturmak için ilerde oluşacak periodontal ligament bölgesine göç eder (Wentz ve ark., 1950).

HEKK'nin fonksiyonu kök gelişimi apikale doğru ulaştığında sona erer. Mantle dentin matriksinin ilk tabakasının birikmesinden kısa bir süre sonra, HEKK parçalanmaya başlar ve bu da Malassez'in epitel hücre kalıntıları olarak bilinen epitel hücre dizilerinin oluşumuyla sonuçlanır. Bu parçalanma, diş folikül hücrelerinin göç etmesine ve sement üreten sementoblastlara farklılaştığı hiyalin tabakasına bağlanmasına izin verir (Manogue ve ark., 2005).

HEKK devamlılığını kaybettikten sonra kök dentini bağ dokusuyla etkileşime geçer. Bu etkileşim sonrasında, bağ dokusundan farklılaşan sementoblastlar tarafından sement oluşturulmaya başlar. Sement oluşumuyla birlikte HEKK artık hücreleri kök yüzeyinden uzaklaştırır, fakat diş oluşumu tamamlansa da bu artıklar periodontal aralıkta kalabilmekte ve “Malassez Epitel Artıkları” olarak adlandırılmaktadır. (Manogue ve ark., 2005; Simon ve ark., 2007). Kök gelişimi sırasında kök boyu uzadıkça, kron oral kaviteye doğru hareket etmeye başlar ve bunun sonucunda oluşan boşluk ile kök oluşumu için gerekli yer sağlanır (El Nesr ve Avery, 2006).

HEKK'nin, diş köklerinin gelecekteki şeklini öngördüğü için, köklerin şeklini, boyutunu ve sayısını belirleyen kök oluşumunun indükleyicisi ve düzenleyicisi olduğuna inanılmaktadır. (Huang ve ark., 2010; Ten Gate, 1996).

İmmatür daimi dişlerde periapikal alanda yerleşen epitelyal diyaframdan ilerde apikal foramen oluşmaktadır. Bu süreç ortalama 3 seneye kadar devam etmektedir. Oluşumunu tamamlayıncaya kadar herhangi nedenle dişin vitalitesini kaybetmesi veya HEKK'nin zarar görmesi sonucunda kök oluşumu durarak kök ucunun açık kalmasına sebep olabilmektedir (Rafter, 2005; Tait ve ark., 2005; Nagavani ve ark., 2010; Lieberman ve ark., 1996; D'Arcangelo ve ark., 2007). Kök oluşumu tamamlanmamış dişlerde pulpa nekrozu gerçekleştiğinde kök gelişimi durur ve apikal kapanma sağlanamaz. Böyle bir durumda da kanal tedavisi; kanalın boyutu, ince ve kırılğan dentin duvarları ve geniş açık apeks nedeniyle önemli bir zorluk oluşturmaktadır (Simon ve ark., 2007).

1.2. İmmatür Daimi Dişler

İmmatür daimî dişler, kök gelişiminin devam ettiği ve apikal kapanmanın henüz tamamlanmamış olduğu dişlerdir. Kökün apikal gelişimi, dişin ağızda sürmesinin ardından antagonist dişle oklüzyona gelmesinden sonra da devam etmektedir. Daimî dişlerin kök gelişimi, ağız içerisine sürdükten sonraki 3 yılda tamamlanmaktadır ve bu süre sonuna kadar dişler açık kök uçlarına sahip olmaktadır. Bu nedenle çocuklarda 6 yaşından başlayarak 3. molarların sürmesinden sonraki 2-3 yıl sonrasına kadar ağızda immatür daimi dişler bulunur. Açık kök uçları kapandıktan sonra bu dişler matür dişler olarak adlandırılmaktadır (Hutchins,1972).

1.2.1. İmmatür Daimi Dişlerde Kanal Tedavisine Sebep Olan Faktörler

Gelişmekte olan dişler travma, çürük ve türlü gelişimsel anomalilerle ilgili farklı mekanik veya biyolojik etkilere maruz kalmaktadır (Cvek, 1992). İmmatür daimî dişlerde pulpa nekrozunun en sık nedenleri, diş çürükleri ve travmalardır (Mohammadi Z, 2011).

Çürük, bakteri ve yan ürünlerini içeren çok faktörlü hastalık olup, pulpaya nüfuz ederek, pulpa dokusunun enfekte olmasına ve fibrozisine neden olmaktadır. Bakteriler uzaklaştırılmazsa kronik inflamasyon veya tekrarlayan enfeksiyon pulpanın kendini

onarım yeteneğinin azalmasına sebep olur ve sonunda nekroz tüm kök kanalına yayılır (Abbott, 2007).

Travma, diş dokusunun çevresindeki kan damarlarını sarsarak veya ezerek travmatize dişin apikal kan beslenmesinin tamamen veya kısmen kesintiye uğramasına sebep olabilir. Apikal kan dolaşımı yeniden sağlanamazsa veya yetersiz kalırsa, pulpa nekrozu meydana gelmektedir. Çocuklarda 8-10 yaşlar arasında meydana gelen travma, daimi dişlerin kök gelişiminin yetersiz olması ve pulpa nekrozunun devam eden kök gelişimini engellemesi nedeniyle önemlidir (Chen ve ark., 2013; Rafter, 2005).

Dünyanın dört bir yanından popülasyona dayalı çalışmalar, dişlerin travmatik yaralanmalarının prevalansının yaklaşık %4-59 olduğunu ve vakaların çoğunluğunun kesici dişlerde meydana geldiğini göstermektedir (Glendor, 2007). Tahmini yaygınlık oranlarındaki geniş aralık, örnekleme yöntemlerindeki veya çalışma popülasyonlarındaki farklılıklara bağlı olabilir. 6-18 yaş arası İsviçreli çocuk üzerinde yapılan bir çalışmada, dental travma prevalansı yaklaşık %11 olarak bildirilmiş, mine-dentin kırıklarının yaklaşık %12'sinin pulpa nekrozuna yol açtığı rapor edilmiştir (Kaba, 1989). Kombine yaralanmaların varlığı da travma sonrası pulpa nekrozu riskini arttırmaktadır; örneğin kombine kron kırığı ve lüksasyon yaralanması olan dişlerde pulpa nekrozu riski tek başına lüksasyon yaralanmasına kıyasla daha yüksektir (DiAngelis ve ark., 2012).

Diğer nedenler arasında dental anomaliler olan dens invaginatus ve dens evaginatus sayılabilir. (Hargreaves ve ark., 2013; Cameron ve ark., 2008). Dens invaginatus vakalarında, pulpayı ince bir sert doku tabakası korumakta ve diş sürdükten sonra, çoğu zaman çürük sonucu pulpa nekrozu meydana gelmektedir. Dens evaginatus vakalarında, dişin oklüzal yüzeyinden veya singulumdan sert bir doku çıkıntısı görülmektedir. Vakaların %43'ünde tüberkül içine uzanan pulpa dokusu mevcuttur. Oklüzal travma nedeniyle oluşan tüberkül kırığında, pulpa ekspoz olabilmektedir (Cameron ve ark., 2008). İmmatür daimi dişlerde ekspoz pulpanın nekroze olması kök gelişimini durmasına neden olmaktadır (Flanagan, 2014).

1.2.2. İmmatür Daimi Dişlerde Endodontik Tedavi

İmplant ve protetik tedavi uygulamaları gibi kalıcı tedavi seçenekleri kraniyofasiyal büyüme tamamlanana kadar kontrendike olduğundan dolayı dişler estetik ve

fonksiyonel nedenlerle ağız içinde tutulmaya çalışılmaktadır (Hargreaves, 2013). İmmatür daimi dişlerde beklenen ideal tedavi sonuçları periapikal patolojiyi iyileştirmek, semptomların klinik olarak çözülmesini sağlamak, kök gelişimini destekleyerek apikal kapanmayı sağlamak ve hem immünolojik hem de hücrel perspektiflerden pulpa dokusunun fonksiyonel yeterliliğini yeniden sağlamaktır. Bu sonuçlar, fizyolojik işlevi uzun vadeli koruma olasılığını artıracaktır (Hargreaves ve ark., 2008). Nekrotik immatür daimi dişlere uygulanan kanal tedavisi; yetersiz kök gelişimi, yetersiz kron/kök oranı, tedavinin uzun sürmesi ve kötü prognoz nedeniyle klinik zorluk sunmaktadır (Cehreli ve ark., 2011).

Geçmişte, immatür daimi dişlerde enfekte kök kanal sistemleri, büyük bir güta-perka (GP) dolgusu veya özel GP ve siman yerleştirilerek yada apikalden taşacak şekilde kanal dolgusu yapılarak daha sonra periapikal cerrahi uygulanarak tedavi ediliyordu. Kök kanal dolumu için apikal bariyerin olmaması nedeniyle bu tedaviler başarısız olmuş ve zamanla uygulamadan çıkarılmıştır (Gaitonde, 2007).

Günümüzde immatür dişlerde apeksogenezis, revaskülarizasyon veya apeksifikasyon tedavi yöntemleri uygulanmaktadır (Tamura, 2005).

1.2.2.1. Apeksogenezis

Matür dişlerde çürükle ekspozite olan pulpaların vital pulpa kuafajı ve pulpotomi prosedürleri tartışmalı olsa da vital pulpa tedavisinin immatür dişler için tercih edilen bir tedavi seçeneği olduğu kabul edilmektedir. Genellikle apeksogenezis, olgunlaşmamış bir dişin devam eden kök gelişimine ve apikal kapanmasına izin veren vital pulpa tedavisi olarak tanımlanmaktadır (Walton, 2002).

Apeksogenezis, enfekte pulpa dokusunun uzaklaştırılmasını takiben sağlıklı pulpa dokusunun kalsiyum hidroksit veya kalsiyum silikat içerikli biyomateryaller ile örtülmesi şeklinde uygulanan bir tedavi yöntemidir. Geleneksel olarak, pulpa dokusunun koronal kısmının çıkarılması anlamına gelir. Bununla birlikte, dokunun çıkarılacağı derinlik klinik değerlendirme ile belirlenmelidir. Sadece enfekte doku çıkarılabilir, ancak enfeksiyonun düzeyinin değerlendirilmesi zordur. Yapılan birçok çalışmada, mekanik ekspozu takiben 168 saate kadar tedavi edilmeden bırakılan pulpada, enflamasyonun koronal pulpanın 2-3 mm'si ile sınırlı olduğu gösterilmiştir (Cvek, 1982).

Webber tarafından apeksogenezisin amaçları aşağıda belirtildiği gibidir:

- HEKK'nin canlılığını sürdürerek daha uygun bir kök-kron oranı için kök uzunluğunun gelişimine izin vermek
- Pulpa canlılığını korumak, böylece odontoblastların dentin duvarında birikmesiyle daha kalın kök duvarını oluşturmak ve kök dentininin kırılma direncini arttırmak
- Kök ucunun kapanmasını teşvik ederek kök kanal dolgusu için apikal tıkaç yaratmak
- Pulpotomi bölgesinde dentin köprüsü oluşturmak (Webber, 1984).

Apeksogenez uygulanmış dişlerde hedeflenen sonuç, diş gelişiminin derecesine bağlı olarak 1-2 yıl arasında değişmektedir. Pulpa vitalitesini ve apikal olgunlaşmanın derecesini belirlemek için hasta 3 aylık aralıklarla kontrollere çağrılmalıdır. Pulpada irrevisibl pulpitis, nekroz veya internal rezorbsiyon bulguları belirlenirse, apeksifikasyon tedavisi uygulanmaktadır (Rafter, 2005).

1.2.2.2. Rejeneratif Endodontik Tedavi

“Rejeneratif endodontik tedavi”; kan pıhtılaşması yoluyla kök kanal revaskülarizasyonu, doğum sonrası kök hücre tedavisi, pulpa implantasyonu, iskelet implantasyonu, enjekte edilebilir iskelet tedavisi ve gen aktarımı gibi birçok tedavi yöntemini kapsayan bir ifadedir. Bu rejeneratif endodontik teknikler, önceden tanımlanmış olan temel doku mühendisliği ilkelerine dayanmaktadır ve hücrelerin, büyüme faktörlerinin ve yapı iskelelerinin özel olarak dikkate alınmasını içermektedir (Murray ve ark., 2007).

Rejeneratif endodontik tedavi (RET), kök kanal duvarlarının kalınlaşmasına ve kök gelişiminin devamına olanak sağladığından nekrotik pulpalı immatür daimi dişler için uygulanabilir bir biyolojik temelli tedavi olarak tanımlanmıştır (Diogenes ve ark. 2014). RET yönteminde; ‘Tetraskilin, asit ve deterjan karışımı’ (MTAD), sitrik asid, üçlü antibiyotik patı, sodyum hipoklorit, ikili antibiyotik patı ve doksisisiklin gibi materyaller kullanılarak kök kanal sistemi dezenfekte edilir ve apikalden kanal içine kanama sağlanarak kanama bölgesinin üstü MTA ile örtülür (Torabinejad ve ark., 2003a; Torabinejad ve ark., 2003b; Das, 1980; Banchs, 2004; Iwaya ve ark., 2001; Shabahang, 2013). Neticede, vital kök hücrelerinin doku rejenerasyonu sağlayarak

apeksogenezis veya kök maturasyonunu devam ettirmesi beklenmektedir (Jyothi, 2012; Flanagan, 2014).

RET, apeksifikasyon ve yapay apikal tıkaç oluşturma tekniklerinden farklı olarak, kök gelişiminin devamına izin vererek, devital olgunlaşmamış dişleri tedavi etmek amacıyla periapikal dokunun irritasyonu sonucunda kanal içine doğru kanama sağlanarak uygulanan bir tedavi tekniğidir. Oluşan kan pıhtısı ile hücreler için gerekli büyüme faktörleri salınarak bir çatı oluşturulur (Banchs, 2004; Thibodeau, 2007). RET uygulanarak tedavi edilen dişlerde kök ucu kapanarak oluşumunu tamamlamış ve ince dentin duvarı kalınlaşarak daha sağlıklı olduğu için kök kırıkları riski azalmıştır (Nosrat ve ark., 2011). Yapılan çalışmalarda, RET tedavisi uygulanacak hastaların 7 ila 16 yaş aralığında olması önerilmiştir (Garcia-Godoy, 2012).

Çalışmalar, RET'in sert doku oluşumunu, devam eden kök gelişimini ve kök yapısını güçlendirmeyi uyardığını göstermiştir (Banchs, 2004; Huang, 2009; Thibodeau, 2007; Iwaya ve ark., 2001). Bu yöntem, devam eden kök gelişimi için canlı kalan Hertwig epitelyal kök kımından ve apikal papilladan (SCAP'ler) salınan büyüme faktörüne dayanmaktadır (Huang ve ark., 2008). Bir diğer düşünce ise sement, kemik veya dentin benzeri dokularla dentin duvar kalınlığının artmasıdır (Kvinnslund, 1989; Nevins ve ark., 1976; Skoglund, 1981; Sheppard, 1980; Östby, 1961; Nevins ve ark., 1978; Ritter ve ark., 2004).

RET'in amaçları, hasta semptomlarını ortadan kaldırmak, çevre dokuların iyileşmesini teşvik etmek, kök uzunluğunu ve kalınlığını artırmak ve vitalite testine olumlu bir yanıt elde etmektir (AAE, 2016).

RET için kabul edilmiş net bir tedavi protokolünün olmaması ve tedavi süresince farklı ilaçların kullanımına bağlı oluşan sonuçların farklılığı gibi sebeplerle uygulama günümüzde henüz rutin klinik kullanıma girememiştir (Lee ve ark., 2015a). Ayrıca, RET'in olumlu sonuçlarının yanı sıra, her vakada başarılı olmayabileceği de bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda RET protokolü sonrası; kök oluşumunun sürekliliğinde, kök kanal duvarlarının kalınlaşmasında, kök boyunun artışında ve apikal tıkanmanın oluşmasında olumsuz sonuçlar görülebileceği belirtilmiştir (Jung ve ark., 2008; Chueh ve ark., 2009; Nosrat ve ark., 2012; Soares Ade ve ark., 2013; Petrino ve ark., 2010). Ancak mevcut literatür çoğunlukla olgu sunumlarından

oluşmaktadır ve literatürde vakaların 18 aya kadar sınırlı uzun takip döneme sahip tedavi protokollü olduğu görülmektedir (Diogenes ve ark., 2013; Tong ve ark., 2017). İmmatür daimi dişlerde uygulanan rejeneratif endodontik tedavi yukarıda saydığımız dezavantajları sebebiyle çok fazla tercih edilmemektedir ve halihazırda yaygın olarak apeksifikasyon tedavisi uygulanmaktadır. Öte yandan revaskülarizasyon tedavisinin başarılı olmadığı dişlerde de apeksifikasyon tedavisi kullanılmaktadır (Seto ve ark., 2013). Apeksifikasyon; “apeksi açık dişlerin apikalinde kalsifiye bariyer oluşturma yöntemi veya nekrotik pulpalı dişlerde olgunlaşmamış kökün devam eden apikal gelişimi” olarak tanımlanmaktadır (Sheehy, 1997). Genel olarak bu tedavi yöntemi, kök kanallarının ekstripasyonu ve dezenfeksiyonundan sonra kök ucunda apikal tıkaç oluşumunu indükleyici bir materyalin kök kanalına yerleştirilmesine dayanmaktadır (Seltzer, 1988). Oluşan bu kalsifiye tıkaç, toksin ve bakterilerin periapikal dokulara erişimine engel olmaktadır. Ayrıca kök kanal dolgu patlarının ve materyallerin uygulanması da kolaylaştırmaktadır (Mackie, 1998). Kalsifiye bariyer, kemik benzeri dokular veya osteosementten oluşmaktadır (Grossman 1988). Yapılan araştırmalarda oluşan sert doku bariyerinin kemik, sement, osteodentin ve dentinden oluşabileceğini, bariyerin kep, köprü ve tam oluşmamış kama şeklinde olabileceğini tanımlamıştır (Dylewski, 1971; Ghose ve ark., 1987).

Geçmiş yıllarda herhangi bir materyal uygulanmadan, sadece enfeksiyon kontrolü sağlanarak, dondurularak kurutulmuş dentin, trikalsiyum fosfat, osteogenetik protein-1, antibiyotik patları, dondurularak kurutulmuş kemik ve kemik büyüme faktörü gibi deneysel materyaller kullanılarak apeksifikasyon tedavisi yapılmıştır (Lieberman, 1983; Coviello, 1979; Harbert, 1996; Das, 1980; Ball, 1964). Bugüne kadar apeksifikasyon tedavisinde yaygın olarak kullanılan tedavi yöntemi kalsiyum hidroksitle yapılan “çok seans apeksifikasyon tedavisi” (Sheehy, 1997) ile MTA vb. biyomateryaller kullanılarak yapılan “tek seans apeksifikasyon tedavisi”dir (Purra ve ark., 2016; Yadav ve ark., 2015; Witherspoon, 2001; Rafter, 2005).

1.2.2.2.1. Geleneksel Apeksifikasyon (Frank metodu)

Geleneksel apeksifikasyon veya “çok seanslı apeksifikasyon” tedavisi; devital immatür daimi dişlerde kök kanalına belirli sürelerde tatbik edilen medikamanlar yardımıyla apikal alanda kalsifik tıkaç oluşumunu indükleyen ve zamanla açık apeksin

kapanmasını temin eden tedavi yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Fava ve Saunders,1999; Kim, 2014; AAE, 2011).

Apeksifikasyon tedavisinde kullanılan materyallerin; biyouyumlu olması, toksik olmaması, osteogenez ve sementogenezi uyarması ve karsinojen olmaması istenen özelliklerdir (Johnson 1999; De Deus ve ark., 2005; Schwarze ve ark., 2002). Çok seanslı apeksifikasyon tedavisinde antimikrobiyal aktivitesi, organik doku çözme kapasitesi, sert doku oluşumunu indüklemeye yeteneği ve düşük maliyet gibi avantajları nedeniyle kalsiyum hidroksit yaygın olarak kullanılmaktadır (Zehnder ve ark., 2003; Kontakiotis ve ark.,1995; Çalt ve ark., 1999; Trope 2010; Mounir ve ark., 2018)

Çok seanslı apeksifikasyon tedavisinde KH uygulanan immatür daimi dişlerde başarı oranının %74-%100 aralığında olduğu bildirilmiştir (Kerekes ve ark., 1980; Sheehy, 1997; Dominguez Reyes ve ark., 2005). Geleneksel apeksifikasyon tedavisinde kalsifiye tıkaçın 3-24 aylık sürede oluştuğu görülmüştür (Frank 1966; Steiner ve ark., 1968; Kleier, 1991; Sheehy, 1997; Dominguez Reyes ve ark., 2005). Bu tedavi şekli, uzun sürmesi nedeniyle hem hastanın hem de ebeveynin uyumunu gerektirir (Sheehy, 1997). En sık görülen komplikasyon, dişin servikal kısmındaki duvarların ince olması nedeniyle oluşan servikal kök kırıklarıdır (Cvek, 1992). Kalsiyum hidroksitin uzun süreli uygulamadan sonra kök kırılma riskini önemli ölçüde artırabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle olgunlaşmamış dişlerde kırılma riskini azaltmak amacıyla apikal bariyer oluşumu için gereken sürenin en aza indirilmesi tavsiye edilir (Andreasen ve ark., 2002; Rosenberg ve ark., 2007). Çok seans apeksifikasyon tedavisinde KH kullanımına bağlı dezavantajlardan ötürü yapılan birçok çalışmada apeksin sızdırmaz biyomateryal ile kapatılarak tedavi edilmesi için tek seans apeksifikasyon tedavisi ileri sürülmüştür. MTA; uygun mekanik özellikleri, biyouyumluluğu, biyoaktivitesi ve daha iyi klinik sonucu nedeniyle tek seans apeksifikasyonunda kullanımı önerilmiş ve kalsifik doku oluşumunu indükleyerek apikal tıkaç oluşturduğu belirtilmiştir (Shabahang ve ark., 1999).

1.2.2.2.2. Tek Seanslı Apeksifikasyon

Tek seans apeksifikasyon protokolünde, devital immatür daimi dişlerin kök kanal tedavisinin apikal alanın sızdırmaz biyomateryal ile tıkaç oluşturabilecek şekilde tek seansta sonlandırılmasıdır (Jyothi, 2012). Mineral trioksit agregatı (MTA), kök kanal sistemi ile dişin dış yüzeyi arasındaki bağlantıyı kesmek için geliştirilmiş ve tek seans

apeksifikasyon tedavisinde kullanılmıştır (Torabinejad ve ark., 1995; Bakland, 2012). Tek seans MTA apeksifikasyonu geleneksel $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tedavi yöntemine kıyasla randevu sayısının az, hasta uyumunun fazla, iyileşme oranının yüksek ve kök kırığı riskinin düşük olması gibi birçok avantaja sahiptir (Jeeruphan ve ark., 2012; Damle SG ve ark., 2012;).

MTA içerik olarak; bizmut oksit, portland çimentosu ve düşük miktarda potasyum sülfat (K_2SO_4), sodyum sülfat (Na_2SO_4), silisyum dioksit (SiO_2), magnezyum oksit (MgO), kalsiyum oksit'ten (CaO) oluşmaktadır (Camilleri ve ark., 2005, Dammaschke ve ark., 2005, Sarkar ve ark., 2005). Portland çimentosu MTA'nın ana yapısını oluşturarak; tetrakalsiyum alüminoferrit, alçıtaşı, trikalsiyum aluminat, dikalsiyum silikat ve trikalsiyum silikat içermektedir (Camilleri ve ark., 2005; Dammaschke ve ark., 2005; Sarkar ve ark., 2005). MTA, suyla temas ettiğinde sertleşen ince hidrofilik parçacıklardan oluşan bir tozdur (Torabinejad ve ark., 1993; Shojaee ve ark., 2015). MTA ile kıyaslandığında Portland çimentosunun çözünürlüğü daha düşük olup, daha az radyopak ve daha az yüzey sertliğine sahiptir (Danesh ve ark., 2006).

MTA; apikal retrograt dolgu uygulamasında, perforasyonların tamirinde, apeksifikasyonda ve pulpa kuafajında kullanılan biyouyumlu bir materyaldir (Torabinejad ve ark., 1993; Torabinejad, 1999). Araştırmacılar tarafından yapılan farklı çalışmalarda, %81-100 aralığında başarılı sonuçların görüldüğü tedavinin MTA kullanılan tek seans apeksifikasyon yöntemi olduğu bildirilmiştir (Simon ve ark., 2007; Pace ve ark., 2007; El-Meligy, 2006, Witherspoon ve ark., 2008). Ek olarak klinik ve radyografik kontrolde MTA ile tek seans apeksifikasyon yönteminin başarısını gösteren birkaç vaka raporu vardır (Kusgoz ve ark., 2009; Chang ve ark., 2013; Erdem ve Sepet, 2008; Lee ve ark., 2015).

İmmatür daimi dişlerde kullanılan endodontik tedavi yöntemlerinin avantajlarının yanısıra, kök dentininde preparasyon sonucu daha da incelen kök duvarlarının kırılma direncinin düşmesi ve sonuç olarak kök kırıklarının oluşması gibi dezavantajları vardır.

1.3. Endodontik Tedavi Sonrası Kırılma Direnci ve Ölçümü

Kanal tedavisi uygulanmış dişlerde su kaybına bağlı olarak dentin sertliğinde azalma olduğu ve (Soares ve ark., 2008; Zamin ve ark., 2012) dentinin, kırılmaya karşı direncinin düştüğü bildirilmiştir (Attin ve ark., 2003).

Kırılma direncinin ölçüldüğü çalışmalarda kullanılan test ekipmanı hidrolik ve elektromekanik olabilir. Hidrolik sistemlerde bir pompa yardımıyla silindir piston mekanizmasının içine belirli bir hızda yağ basılır ve bu yağ pistonu kaldırarak örnek üzerine kuvvet uygulanmasını sağlar. Kırılma sırasında elde edilen son kuvvet değerleri dijital ortama aktarılarak bir bilgisayar programı ile kayıt altına alınır. Elektromekanik sistemlerde motor ve sonsuz dişli mekanizmalar bulunmaktadır. Bu mekanizma yardımıyla belirli bir eksende uygulanan kuvvet, kırılma anında ölçülerek kaydedilir. Her iki sistemde de yük hücresi aracılığıyla kuvvet ölçümü elde edilir (Birbil, 1997).

Endodontik tedavi sonrası kırılma direncinin ölçüldüğü çalışmalarda çoğunlukla Universal Test Cihazı (UTC) kullanılmıştır. UTC, belirli bir eksen üzerinde kontrollü bir hızda bir kuvvet uygulayarak araştırma için hazırlanan örneklerin kırılma direncini ölçer (Hemalatha ve ark., 2009; Wilkinson ve ark., 2007; Özçopur ve Arı, 2007; Hammad ve ark., 2007).

Kırılma dayanımı testinde hazırlanan örnekler, yerleştirilecekleri yuvanın şekline uygun olarak kuvvet uygulanacak yüzey açıkta kalacak şekilde akrilik bir kalıp içine gömülmektedir. Bu işlemin ardından, test cihazına yerleştirilen örneğe, belirlenmiş bir ekseninde, kontrollü bir hızda, bir uç yardımıyla kuvvet uygulanır. Uygulanan kuvvetin hızı, mm/dk olarak ayarlanır. (Wilkinson ve ark., 2007; Stuart ve ark., 2006). Kuvvetin uygulanmasında kullanılan uçlar; künt, bıçak sırtı veya keski şeklinde olabilir. Basınç kuvvetlerine dayanımın test edilebildiği cihazlarda, kuvvet dişe dik gelecek şekilde veya açı vererek uygulanabilmektedir (Ausiello ve ark., 1997; Wendt ve ark., 1987). İncelenen diş örneğinin kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) test cihazındaki yük hücresi aracılığı ile ölçülerek Newton (N) veya Megapascal (MPa) olarak kaydedilir (Wilkinson ve ark., 2007; Özçopur ve Arı, 2007; Hammad ve ark., 2007).

1.4. İmmatür Daimi Dişlerde Kırılma Direncini Etkileyen Faktörler

Endodontik tedavi görmüş dişlerin vital dişlere kıyasla kırılmaya daha meyilli ve dayanıksız olduğuna inanılmaktadır. Endodontik tedavi görmüş dişlerin dayanıklılığını birçok faktör etkilemektedir. Diş çürüğü veya travmaya bağlı diş yapısının kaybı, dentin dehidratasyonu, giriş kavitesi hazırlığı, kök kanal preparasyonu ve irrigasyonu, kök kanal dolgusu sırasında aşırı basınç ve intraradiküler post boşluğun hazırlanması bu faktörlerden bazılarıdır (Reeh ve ark., 1989). Endodontik tedavinin temel görevi, kök kanalında kullanılan biyomekanik hazırlık, kimyasal irrigasyon ve çeşitli ilaçlar yoluyla mikroorganizmaları ve bunların atıklarını kök kanal sisteminden uzaklaştırmaktır (Byström ve ark. 1985). Biyomekanik preparasyon, irrigasyon ve kanal içi ilaç uygulamasından sonra enfekte kök kanalında mikroorganizma varlığı önemli ölçüde azalır. Kanal içi dezenfeksiyonda kullanılan NaOCl, ozon ve fotoaktive dezenfeksiyon sistemleri, dentinin kimyasal kompozisyonu ve mikrosertlik gibi mekaniksel özelliklerinde değişimlere neden olabilir ve dişin kırılma direncini etkileyebilir (Seghi, 1992).

Dentin kalınlığı, dişlerin kırılmaya karşı direncini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. İmmatür daimi dişler düşük dentin kalınlığına, açık apekse, geniş dentin tübülleri ve pulpa boşluğuna sahip olduğundan kök kanal tedavisi sonrası kırılmaya karşı hassas olurlar ve sonuçta kırılma direnci azalmış olur (Saha et al., 2017). Doku kaybı, dentinin oklüzyona veya dış travmaya karşı esnekliğini ve direncini etkileyerek kırılma direncini azaltır (Alçam, 2012). Kavite hazırlığı sırasında oluşan kavitenin genişliği veya biyomekanik hazırlık sürecinde kanalın aşırı genişlemesi de tedaviye bağlı faktörler olarak kendini gösterir. Bu faktörler dentinin direncini azaltmakta ve dişin kırılmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca preparasyon yöntemleri, irrigasyon solüsyonları, kanal içi medikamanlar, kanal dolgu patları ve kullanılan diğer materyaller dentinin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirebilir (Alçam, 2012).

1.4.1. Preparasyon Yöntemlerinin Kırılma Direncine Etkisi

Literatürde endodontik tedavinin dişlerde kırılma direnci üzerine olumsuz etkilerini inceleyen pek çok bilimsel çalışma mevcuttur (Sedgley ve ark., 1992; Çobankara ve ark., 2002; Wu ve ark., 2004). Her ne kadar kırılma direncini etkileyen birçok faktörden söz edilse de (diş mekanik özellikleri veya nem miktarındaki değişim, zaman ve proprioseptik faktörler vb.) diş dokusunun yapısal madde kaybının bu faktörlerin en

önemlisi olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple sağlam diş dokularının korunması esastır (Helfer ve ark., 1972; Sim ve ark., 2001; Doyon ve ark., 2005; Soares ve ark., 2007; Hood, 1991; Kishen, 2001).

Kanal tedavisine başlarken ilk aşama giriş kavitesinin açılmasıdır. Bu aşamanın diş dokusunun yapısal bütünlüğü üzerine olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir (Reeh ve ark., 1989). Giriş kavitesi açıldıktan sonra kanal preparasyonu da ilave bir madde kaybı yaratmaktadır. Yapılan çalışmalarda kanal tedavisinin en önemli adımlarından biri olan preparasyon sonrasında da kökün kırılma direncinin azaldığı bildirilmiştir (Chadha ve ark., 2010). Bu mekanizma şu şekilde açıklanmıştır; kök kanal preparasyonu sırasında kanal aleti ile dentin arasında bir temas meydana gelmektedir ve bu temas dentinde birden fazla anlık stres yoğunluğuna sebep olmaktadır (Ankrum ve ark., 2004). Bu tip stres yoğunlukları da vertikal kök kırığına sebebiyet verebilecek dentin defektleri meydana getirebilmektedir (Kim ve ark., 2009).

Kök kanal şekillendirilmesi aşamasında döner aletlerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte kanal yapısı korunarak daha kolay, hızlı ve daha az operasyonel hata ile kanal preparasyonu mümkün hale gelmiştir (Park ve ark., 2001; Hülsmann ve ark., 2005). Bununla birlikte, döner alet sistemlerinin yaygın kullanımı sonucunda vertikal kök kırıklarında artış görülmüştür. (Walton ve Torabinejad, 2002).

Döner aletlerin tasarımsal özellikleri ve üretim metotları klinik performanslarını etkilemektedir (Koch ve ark., 2002; Peters ve ark., 2004). Döner aletlerin kesme etkinliklerinin; kesit dizaynlarına, sarmal ve meyil açılarına, debris çıkarma kapasitelerine, metalurojik özelliklerine ve aletlerin aktif yüzeylerine bağlı olduğu bilinmektedir (Schafer ve ark., 2008; Hülsmann ve ark., 2005). Ek olarak farklı döner alet sistemlerinin farklı tasarımlara sahip olmaları sebebiyle temas streslerinde de farklılıklar olabileceği bildirilmiştir (Necchi ve ark., 2008). Kanal şekillendirme aşamasında meydana gelen yüksek stres yoğunluğu kanalda sapmalara ve sonuçta daha ince dentin kalınlığına sahip alanların oluşmasına neden olmaktadır. İncelen dentin dokusu apikal kırık riskinin de artmasına sebep olmaktadır (Wilcox ve ark., 1997; Versluis ve ark., 2006; Bier ve ark., 2009).

2009 yılında Bier ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, S-apex döner aletler haricindeki döner alet sistemleri ile yapılan kanal şekillendirmesi sonrasında dentin hasarı (mikrokırıklar halinde) olduğu, en fazla hasarın ise Protaper ile şekillendirilen

kanallarda olduğu ve el aleti ile yapılan şekillendirmede hiçbir hasar oluşmadığı bildirilmiştir (Bier ve ark., 2009). Bu sonuç döner aletlerin el aleti gruplarına göre daha agresif şekillendirme yaptığı sonucunu gösteren diğer çalışmaları destekler niteliktedir (White ve ark., 2002; Bier ve ark., 2009; Zamin ve ark., 2012).

2002 yılında Walton ve Torabinejad tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise; kök kanal preparasyonunun kanal aletlerinin ve irrigasyon solüsyonlarının derin penetrasyonuna izin verecek kadar geniş, ancak dış dokusunu zayıflatmayacak ölçüde de sınırlı olması gerektiği sonucuna varılmıştır. (Walton ve Torabinejad, 2002).

1.4.2. Kanal İçi Medikamanların Kırılma Direncine Etkisi

Kanal içi medikamanların kök kanallarındaki bakterileri elimine etmede önemli bir aşama olduğu düşünülmektedir. Kök kanal tedavisinin tek randevuda tamamlanamadığı durumlarda genellikle intrakanal medikamanlar önerilmiştir. Çoğu zaman randevular arasında kanal içi bakterilerin hayatta kalarak çoğalma şansı vardır (Paquette ve ark., 2007).

Kawashima ve arkadaşlarına göre, kanal içi medikaman, bakterilerin koronal invazyonunu engellemek amacıyla, biyouyumluluğu iyi olan ilaçların kök kanallarına yerleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Kawashima ve ark., 2008). İntarakanal medikaman kullanımının amacı, kök kanalındaki bakterileri yok etmek, fiziksel ve kimyasal bir bariyer oluşturarak bakteri beslenmesini engellemek ve randevular arasında bakteri üremesini ve kök kanalının tekrar enfeksiyonunu önlemektir (Aktener, 2008).

İdeal bir intrakanal medikamanda olması gereken özellikler;

- Etkili bir antimikrobiyal ajan olmalıdır
- Periradiküler dokuları tahriş etmemelidir.
- Çözelti içinde stabil kalmalıdır.
- Uzun süreli antimikrobiyal etkiye sahip olmalıdır.
- Dokuların kan, serum ve protein türevlerinin varlığında aktif olmalıdır.
- Düşük yüzey gerilimine sahip olmalıdır.
- Periradiküler dokuların onarımını engellememelidir.
- Dış yapısında renklenme oluşturmamalıdır.
- Hücre aracılı bağışıklık tepkisine neden olmamalıdır (Kumar ve ark., 2019).

Kanal medikamanları olarak günümüze kadar kullanılanlar; rezorsin, formol, polioksi metilen, kreozot, fenol, krezol, timol, ozon, ökaliptol, mentol, iyot, sodyum bioksit, gayakol, kloramin T, öjenol, trioksimetilen, trikrezol, iyodoforlar, sodyum hipoklorit, kalsiyum hidroksit ve antibiyotiklerdir (Alaçam, 2012).

Kök kanal tedavisinde kullanılan ideal bir intakanal medikamanından beklenen özelliklerin çoğunu Kalsiyum hidroksit (KH) içermektedir. Güçlü ve güvenilir bir antibakteriyel (bakterisidal) etkiye sahiptir; kök kanal sisteminde kalan doku kalıntılarını nötralize etme, çevre dokularda alkali osteogenez ortamı yaratma ve sürekli hidrojen ve oksijen salınımı gibi pozitif özelliklerinden dolayı KH'nin endodontik tedavi sırasında rutin olarak kullanılması önerilmektedir (Sjögren ve ark., 1991; Hasselgren ve ark., 1988; Staehle ve ark., 1989; Torneck ve ark., 1983; Tronstad ve ark., 1981; Foreman, 1990).

Kalsiyum hidroksit, yüksek alkalinitesi ve bakteriyel endotoksinlerin nötralizasyonu dahil bakterisidal etkileri nedeniyle kök kanal tedavisi için tercih edilen medikamandır. (Dandotikar ve ark., 2013; Siqueira, 1999; Tanomaru ve ark., 2003). Ancak yüksek alkalinitesi nedeniyle KH'nin uzun süreli kullanımı, dentinin kollajen matrisini değiştirebilir. (Andreasen ve ark., 2006; Prathibha, 2011). Bu, dentin yapısının organik desteğini azaltarak dentinin mekanik özelliklerini olumsuz etkiler ve ikincil yaralanmalarda dişlerin kırılma olasılığını artırır (Andreasen ve ark., 2006). KH'in kök kanalında kalma süresinin uzunluğu; KH'in etkinliğini hidroksil iyonlarının dentinin içine yeterli konsantrasyonlarda difüzyonuna bağlı olarak etkileyebilir ve minimum sürenin 2-3 hafta olması önerilmektedir (Siqueira, 1999; Tanomaru ve ark., 2003).

Uzun dönem kalsiyum hidroksit kullanımı hidroskopik ve proteolitik aktivitesinden dolayı kök dentinini kırılgan hale getirir ve kök kırığı riskini artırır (Huang, 2009; Jyothi, 2012; Aggarwal ve ark., 2012). KH uzun süre kullanımı dişlerin kırılma dayanıklılığını anlamlı derecede azaltmaktadır (Andreasen ve ark., 2002; Andreasen ve ark., 2006). Andreasen ve arkadaşları uzun dönem KH kullanımının gelişimi tamamlanmamış kökleri zayıflattığını ileri sürmüşlerdir ve bir yıl boyunca kanal içi kalsiyum hidroksit uygulanmasının immatür köklerin kırılma dayanıklılığını %50'ye kadar azalttığını göstermişlerdir (Andreasen ve ark., 2006).

Cvek bir retrospektif klinik çalışmasında servikal kök kırığı oranının kök gelişim evresine bağlı olduğunu göstermiştir (Cvek, 1992). Çoğu kırık uzun süreli kalsiyum hidroksit tedavisinin başlamasından itibaren 3 yıl içinde izlenmiştir. En az kök gelişimi olan dişlerde servikal kök kırığı oranı %77 iken en fazla kök gelişimi görülen dişlerde bu oran %28'dir. Cvek, kanal tedavili immatür dişlerde meydana gelen servikal kök kırıkları ile servikal rezorpsiyon defektleri (en düşük dayanıklılık bölgesi) arasında önemli ilişki olduğunu göstermiştir (Cvek, 1992; Stuart ve ark., 2006; Unal ve ark., 2014).

1.4.3. Kanal Dolgu Patlarının Kırılma Direncine Etkisi

Kök kanal dolgu patlarının kanal dentinine bağlanma özellikleri ve antibakteriyel etkilerini arttırılabilmek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde kök kanallarının doldurulmasında sıklıkla geleneksel gutta-percha ve kök kanal dolgu patları (KP) kullanılmaktadır. Adeziv sistemlerdeki gelişmelerle birlikte kanal dentinine bağlanma, apikal sızıntıyı önleme, monoblok oluşturma, koronal sızıntının önüne geçme ve diş dokusuna dayanımının arttırılması hedeflenmektedir (Alaçam, 2012).

Kanal tedavisinin son aşamasında kanalların KP ile doldurulmasının amaçları; kor materyali olan gutta-percha ile dentin duvarları arasındaki boşlukları, kor materyallerinin birbirleri arasındaki boşlukları, kanaldaki düzensiz alanları, isthmus kanalları ve apikal alanadaki olabilecek dallanmaları doldurmaktır. Ek olarak kök kanal dolum zamanı KP, kayganlaştırıcı görevi görmektedir. Kök kanal tedavisinde kanal dolum zamanı kullanılan KP'ı az miktarda kullanılsa dahi tedavi sonucunda etki gösterdiği bildirilmiştir (Leonard ve ark., 1996). Kök kanal sisteminin başarılı tedavi ile sonuçlanması için sızdırmaz ve tümüyle doldurulması en önemli unsurlardan biridir. Ancak ki klinikte bulunan gutta-percha ve KP ile başarılı sonuç elde edilmesi çok zordur. KP veya rezininin kök kanal dentin duvarlarına iyi şekilde penetre olarak kanalları tamamen kapatması gerekmektedir (Leonard ve ark., 1996; Ahlberg ve Tay, 1998; Fujishima ve Imai, 1992).

KP'ler sıklıkla; pat/pat ya da toz/likit halinde karıştırılarak hazırlanan ve akışkan sayılabilecek bir formda kullanılan materyallerdir. KP'lerin karıştırıldıktan sonra sertleşerek son şeklini alması, ürün için belirlenmiş farklı müddetlerde olmaktadır.

Cohen'e göre kök kanal dolgu materyallerinin KP'leri ile beraber kullanılmasının en önemli amaçları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Cohen ve Hargreaves, 2006):

- KP'ler antimikrobiyal etkili ajanlar içerirler ve patların kanala yerleştirilmesinin ardından bu maddeler germisidal etki göstermektedir.
- KP, kanala yerleştirilen kor materyalleri ile kanal dentin duvarları arasında adaptasyonu sağlar ve boşlukları doldurur.
- KP, lubrikant özelliği yardımıyla gutta-percha'nın kanalda istenilen yere yerleşmesini kolaylaştırır.

Kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patları içeriklerine bağlı olarak kırılma direnci farklı etkiler gösterebilirler. Dentin yapısında bulunan hidroksiapatit ve kollajen fibril bağları, dentinin elastikiyet modülünü etkiler. Hidroksiapatit ve kollajen fibrilleri arasındaki bağlayıcı görevini, dentinin organik matris içeriğinde bulunan fosfat ve karboksilat grupları görmektedirler. Kök kanal medikamanı olarak kullanılan KH yüksek alkaliteye sahip olduğundan asidik birleşimlerin yapılarını çözerek, bozarak ya da nötralize ederek dentinin yapısını zayıflatmaktadır (Grigoratos ve ark., 2001; Andreasen ve ark., 2002). Kloroform, ksilen ve halotan içeriğine sahip KP'leri dentini yumuşatırken, öjenol içeriğine sahip olanlar sertleştirmektedir (Biven ve ark., 1972; Rotstein ve ark., 1996).

1.4.4. Post Kullanımının Kırılma Direncine Etkisi

Kök kırığı nedeniyle gerçekleşen post başarısızlıkları, postlarla yaşanan başarısızlıkların %3-10'u olarak bildirilmektedir (Cohen ve ark., 2000). Kök kırılmasına dentin ve post materyalinin elastik modülüsü farkı neden olmaktadır. Post gelen kuvvetlere karşı koymakta, rijid bir davranış sergilemektedir ve bu kuvvetleri daha az rijid olan dentine iletmektedir. Bu durum da diş dokusunda kırılmaya neden olabilmektedir. Ek olarak metal poostlarda gözlenen korozyonun da kök kırıklarına neden olduğu bildirilmiştir (Clarence, 2001). Kök kırılması restore edilemeyen bir başarısızlıktır. Özellikle vertikal kök kırıkları sıklıkla tedavi edilememekte ve dişin çekimiyle sonuçlanmaktadır. Bu kırıkların genellikle post tasarımına bağlı faktörler ve simantasyon esnasındaki hidrostatik basınca bağlı olarak gözlemlendiği bildirilmiştir (Morgano, 1993). Konik ve yivli postlar diş dokusunda en büyük stresleri yaratmaktadırlar. Yivli postlar kuvvet geldiğinde yüksek internal streslere neden olmaktadır. Post uzunluğunu arttırmak retansiyonu arttırmakta ve kök kırığına karşı

direnci arttırmaktadır. Post çapını arttırmak ise kök kırığına karşı direnci azaltmaktadır (Clarence, 2001; Standlee, 1992; Trabert ve ark., 1978).

Dentine benzer elastiklik modülüsüne sahip postlar, bükülmeye izin verebilir. Döküm postlar ve titanyum postların elastik modülüsü dentinden 8-9 kat fazladır. Seramik postların elastik modülüsü ise dentinden 15 kat fazladır. Dentin dokusu ile post materyalinin elastiklik modülüsünün uyumlu olması, stres birikimini azaltacak ve kuvvetlerin tüm ara yüze eşit olarak dağıtılmasını sağlayacaktır (Standlee, 1992).

1.4.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Kırılma Direncine Etkisi

Literatürde irrigasyon solüsyonları ve şelasyon ajanlarının dentin mikrosertliği üzerindeki etkilerini inceleyen birçok araştırma mevcuttur. İrrigasyon esnasında, irrigasyon solüsyonları dentin duvarlarının yumuşamasına sebep olabilmektedir. Bu durum kanal şekillendirilmesine yardımcı olabilmektedir (Cruz-Filho ve ark., 2002). Ancak mikrosertlik değerlerinde gözlenen bu düşüşlerin fazla olması kırılma direncini, kanal dolgu materyallerinin dentin dokusuna adezyonunu ve sızdırmaz tıkama etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Grigoratos ve ark., 2001; Perdigao ve ark., 2001).

Kök kanal tedavisinde (KKT) kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dentin dokusu üzerindeki etkinliklerini inceleyen araştırmalarda, ajanların dentin yapısının kimyasal, mekanik ve fiziksel özelliklerinin değişebileceği ve bu durumun dentinin organik ve inorganik içerikleri üzerine direkt etkilerinin olacağı belirtilmiştir (Arı, 2005; Cruz-Filho ve ark., 2001; Grigoratos ve ark., 2001; Sim ve ark., 2001).

1.5. Endodontik Tedavide İrrigasyon

Kök kanallarının etkin biçimde temizlenip şekillendirilmesinde, genişletme için kullanılan aletlerin kullanılmasına ek olarak etkili bir irrigasyonun yapılması gereklidir. Kök kanallarının etkin temizliği ancak uygun şekillendirme ve irrigasyonla başılır (Alaçam, 2012).

Kök kanallarının irrigasyonunda kullanılan solüsyonlar diş dokusunda önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlevler sağlamaktadır. Endodontik tedavinin amacı, kök kanal sisteminden tüm canlı ve nekrotik dokuları, mikroorganizmaları ve mikrobiyal yan ürünleri uzaklaştırmaktır. Bu amaca kök kanal sisteminin kimyasal ve mekanik

temizliği ile ulaşılabilir. Kök kanal sisteminin anatomisi son derece karmaşık ve değişken olup etkili temizlik ve dezenfeksiyon her zaman mümkün değildir. Kök kanalları genellikle el aletleri ve döner sistemler ile devamlı irrigasyon altında şekillendirilir (Paque ve ark., 2009).

1.5.1. Kanal İrrigasyonunun nemi

Kök kanal sisteminin preparasyonu sırasında irrigasyon uygulanmasının birçok avantajı vardır. Bunlardan bazıları (Orstavik ve ark., 1991; Alaçam, 2012; Sjögren ve ark., 1991);

- Enfekte organik doku, yumuşak ve sert doku artıkları fiziksel ve kimyasal olarak uzaklaştırılmaktadır. İrrigasyon solüsyonları organik debrisi u uzaklaştırarak mikroorganizmaların beslenmelerini güçleştirmektedir. Böylece kök kanal sistemindeki mikroorganizma sayı ve türleri azaltılmaktadır. Antibakteriyel irrigasyon solüsyonları kullanılmadığında kanal içi antibakteriyel ilaçlar uygulansa bile, yeterli asepsinin sağlanamadığı bildirilmiştir. Antibakteriyel yıkayıcı bir sıvıdan yararlanılmadığında ortadan kaldırılması gereken çok daha fazla sayıda mikroorganizma bulunmaktadır. Kök kanal genişletilmesi sırasında antibakteriyel yıkayıcı bir madde kullanıldığında enfekte kök kanallarının yarıdan fazlası bakterilerden arındırılmış duruma gelmektedir.
- Kanallar şekillendirilirken yapılan irrigasyon ile debris, pulpa dokusu ve mikroorganizmaların dentin duvarlarında tutunma yeteneği azaltılarak kanaldan daha kolay bir şekilde boşaltılabilmeleri sağlanmaktadır.
- Kök kanallarının biyomekanik preparasyonu sonrasında ulaşılamayan kanal bölümleri ve yan kanallar da irrigasyon materyali ve tekniğine bağlı olarak bir ölçüde temizlenebilmektedir.
- İrrigasyon solüsyonunun sağladığı lubrikasyon kanal aletlerinin çalışmasını kolaylaştırmaktadır. Oluşan ıslatma ile işlemsel hatalar azalırken; aletlerin üzerinde biriken dentin talaşlarının aletin kesme etkinliğini olumsuz etkilemesinin önüne geçilmekte ek olarak debrisi u oluşan tıkanmalar ve apikal taşma riski de azalmaktadır. Bu sayede akut enfeksiyon olasılığı da azaltılmaktadır.

- İrrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırması sonucunda antiseptik medikamanların dentin tübülleri içerisine yayılmaları kolaylaşmaktadır. Böylece kök kanal tedavisinde kullanılan medikamanların etkinlikleri artırılmaktadır.
- İşlemler irrigasyon solüsyonu ile dolu bir ortamda gerçekleştirildiğinde dentin talaşları pulpa odasına doğru yükselir ve suctionla veya paper pointlerle kolayca alınır. Talaşların kanalın apikalinde birikmesi ve tıkanma yaratma ihtimali azalmaktadır.
- İrrigasyon solüsyonlarının dişleri ağartma özellikleri mevcuttur. Bu durum kanal tedavisinden sonra dişlerin doğal renklerini yitirmelerini önemli ölçüde engellemektedir.
- Eğelerin kanal dallanmalarına tam olarak uymaları oldukça güç olduğundan irrigasyon solüsyonlarının eritici özellikleri geride kalan yumuşak dokuyu aradan kaldırarak tam bir temizleme sağlamaktadır. Bu sayede dolgu maddesi de bu bölgelere daha uygun olarak yerleştirilebilmektedir.

Kök kanal sisteminin irrigasyonu, kök kanal sisteminin hazırlanmasında ve dezenfeksiyonunda kritik bir adımdır. Canlı veya nekrotik pulpa dokusunun, mikroorganizmaların ve mikroorganizma toksinlerinin kemomekanik debridman yoluyla giderilmesi kök kanal tedavisinin başarısı için esastır. Kanal içi medikaman tedavisinin antimikrobiyal etkinliği ve tedavideki değeri konusunda tartışma olsa da enfekte kök kanallarındaki mikrobiyal yükü azaltmada irrigasyonun önemi söz konusu olduğunda böyle bir tartışma kabul edilemez (Peters ve ark., 2002; Shuping ve ark., 2000; Weiger ve ark., 2000).

Enstrümantasyonun bakterileri kök kanal sisteminden tek başına atması pek mümkün değildir (Byström ve ark., 1981; Dalton ve ark., 1998). Kök kanal sistemini tamamen şekillendirmek ve temizlemek kök kanal anatomisinin karmaşık yapısından dolayı çok zordur. Kanal kıvrımları, isthmus ve ulaşılması zor alanlara enstrümantasyon teknikleriyle genellikle ulaşamamaktadır. İn vivo çalışmalarda, paper pointlerle yapılan örneklemede enstrümantasyon ve irrigasyonun kanalların %50-70'ini bakterilerden arındırdığı gösterilmiştir (Byström, 1983; Shuping ve ark., 2000; Sjögren ve ark., 1997; Sjögren ve ark., 1991).

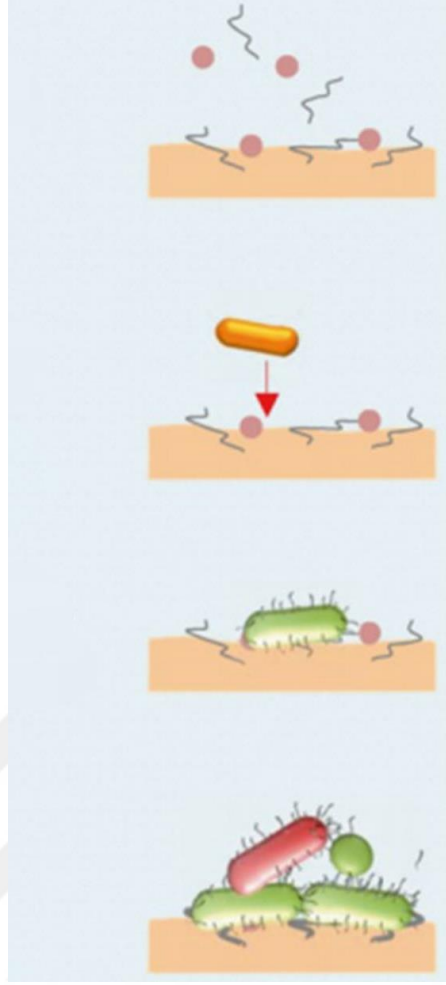
1.5.2. Mikrobiyal Biyofilm Oluşumu

Geçmişte, çeşitli irrigasyonlar ve bunların antimikrobiyal etkilerini değerlendirmek için sayısız in vitro çalışmalar yapılmıştır. Gerçekte kök kanal enfeksiyonlarının modern anlayışı, çok daha karmaşık olan biyofilmlere dayanmaktadır (Nair ve ark., 2005; Ricucci & Siqueira, 2010).

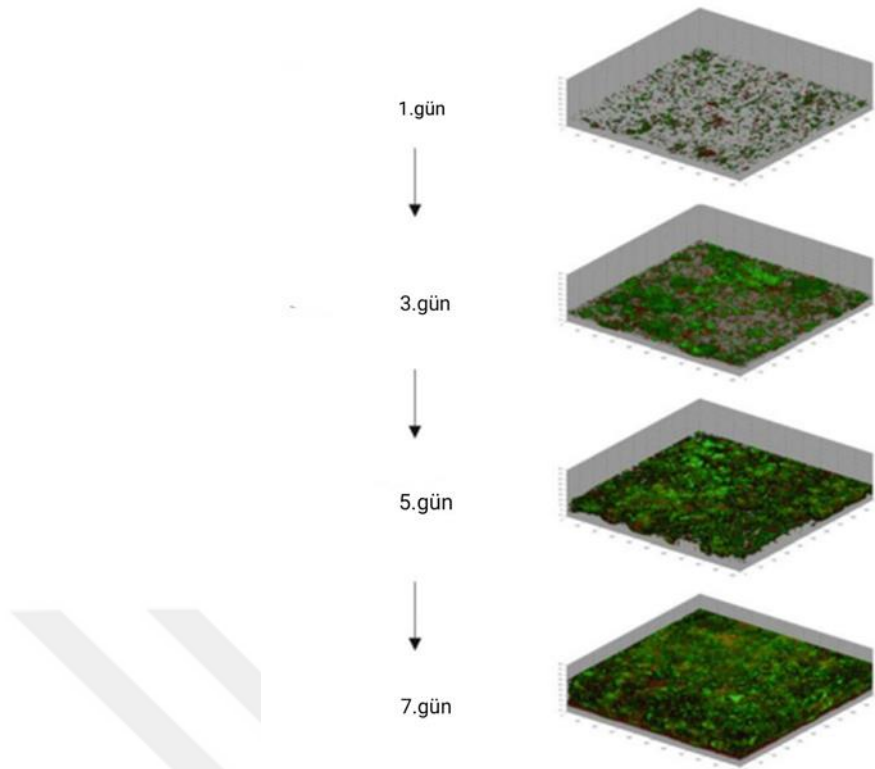
Bakteri, doğada serbest hücreler (plankton) olarak bağımsız veya biyofilm adı verilen organize mikrobiyal topluluk yüzeyine bağlı yaşayabilir. Biyofilm, hücreleri birbirine bağlayan, kendiliğinden üretilen, hücre dışı matrikse gömülü mikroorganizmalardan oluşmaktadır (Costerton ve ark., 1995; Costerton ve ark., 1999; Hall-Stoodley ve ark., 2004). Bu konuda yapılan araştırmaların ardından, biyofilm oluşumunun, hücrenin yüzeye bağlandığında başlayan ve çevresel koşullara cevap olarak düzenlediği gelişimsel bir süreç olduğu tespit edilmiştir (Hoiby ve ark., 2010).

Oral bakterilerin en önemli özelliklerinden biri, diş plağı olarak bilinen kompleks biyofilm toplulukları oluşturmalarıdır. Oral biyofilm oluşumu, sadece ağız boşluğundaki bakterilerin tutulmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda artarak çoğalmasına neden olur (Hope & Wilson, 2006; Huang, 2011). Kök kanallarında biyofilm oluşumu, çekilmiş periapikal lezyonlu dişlerin incelenmesi ile doğrulanmıştır (Ricucci & Siqueira, 2010). Örneğin, transmisyon elektron mikroskobu ile incelendiğinde, duvarlar boyunca hücre dışı matris içine gömülü yoğun koklar ve çubuklar gözlenmiştir; (Nair, 1987), taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan çalışmalar kök kanal duvarlarında kok, çubuk ve filamentlerin mikro kolonilerini belgelemiştir (Molven ve ark. 1991; Demirci ve ark. 1995; Svensater ve ark. 2004). Biyofilm büyüme modu, konak savunmasına karşı direnç sağlar ve biyofilm içerisinde, hücrelerin antibiyotik ve biyositlere karşı oldukça dirençli alt popülasyonları oluşturulmuştur (Chávez de Paz ve ark., 2010; Clegg ve ark., 2006; Dunavant ve ark., 2006; Larsen, 2002).

Bakteriyel biyofilm oluşumu, bir hücre bir yüzeye bağlandığında başlayan gelişimsel bir süreçtir. Mikrobiyal biyofilmlerin oluşumu iki ana bölüme ayrılabilir: birkaç basamak içerir: (a) hücrelerin substrat ile ilk etkileşimleri ve (b) biyofilmin büyümesi ve gelişimi (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Biyofilm oluşumunun ilk aşamaları Planktonik hücrelerin kaplanmış substratlarla ilk hücrel etkileşiminin genel yaklaşımlarını gösteren şematik. İlk aşamada, çevre elemanlarıyla temiz bir yüzey kaplanır. İkinci aşamada, kaplanmış yüzeye yaklaşan planktonik bir hücre, yüzey algılaması olarak bilinen bir dizi düzenleyici mekanizmayı ayarlayarak yapışmayı başlatır. Bir sonraki aşamada geri dönüşümsüz adezyon, pili, flagella gibi spesifik hücre bileşenlerinin birleşmesiyle oluşur. Son olarak, diğer organizmalar ile birlikte yapışma, belirli türler arası etkileşimli mekanizmalar ile sağlanır (Davey ve ark., 2000).



Şekil 1.2. Biyofilm gelişme ve olgunlaşma aşamaları; $\times 100$ büyütmede yeniden oluşturulan üç boyutlu biyofilm görüntüleri gösteren görüntü bölümleri. Biyofilmler Live / Dead boyası ile boyanarak, canlı ve ölü bakterilerin sırasıyla yeşil veya kırmızı görünmesine neden olmuştur. 3D görüntüler, sırasıyla 1, 3, 5 ve 7 günlük gelişimde oral bakteriler tarafından biyofilm oluşumunun konfokal (eşodaklı) görüntülerini göstermektedir. Üstteki görüntü 1. günde biyofilm büyümesinin ilk aşamasını gösterir; ikinci ve üçüncü görüntüler sırasıyla 3. ve 5. günlerde biyofilm oluşumunun sonraki aşamalarını göstermektedir. Alttaki görüntü, 7. günde biyofilm oluşumunun dördüncü aşamasını gösterir. Zarar görmüş organizmalar kırmızı, zarar görmemiş organizmalar yeşil görünür (Johnsaon ve ark., 2002).

Biyofilmin ilk oluşumunda flagella ve pilus gibi bakteriyel yüzey yapıları ile yapılan spesifik etkileşimler de önemlidir. Bir sonraki adım, hücrenin substrata yapışmasından sonra geri dönüşümsüz hale gelmesidir. Bu, iki yüzey arasındaki itici kuvvetlerin üstesinden gelen yüzey uzantılarından ve hücreler tarafından salgılanan yapışkan ekzopolimerlerden kaynaklanmaktadır. Hidrofilik ekzopolimerler karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. (De la Fuente-Núñez ve ark., 2013).

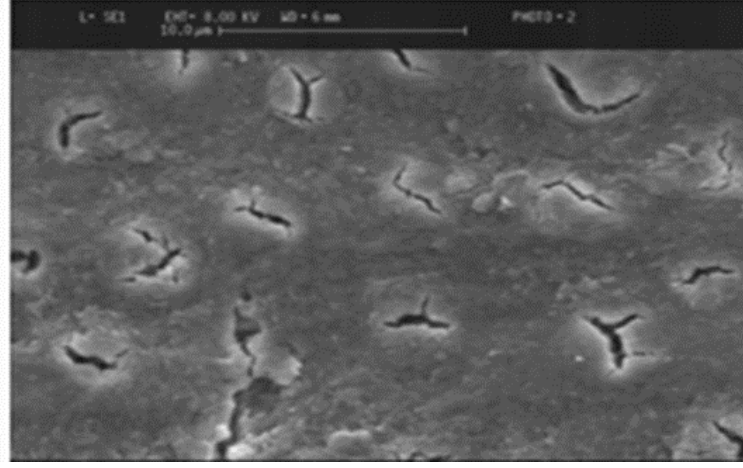
Biyofilm oluşumunun ikinci kısmı büyüme ve gelişimi içerir. Biyofilm gelişimi, hücrelerin kopyalanması sonucunda ilave olarak biyofilme yapışan hücreler ile oluşur (Jenkinson & Lappin-Scott, 2001). Bu, birçok mikroorganizmanın birbirine yapışmadığı ve aktif olan topluluklarla etkileşime girdiği genel bir dinamik süreçtir. Sonuç olarak, büyüme sırasında bazı hücreler zamanla biyofilmden ayrılmaktadır (Bowden ve Hamilton, 1998; Gilbert ve ark., 1993).

1.5.3. Kök Kanallarında Gelişen Biyofilmler

Yüzeye bağlı mikrobiyal topluluklar, ağızdaki oral bakteriler tarafından kolonileşme ve tutunmanın ana şekli olduğundan, mine ve sement yüzeylerini kolonize eden topluluklarla aynı özelliklere sahip biyofilmlerin kök kanallarında da oluştuğunu varsaymak doğru olacaktır. (De Paz ve ark., 2007). Mikroorganizmaların, kök kanallarının tüm dentin duvarı boyunca yapışarak kolonileştiği bulunmuştur. Bu mikroorganizma kümelenmelerinin, kompleks apeks anatomilerinin ve aksesuar kanalların iç duvarlarına yapışık olduğu gözlenmiştir. (Ramachandran Nair, 1987; Ricucci & Siqueira, 2010). Biyofilm toplulukları, mekanik uzaklaştırmanın ve antimikrobiyal etkilerin erişemeyeceği yüzeyler üzerinde oluştuğunda, kalan nekrotik dokulardan ve konakçının ürettiği proteinlerden beslenmelerine devam ederek varlıklarını sürdürmektedirler.

1.5.4. Smear Tabakası

Kök kanal tedavisinde biyomekanik preparasyon aşaması; pulpa dokusunun, nekrotik debrislerin, predentin ve tüm enfekte yüzeyel dentin tabakalarının uzaklaştırılması olarak özetlenebilir. Smear tabakası kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında uzaklaştırılan dentin talaşlarının, kanaldaki diğer artık içeriklerle birleşmesi ve dentin yüzeyini kaplamasıyla oluşur. Kök kanalı dentin duvarlarında yapılan SEM (scanning electron microscope) analizlerinde ideal şartlarda hazırlanmış kanallarda bile yoğun smear ve debris tabakalarının varlığı gösterilmiştir (Eick ve ark., 1970). Smear tabakanın oluşumu fizikokimyasal bir olaydır. Dentin dokusundaki kesim, aşındırma, eğeleme gibi işlemler sonucunda yüzeyde parçalanan organik veya inorganik elemanların birleşimiyle smear tabakası meydana gelmektedir. Kesme, aşındırma yapan aletlerin kanal duvarlarına temas etmediği bölgelerde böyle bir tabaka görülmemektedir. Smear tabakası; pulpa doku kalıntıları, bakterileri, dentin ve nekrotik kalıntıları, organik ve inorganik bileşenleri içeren yapıya sahiptir (Pashley, 1992).



Şekil 1.3. Kök kanal dentin tübüleri üzerinde smear tabakası (Basrani, 2015)

Smear tabakasının kalınlığının ayrı bölgelerde farklı olduğu, ancak genelde 0,5-15 μm kalınlığında organik ve inorganik dentin talaşları karışımından oluşan bir tabaka olduğu ileri sürülmüştür (Eick ve ark., 2004). Partiküllerin mineralize fibrillerden de kaynak alan yaklaşık 0,05-0,1 μm çapında minik küresel alt birimlerden meydana geldiği bildirilmiştir. Tabakanın kalınlığı kesici enstrümanların tipine, keskinliğine ve dentinin kuru veya nemli olarak eğelenmiş olmasına bağlıdır. Gates Glidden veya özel post yuvası açan frezler, el aletlerine göre hacim olarak daha fazla ve dirençli bir smear tabakası oluşturmaktadır (Alaçam, 2012).

Smear tabakası yüzeysel smear ve dentin tübüllerine giren smear olmak üzere iki bölümdür. Tübüllere giren bölümün yaklaşık 40 μm 'ye kadar ulaşabildiği belirlenmiştir. Bu tübüler birikimin frezlerin ve endodontik aletlerin çalışması nedeniyle olduğu ileri sürülmüştür. (Alaçam, 2012)

Smear tabakanın morfolojik özellikleri, fizyolojisi, patolojisi, mikrobiyolojisi, dolgu maddelerinin tutuculukları üzerine etkisi ve kaldırılması ve fiksasyonu üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Her ne kadar smear tabakasının bakteri ve ürünlerine karşı bir engel oluşturarak, bakterilerin dentin tübüllerine doğru ilerlemesini durdurduğu ileri sürülse de (Michelich ve ark., 1980, Pashley ve ark., 1981, Safavi ve ark., 1990) bazı araştırmacılar yapışkan bir yapısı olan smear tabakasının, bakteri barındırabilme ve geçirgenliği sebebiyle kök kanal duvarının yüzeyinden tamamen kaldırılması gerektiğine inanmaktadır (Mader ve ark., 1984; Cameron 1987a; Meryon ve ark., 1990). Smear tabakası bakteriler için kesin bir engel değildir. Bazı bakterilerle oluşturulan proteolitik enzimlerin smear tabakayı parçalaması sonucu dolgu materyali

ile kanal duvarı arasında aralık meydana gelebilir. Bu durumun diğer bakterilerin sızmasına ve ürünlerinin kanalcıklara ve periapikal dokulara geçmesine neden olabileceği ileri sürülmüştür (Alaçam ve ark., 2012). Bunun yanında smear tabakasının varlığı sodyum hipoklorit, kalsiyum hidroksit ve diğer kanal dezenfeksiyon ajanlarının dentin tübüllerine nüfuz etmesini önleyerek dezenfeksiyonu sınırlamaktadır (Meryon ve ark., 1990).

İrrigasyon solüsyonlarının antimikrobiyal etkinliğini değerlendiren çalışmalarda sıklıkla dentinde yüzeyel dezenfeksiyon göz önüne alınmıştır. Dentinin derin tabakalarındaki bakteri varlığı dikkate alındığında ise ilaçların total inhibisyonu gözlenmese de smear tabakasının uzaklaştırılmasının kanal dezenfeksiyonunun sağlanmasında önemli rol oynadığı gösterilmiştir (Ørstavik & Haapasalo, 1990). Bu sebeple irrigasyon solüsyonlarının antimikrobiyal etkinlikleri değerlendirilirken antimikrobiyal özellikler yanında smear tabakasına olan etkileri ve enfekte dentin tübüllerine yayılabilmeleri de oldukça önemlidir. Bununla beraber günümüzde hemen hiçbir irrigasyon solüsyonu tek başına kullanıldığında tüm özellikleri bir arada taşımamaktadır (Alaçam, 2012).

Smear tabakasının korunması veya uzaklaştırılması sorunu tartışılırken bazı araştırmalar, kaldırılmasına odaklanırken, bazıları da apikal ve koronal mikro sızıntı, bakterilerin tübüllere penetrasyonu ve kök kanal materyallerinin adaptasyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir (Drake ve ark., 1994; Shahrava ve ark., 2007; Williams ve ark., 1985; Meryon ve Brook 1990; White ve ark., 1987; Gençoğlu ve ark., 2003a; Gutmann, 1993).

Smear tabakasının kaldırılmasını destekleyen araştırmacılar şunları belirtmiştir:

- Belli olmayan kalınlık ve hacme sahiptir, çünkü büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır (Cergneux ve ark., 1987).
- Bakterileri, yan ürünleri ve nekrotik dokuları içerir (McComb ve ark., 1975; Goldberg ve Abramovich, 1977; Wayman ve ark., 1979; Cunningham ve Martin, 1982; Yamada ve ark., 1983). Bu bakteriler çoğalarak dentin tübüllerinde sayılarını arttırabilirler (Brännström ve Nyborg, 1973; Meryon ve ark., 1990).
- Bakteriler substrat olarak kullanılabilir ve bu da dentin tübüllerinde daha derine nüfuz etmelerine izin verir (George ve ark., 2005).

- Dezenfekte edici maddelerin optimum penetrasyonunu sınırlandırabilir (Yamada ve ark., 1983).
- Kök kanal dolgu materyalleri ve kanal duvarı arasında engel görevi görebilir ve bu nedenle tatmin edici bir sızdırmazlığın oluşumunu tehlikeye atabilmektedir. Smear tabakası kaldırıldığında AH26 gibi kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine yayılarak sızdırmaz birleşme gösterdiği bildirilmiştir (White ve ark., 1987). Lester ve Boyde, smear varlığında çinkooksit öjenol esaslı kök kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine giremediğini tespit etmiştir (Lester ve Boyde, 1999). Başka bir çalışmada, White ve arkadaşları, kanal dolgu malzemelerinin smear tabakası kaldırıldığında dentin tübüllerine girdiğini gözlemlemiştir (White ve ark., 1987). Pashley ve Depew (1986), sınıf 1 boşluklarla deney yaparken, smear tabakasının kaldırılmasından sonra mikrosızıntının azaldığını, ancak tübül geçirgenliğinin arttığını bildirmiştir. Kök kanal dolgusunda; smear tabakasının kaldırıldığı gruplarda, smear tabakasının kaldırılmadığı gruplara göre daha az koronal sızıntı olduğu bildirilmiştir (Saunders ve ark., 1992).
- Çamurumsu bir yapıdır ve kök kanal dolgusu ile diş duvarları arasında sızıntı ve bakteriyel geçiş için potansiyel bir yol görevi görür (Meryon ve ark., 1990).

1.5.5. İdeal İrriganın Özellikleri

İdeal irrigasyonun özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bakterisidal, mikrobisidal ve fungisidal etkiye sahip olmalı,
- Eğeleme sırasında lubrikasyon yapabilme yeteneği olmalı,
- Organik dentin dokularını (pulpa dokusu, kolajen ve biyofilm) çözebilmeli,
- İnorganik dentin dokularını çözebilme özelliğine sahip olmalı,
- Periapikal dokuları irrite etmemeli,
- Solüsyon stablitesi olmalı,
- Kullanımdan sonra uzun süreli ve sürdürülebilir antibakteriyel aktiviteye sahip olmalı,
- Kan, serum ve doku protein ürünlerinin bulunduğu bir ortamda aktivite göstermeli,
- Smear tabakasını tamamen kaldırabilme özelliği taşımalı,
- Düşük yüzey gerilimine sahip olmalıdır.
- Dentin ve dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu sağlamalı,
- Periapikal doku iyileşmesine etki etmemeli,

- Diş dokularında renklenme yapmamalı,
- Diş dokularını zayıflatmamalı,
- Hücre aracılı bağışıklık tepkisini tetiklememeli,
- Dişin periferik doku hücrelerinde antijenik, toksik veya kanserojen etki etmemeli,
- Açığa çıkan dentinin fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz etki oluşturmamalı,
- Kanal dolgu malzemelerinin sızdırmazlık yetenekleri üzerinde olumsuz etki etmemeli,
- Uygulama kolaylığı ve düşük maliyete sahip olmalı ve
- Raf ömrü uzun olmalıdır (Agrawal Vineet ve ark., 2014).

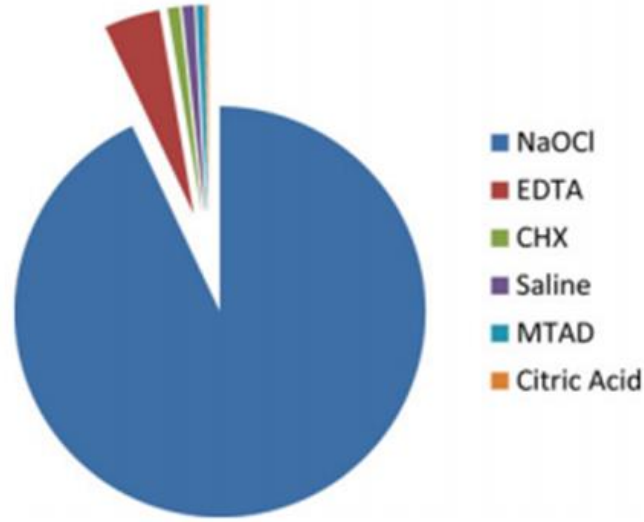
1.5.6. İrrigasyon Solüsyonları

Kök kanallarında bulunan tüm artıkların uzaklaştırılması amacıyla çeşitli irrigasyon solüsyonları ve teknikleri kullanılmaktadır. Alkalen solüsyonlar, asitler, şelasyon ajanları, proteolitik enzimler, oksitleyici ajanlar gibi kimyasal maddeler ve serum fizyolojik bugüne kadar kullanılan irrigasyon solüsyonları arasında sayılabilmektedir (Alaçam, 2012).

1.5.6.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Yapılan araştırmalar sodyum hipoklorit endodontide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olduğunu göstermektedir (Gopikrishna ve ark., 2013; Willershausen ve ark., 2015; Kuruvilla, 1998). Şekil 1.3.'te Amerikan Endodonti Derneğine kayıtlı endodontistlere yapılan bir ankette primer dezenfektan ajanı olarak ne kullanıyorsunuz sorusunun cevabı görülmektedir. Sodyum hipoklorit, etkili bir antimikrobiyal ve proteolitik ajan, mükemmel organik doku çözücü, oldukça hızlı etkili bir lubrikanttır. NaOCI hem oksitleyici hemde hidroliz edici bir maddedir. Ticari sodyum hipoklorit çözeltileri kuvvetli alkalindir, hipertoniktir ve genellikle %10-14 oranında nominal konsantrasyonlarda klorin içerir (Leonardo ve ark., 1999; Ohara ve ark., 1993; Estrela ve ark., 2002).

PRİMER İRRİGASYON AJANI



Şekil 1.4. Dünya çapında yapılan araştırmalar sonucunda diş hekimlerinin primer irrigasyon solüsyonu tercihlerinin grafiksel gösterimi (Dutner ve ark., 2012).

NaOCI 1789’ da Javel Fransada sodyum karbonat solüsyonun içerisinde klorine gazı geçirilerek elde edilmiştir. Bu sıvı, 'eu de javelle' veya 'javel water' olarak bilinen çamaşır suyu olan zayıf sodyum hipoklorit çözeltisidir. Ancak bu yöntem çok etkili olmadığı için alternatif üretim yöntemleri aranmıştır. Bu tür yöntemlerin biri daha düşük konsantrasyonlarda klorin elde etmek için klorinli sodyum karbonattan klorinin uzaklaştırılmasıdır. %0,5’lik sodyum hipoklorit solüsyonunun 1. dünya savaşında yaraların temizlenmesi için kullanılması Dakin tarafından tavsiye edilmiştir (Basrani, 2015).

pH’ı 11 olan sodyum hipoklorit bir çözücü olarak hareket eder ve klorin açığa çıkarır. Klorinler proteinlerin amino grupları ile birleşerek kloraminleri oluşturur (kloraminasyon reaksiyonu). Kloraminler hücre metabolizmasını engeller; Klorin güçlü bir oksitleyicidir ve sülfidril grup ile dönüşerek oksidasyona sebep olur ve bu şekilde gerekli bakteriyel enzimleri inhibe eder (Basrani, 2015). Ayrıca yüksek pH sitoplazmik membran bütünlüğünde geri dönüşü olmayan enzimatik yıkımlara, hücre metabolizmasında biyosentetik değişikliklere ve lipidik peroksidasyon sonucu gözlenen fosfolipid yıkılımına neden olur (Grossman, 1941).

Organik ve yağ çözücü olan sodyum hipoklorit, yağ asitlerini çözerek yağ asidi tuzuna (sabun) ve gliserole dönüştürerek yüzey gerilimini azaltır. Amino asitleri nötralize etmek için su ve tuz oluşturmaktadır. Hidroksil iyonlarının çıkışı ile, pH değerini

azaltır. Klor suda çözünür ve bir organik maddeyle temas ettiğinde hipokloroz asit oluşur. Bir oksitleyici olarak görev alan ve HCIO kimyasal formülüne sahip olan hipokloroz asit zayıf bir asittir. Hipokloroz asit ve hidroksil iyonları aminoasit çözünmesi ve hidrolizine yol açar (Basrani, 2015).

Literatürde NaOCl'nin %0,5 ile %6 oranları arasında değişik konsantrasyonlarda kullanılabildiği belirtilmiştir. NaOCl'in hem antimikrobiyal hem de doku çözücü etkisi konsantrasyon oranı ile direkt ilişkilidir. Grossman yaptığı çalışmada %5' lik NaOCl'in pulpa dokusunu çözme süresinin 20 dakika ile 2 saat arasında olduğunu gözlemlemiştir (Estrella ve ark., 2003).

Literatürde sodyum hipokloritin antimikrobiyal etkisi için çeşitli görüşler bulunmaktadır (Retamozo ve ark., 2010). Bazı yazarlar düşük konsantrasyonda bile NaOCl'in hedef mikroorganizmaları saniyeler içinde öldürdüğünü belirtirken (Berber ve ark., 2010), bazı türlerin ölmesi için çok daha fazla zaman bekletilmesi gerektiğini vurgulayan araştırmacılar da bulunmaktadır (Currey ve ark., 1994). Happasalo ve arkadaşları, %1'lik NaOCl'nin E.feacalis'in ölümüne sebep olduğunu göstermişlerdir (Haapasalo ve ark., 2010). NaOCl irrigasyonun sürekliliği ve zamanı NaOCl'in etkinliği için önemli bir faktördür (Basrani, 2015).

Sodyum Hipokloritin Biyofilm Üzerine Etkisi

Kronik apikal periodontitisli dişlerde ve kök kanal tedavisine yanıt vermeyen dişlerde kök yüzeylerindeki biyofilmin kalınlığı gösterilmiştir. Biyofilm halinde organize olan bakteriler nekrotik pulpa boşluklarının ulaşılabilen alanlarında, kök yüzeylerinde ve semental boşluklarda bulunmuştur. Rekabetçi bir ortamda büyüyen, biyofilmlerdeki organizmalar genellikle düşük metabolizma hızına sahiptirler ve antimikrobiyal maddelere karşı çok dirençli olma eğilimindedir. Matriks içindeki negatif yüklü polimerler kuvvetli oksidan ajanları nötralize edebilir ve bu durum mikroorganizmalara penetre olmasını ve onları öldürmesini zorlaştırır. Biyofilm içindeki bakteriyel hücrelerin yakınlığından dolayı, DNA değişimi kolayca gerçekleşir ve hızla antibiyotik direnci aktarımı olur. Bu nedenle, serbest dolaşan organizmaları kolaylıkla öldüren antimikrobiyal maddeler biyofilm menşeyli aynı organizmalar üzerinde aynı etkinliği göstermemişlerdir. İlaveten, biyofilm yapısı immün savunmada yerleşik bakteriler için bir koruma sağlar. Biyofilmin bu özellikleri bazı endodontik

enfeksiyonların kronik doğası ve direncini açıklamaya yardım eder (Noiri ve ark.,2002).

Clegg ve arkadaşları NaOCl'in biyofilmler üzerindeki etkisi konusundaki yayınlarında, %6'lık NaOCl'in hem yapay biyofilmin fiziksel olarak kaldırılması hem de bakterileri öldürme yeteneğine sahip tek ajan olduğunu bildirmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlar daha fazla anti-bakteriyel olduğu için bakterilere karşı NaOCl'in doza bağımlı bir etkisi vardır. Bu, aynı zamanda NaOCl'in konsantrasyona bağı antibakteriyel doğasını gösteren önceki çalışmaların sonuçlarını teyit etmektedir (Clegg ve ark., 2006).

Sodyum Hipokloritin Dentin Üzerine Etkisi

Dentinin yaklaşık %22'si organik komponentten ibarettir. Bu organik komponentin çoğunluğunu dentinin mekanik özelliklerini sağlayan tip 1 kollagen oluşturur. Sodyum hipoklorit uzun peptid zincirlerini ve proteinlerin terminal gruplarını parçalayarak klorin açığa çıkarır. Sonuç olarak sodyum hipoklorit dentinin organik komponentinin degradasyonu yoluyla dentinin mekanik özelliklerini değiştirir (Slutzky-Goldberg ve ark., 2004).

Sığır dentini üzerinde yapılan bir çalışmada kök kanal tedavisi süresi içinde konsantre NaOCI solüsyonu dentinin biyomekanik özellikleri üzerinde istenmeyen etkilere sebep olduğu bildirilmiştir (Grigoratos ve ark., 2001). Dentin 2 saat NaOCI'e maruz kaldığında fizyolojik salin solüsyonuna göre elastik modül ve esneklik direncinin %3' den daha fazla azaldığı tespit edilmiştir (Andersen, 1992). Başka bir çalışmada, organik dentin matriksinin bozulmasından kaynaklanan dentinin mekanik özelliklerindeki değişikliklerin NaOCl solüsyonunun konsantrasyonuna bağı olduğu gösterilmiştir (Mareending ve ark., 2007). Bu değişiklikler dentinin sadece organik fazının değil inorganik fazının da özelliklerini değiştirmiştir. NaOCI konsantrasyonu ne kadar artarsa dentin üzerine zararlı etkileri o kadar artar. Bu etkilerden bazıları elastik modül ve esneklik direncinin azaltılmasıdır (Mareending ve ark., 2007).

1.5.6.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

EDTA şeklinde kısaltılmış olan etilendiamintetraasetik asit, bir aminopolikarboksilik asit olup, renksiz ve suda çözünür maddedir. $[CH_2, N(CH_2CO_2H)_2]_2$ formülüne sahip bir poliaminokarboksilik asit olan EDTA, smear tabakasının inorganik kısmını şelatlayıp çıkarabilmesi nedeniyle sıklıkla bir irrigant olarak önerilmektedir.

Endodontik tedavide kemomekanik işlemleri etkili kılmak, smear tabakayı uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak ve temizlemek amaçlarıyla kullanılmaktadır (Alaçam, 2012).

EDTA'nın toksisite düzeyi çok düşüktür ve zayıf solüsyonlar halinde hafif düzeyde iritandır. Ağır metaller alkali toprak iyonları ile birleşerek yüksek düzeyde stabil, eriyebilen metal şelatları oluştururlar. Metabolize olmadığından kalsiyumu alarak kalsiyum şelatı oluşturur (Alaçam, 2012). EDTA gibi şelatörler, kalsiyum ile stabil bir kompleks oluşturur. EDTA'nın kendi kendini sınırlandırması; ortamda bulunan tüm iyonlar bağlandığında, dengenin oluşmasına ve ek bir çözünmenin gerçekleşmemesine dayanmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003).

Birçok çalışmada kök kanal duvarlarında, %17 EDTA solüsyonunun iyi bir temizleme etkisine sahip olduğu bildirilmiştir. EDTA ve etilendiamin'in 4'e 3 oranındaki karışımının 10 mililitresinin smear tabakayı tamamen kaldırabildiği bildirilmiştir (Aktener & Bilkay, 1993). Smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından, kök kanal duvarları temizlenmiş ve dentin kanal ağzları açık olarak görülebilmektedir. Dentin kanalcıklarının ağzları peritübüler dentin çözülmesi nedeniyle büyür. Bazı çalışmalarda dentin kanalcıklarının erozyonu gösterilmiştir. EDTA'nın apikal bölüme doğru temizleme etkisi azalmakta ve bu nedenle kökün koronal ve orta üçlüsünde temizleme işlevinin daha etkili olduğu gözlemlenmektedir (Alaçam, 2012).

EDTA' nın Antimikrobiyel etkisi

EDTA sınırlı antibakteriyel etkiye sahiptir. Bu etkinin bakteri dış membranında katyon şelasyonunun meydana gelmesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir. EDTA'nın antibakteriyel özellikleri yoğunluk ve pH'sına bağlıdır (Alaçam, 2012).

EDTA inaktive edilmediği sürece kök kanallarında 5 gün boyunca etkili olabilmektedir. EDTA, Gram (-) bakterilerin hücre membranındaki katyonlarla birleşerek membran yapısını bozar. Böylece lipoolisakaritlerin açığa çıkmasına neden olur. EDTA kuvvetli bir bakterisid değildir ve gram(+) türler üzerinde bir etkisi yoktur. Bununla beraber bazı antibakteriyel bileşiklerin EDTA ile beraber kullanıldıklarında kimyasal etkinliklerinin arttığını raporlayan çalışmalar mevcuttur (McDonnell, 1999). EDTA'nın aerop bakteriler üzerindeki etkisi sınırlıyken, anaeroblar üzerinde daha etkili olduğu düşünülmektedir (Alaçam, 2012).

EDTA'nın Dentin Üzerine Etkisi

Smear tabakasının EDTA ile uzaklaştırılmasından sonra dentin geçirgenliği artmakta ve kanal dentini ile kök kanal dolgusu arasındaki sızıntıda azalma olmaktadır. Ayrıca bazı lateral kanallar da doldurulabilmektedir. SEM araştırmaları, EDTA'nın preparasyon süresince kullanımının dentin kanalcık ağzlarının açılmasını sağladığını göstermiştir. Bundan başka, EDTA kök dentin geçirgenliğinde artışa ve endodontik aletlerin etkinliğinin artırılmasına yardımcı olmaktadır (Alaçam, 2012).

EDTA solüsyonunun demineralize edici etkisinin kısıtlı olduğu görülmüştür. Çünkü her şelat molekülü, bir tek kalsiyum iyonuna bağlanabilmektedir. Bütün moleküller bağlandığında reaksiyon durur. EDTA'nın disodyum tuzu dentinde 5 dakikada 20-30µm derinlikte demineralizasyon yapabilmektedir. Şelatların etkisinin kanalın genişliğine bağlı olduğu; bu nedenle dar kanallar içine yetersiz aktif madde miktarının girebildiği görülmektedir. Araştırmacıların ortak bulgusu şelatların diş sert dokusunda demineralizasyon etkisi gösterdiği, bununla beraber kökün dar bölümlerinde etkisiz kaldıkları şeklindedir. Bu durumun yeterli madde miktarının sağlanma güçlüğü ve kök içindeki yetersiz boşlukta kullanılan madde değişiminin zorluğu nedeniyle meydana geldiğine inanılmaktadır (Alaçam, 2012).

Smear tabakası genellikle %17'lik EDTA solüsyonu ile uzaklaştırılmaktadır. Bununla beraber bu irrigasyonun yalnızca smear tabakayı kaldırmayıp, smear tabakasının altındaki dentinde de demineralizasyon yaratıp setliğini azalttığı bildirilmiştir. Bu istenmeyen miktardaki demineralizasyon, EDTA yoğunluğunun azaltılmasıyla çözülebilir. Bununla beraber düşük yoğunluklardaki EDTA ile smear tabakasının uzaklaştırılması güçtür. Çünkü EDTA hidrojen iyonu salar ve oluşan asidik ortam şelasyonu azaltır. Böylece kendini sınırlayan bir etki oluşur (Alaçam, 2012).

Kök dentininin setlik değeri 40 ile 75 kg/mm² arasındadır. Şelatların kök dentin sertliğini yaklaşık 20HV (Vickers sertliği) kadar değiştirebildiği ve en büyük farkların kök kanal boşluğuna hemen komşu dentinde oluştuğu bildirilmiştir (Pawlicka, 1982). Şelatın etkisi 5 dakika sonra görülür ve temas süresinin 3 saate uzatılmasıyla önemli bir yükseliş olmayabilir (Alaçam, 2012).

EDTA ve NaOCl Arasındaki Etkileşim

EDTA smear tabakasını tek başına uzaklaştıramaz; bunun için organik doku çözücü olan NaOCl gibi solüsyonla birlikte kullanılması önerilmektedir. EDTA normalde

%17 konsantrasyonunda kullanılır ve 1 dakika boyunca uygulandığında smear tabakasını kök kanal duvarından uzaklaştırmaktadır (Goldman ve ark., 1976).

Qian ve arkadaşları, NaOCl'den sonra son yıkama maddesi olarak şelasyon maddesi kullanıldığında erozyon tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, önce EDTA ardından %5.25 NaOCl kullanıldığında, peritübüler ve intertübüler dentin erozyonu tespit edilmiştir (Qian ve ark., 2011). EDTA, salin solüsyonundan daha iyi antimikrobiyel etkiye sahiptir ve NaOCl ile sinerjistik olarak kullanıldığında en güçlü etkisini gösterir (Helting, 1998; Siqueira ve ark., 1998).

Araştırmacılar, EDTA ile NaOCl arasındaki etkileşimleri incelendiğinde NaOCl ile kombine kullanıldığında EDTA'nın kalsiyum kompleksi oluşturma yeteneğini koruduğu görülmüştür. İleri endodontide, temizleme ve preparasyon takribî 1 dakika süresince tamamlandıktan sonra EDTA kullanılmaktadır (Graweher ve ark., 2003).

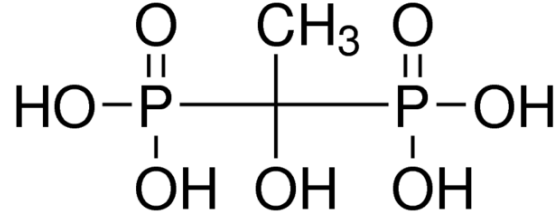
1.5.6.3. Etidronik Asid (etidronik asit/ 1-hidroksietileden-1, -bifosfonat; HEBP)

Etidronik asit veya 1-hidroksietan 1,1-difosfonik asit; etidronat, HEBP veya HEDP olarak bilinmektedir (Tartari ve ark., 2013). Kemik rezorpsiyonunu önleyen bir madde olan etidronik asit, Paget hastalığı veya osteoporoza sahip hastalar için tıpta kullanılmış ve dentin yapısı üzerinde gözlenenden daha az etki nedeniyle konvansiyonel şelatörlerin yerine kullanılması gündeme gelmiştir (Tartari ve ark., 2018). Antimikrobiyel özelliğine müdahale etmeden NaOCl ile karıştırılabilecek eşsiz bir şelatlayıcı ajan olarak kabul edilmektedir (Zehnder ve ark., 2005).

Etidronik asit; su arıtımında ve gıda sanayisinde dezenfeksiyon maksadıyla kullanılan azot içermeyen bir bisfosfonattır (Mattia ve ark., 2006).

Etidronik asit, doğal içerik olan pirofosforik asitin sentetik analogu olup, diğer bifosfanat maddeleri gibi merkez karbon atomunda iki adet fosfanat grubu bulundurmaktadır (Şekil 1.5.). Bu konfigürasyon moleküle enzimatik hidroliz ve kalsifiye kemik matrisi için spesifik bağlanma afinitesine karşı direnç kazandırır, bu mekanizma sayesinde etidronik asit, kemik rezorpsiyonunun tedavisinde olumlu etkiye sahiptir (Dunn Christopher, 1994). HEBP'nin dentinin organik kısmı üzerinde NaOCl'nin daha yüzeysel bir etkiye yol açtığı öne sürülmüştür (Lima Nogueira ve ark., 2018; Tartari ve ark., 2015a). HEBP ile tedavi edilen kök dentin dokularında daha az miktarda kalsiyum ve fosfor mineralleri çözündürerek, dentinin mikrosertlik ve

pürüzlülük gibi fiziksel özelliklerine minimum düzeyde müdahale etmektedir (Tartari ve ark., 2013; Tartari ve ark., 2015b).



Şekil 1.5. Etidronik asit'in moleküler yapısı (Deprele ve ark., 2008).

Etidronik asit, pH'ı 10.7 değerinde zayıf alkali özellikte olan ve endodontide in vitro olarak kullanılan nispeten yeni bir şelasyon maddesidir (Zehnder ve ark., 2005) ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında başarılı bir ajan olduğu gösterilmiştir (Haapasalo & Ørstavik, 1987). Smear tabakasını tamamen uzaklaştırmak için solüsyonun 300 saniye uygulanması gerekmektedir (G. De-Deus ve ark., 2008).

Etidronik asit' in Antimikrobiyel etkisi

Etidronik asit kullanımı sonucu istmuslarda biriken sert doku debris miktarında azalma görüldüğü de bildirilmiştir (Paque ve ark., 2012). Simüle internal rezorpsiyon kaviterindeki granülasyon dokusunun farklı irrigasyon protokolleri sonucu uzaklaştırılma oranları incelendiğinde NaOCl ve HEBP'in birlikte kullanımının kök kanal sisteminin düzenizliklerindeki organik dokuların çözünmesini artırdığı bildirilmiştir (Ulusoy ve ark., 2018).

Etidronik asitin NaOCl'nin serbest klor oranında azalmaya neden olmadığı ve etidronik asit-NaOCl karışımının kök kanallarındaki *Enterococcus faecalis* biyofilmlerini anlamlı düzeyde azalttığı bilinmektedir (Arias-Moliz ve ark., 2014). Ayrıca etidronik asitin antibakteriyel etkisinin kök kanallarında tek başına kullanıldığında da gösterdiği bildirilmiştir (Arias-Moliz ve ark., 2004).

Etidronik asit' in Dentin Üzerine Etkisi

Etidronik asit, irrigasyon zamanı şelatlayıcı ajan olarak kullanıldığında dentinin mikrosertlik düzeyinde düşüslere neden olmaktadır. Yapılan birçok çalışmada Etidronik asidin diğer şelasyon ajanlarına kıyasla dentin üzerinde daha az agresif etkiye sahip olduğu ve kalsiyum bağlayıcı etkisinin daha düşük olduğu

desteklenmektedir (De-Deus ve ark., 2008). 2009 yılında yapılan bir çalışmada, final irrigasyon solüsyonu olarak MTAD, %17 EDTA ve %18 HEBP ajanları kullanılmış ve irrigasyon ajanlarının dentinin mikrosertlik değerleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak en yüksek dentin mikrosertliğinin HEBP uygulanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. (Baseggio ve ark., 2009).

Etidronik asit, zayıf bir şelasyon ajanı olduğu için dentin demineralizasyonunda ciddi bir değişikliklere sebep olmaz. Ca/P oranında EDTA ile mukayisede daha az değişiklik yaratmaktadır. Ek olarak etidronik asit'in, diğer ajanlara kıyasla dentin duvarı üzerinde aşındırıcı etkisi yoktur ve dentin mikrosertliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde, Ca/ P oranı optimum etkiye sahiptir (De-Deus ve ark., 2008). Ayrıca EDTA'ya kıyasla Etidronik asit'in kök dentini üzerinde daha az agresif etkiye sahip olduğu öne sürülmektedir (Lottanti ve ark., 2009).

Etidronik asit, EDTA veya sitrik asite göre nispeten zayıf bir şelator olduğundan dentini daha az miktarda aşındırmaktadır (Torabinejad ve ark., 2003). Ek olarak toksik değildir ve sodyum hipoklorit ("hipoklorit uyumlu şelatör") ile kısa süreli bir etkileşim göstermektedir. Bu nedenle EDTA ve sitrik asite potansiyel bir alternatif olarak önerilmiştir (Sultzky-Goldberg ve ark., 2004). HEBP, aşağıdaki nedenlerle kök kanallarında EDTA'ya alternatif şelasyon ajanı olarak önerilmektedir:

- HEBP, tek başına smear tabakasının inorganik bileşenini çözmek için yeterlidir (Alaçam ve ark., 2017).
- HEBP ve NaOCl'nin kombinasyonu, smear tabakasının optimum uzaklaştırılmasını sağlar (Girard ve ark., 2005; Lottanti ve ark., 2009; Zehnder ve ark., 2005).
- HEBP solüsyonları, EDTA ile karşılaştırıldığında kök dentininde daha az demineralizasyona neden olur (Tartari ve ark., 2018).

Kalsiyum çözme (şelatör) özelliği olan HEBP, smear tabakası ve debris birikimini önlemektedir (Paque ve ark., 2012). Ayrıca, HEBP, smear tabakası üzerindeki etkisi sayesinde, enfekte kök kanallarında ve dentin tübüllerinde NaOCl'nin dezenfeksiyon etkinliğini artırabilmektedir. İn vitro çalışmaların çoğunda, sırasıyla %5 ve %18 oranında taze NaOCl ve HEBP solüsyonlarının karışımları kullanılmıştır (Neelakantan ve ark., 2015).

1.6. AMAÇ

Günümüzde, NaOCl solüsyonu kök kanallarının kemomekanik dezenfeksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. NaOCl'nin pH seviyesi yaklaşık 11-12 olup, vital ve devital dokular üzerinde çözücü etkisi ile birlikte antibakteriyel etkisi de bulunmaktadır (Jeansonne, 1994; Ayhan ve ark., 1999).

Yapılan immuno-histokimyasal değerlendirmelerde 2 dk boyunca dentine %5.25'lik NaOCl solüsyonu uygulamasının Tip1 kollajenin 7µm'lik yüzey katmanına etkilediği gözlenlenmiştir. %5,25'lik NaOCl irrigasyonunun kırılma direncini anlamlı düzeyde azalttığı ve kök dentininin Young Modülü'nde azalma meydana getirdiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, dişlerin kırılmaya karşı daha dayanıksız hale geldikleri gösterilmiştir (Sim ve ark., 2001). Dentinin inorganik içeriği kollagen doku üzerinde koruyucu etki göstermektedir. Şelasyon ajanları smear tabakasını çözerek kaldırdığında inorganik dokunun da çözünmesine neden olarak NaOCl'nin etkisini arttırmaktadır (Basrasni, 2015).

Sonuç olarak kök kanal tedavisinde bu solüsyonların birlikte kullanımlarının, dentinin elastisite modülü etkileyerek esneme kabiliyetini azalttığından, kırılma direnci artırabileceği; ek olarak peritübüler ve intertübüler dentinde şiddetli aşınmaya neden olacağı bildirilmiştir (Oyarzun ve ark., 2002; Di Renzo ve ark., 2001).

2011 yılında Patil ve Uppin'in yaptığı çalışmalarda, irrigasyon ajanlarının dentin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliği üzerine etkisini değerlendirmek için, randomize olarak örneklerle 15 dk boyunca %17 EDTA, %2,5 NaOCl, %0,2 klorheksidin glukonat %5 NaOCl ve %3 H₂O₂ uygulamışlardır. Klorheksidin glukonat ve H₂O₂ haricindeki gruplarda dentin yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olurken, klorheksidin glukonat haricindeki gruplarda dentin mikrosertliğinde azalma gözlenmiştir (Patil ve Uppin, 2011).

Klinikte smear tabakasını uzaklaştırmak için yaygın olarak EDTA solüsyonu kullanılmaktadır. EDTA'nın dentine olan penetrasyonunun artırılması için formülasyona yüzey gerilimini düşüren sürfaktanlar eklenmiştir (Guerosoli ve ark., 2002). EDTA metal iyonlarına bağlanma özelliği sayesinde, apatit kristallerinin yapısındaki kalsiyumu bağlar, dentin dokusunu demineralize eder ve Ca iyonlarını kristal yapıdan uzaklaştırarak kristal yapının çözülmesine neden olur. Bu mekanizma ile EDTA'nın dentin sertliğini azalttığı bilinmektedir (Sarabi, 2008). Pawlicka ve ark.

(1982) yaptıkları çalışmada EDTA'nın dentinin kırılma dayanımını azalttığını bildirmişler ve özellikle kanal boşluğunun çevresindeki dentinin en fazla etkilendiğini rapor etmişlerdir (Pawlicka, 1982).

Hidroksietiliden bifosfonat (HEBP) dentin üzerinde daha az çözücü etkiye sahip olduğu için diğer şelatörlerin yerine geçme ihtimali bulunmakta, ayrıca NaOCl solüsyonun antimikrobiyal özelliklerine müdahale etmeden kombine olarak kullanılabilme imkânı sağlamaktadır (Russell ve ark., 1999; Ganguli ve ark., 2002; De-Deus ve ark., 2008; Zehnder ve ark., 2005). HEBP'nin dentinde diğer şelatör ajanlara göre daha az değişikliğe neden olan zayıf bir kalsiyum kompleksleştirici ajan olduğu bildirilmektedir (De-Deus ve ark., 2008; Dineshkumar ve ark., 2012;). Etidronik asit kök kanal irrigasyonunda genel olarak %9 ve %18 konsantrasyonlarında kullanılmaktadır. %18'lik etidronik asit'in smear tabakanı kaldırmada daha etkili olduğu bilinmektedir (Ulusoyve ark., 2017). HEBP EDTA'ya kıyasla dentin üzerinde daha az aşınmaya neden olmaktadır. Ancak literatürde HEBP kullanımının immatür dişlerin kırılma direncine nasıl etki edebileceği ile ilgili çalışma bulunmadığından yaptığımız tez çalışmasında şelasyon ajanı olarak %18 Etidronik asit kullanılmıştır.

Çalışmamızda, immatür daimi dişlerin kök kanal tedavisinde uygulanan değişik konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin EDTA ve etidronik asit ile farklı kombinasyonlarının kırılma direncine etkisinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Etik Kurul Onayı ve Gerekli Resmi İzinler

Araştırmamız için Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı (Karar no: 2020.12.08; Tarih: 21.01.2021) (Ek-1) alınmıştır. Çalışmamız Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin desteği (Proje no: 2021/059) ile yürütülmüştür.

2.2. Doğal Dişlerin Toplanması

Tez çalışması için yapılan Power analizi sonucunda %95 güven ($1-\alpha$), %97,6 test gücü ($1-\beta$) ve $f=2,527$ etki büyüklüğü ile her bir grupta en az 5 örnek alınması gerekli olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasının 6 çalışma ve 2 kontrol olmak üzere toplam 8 grup ile yürütülmesi planlanmıştır. Çalışmaya her grupta $n=10$ adet olmak üzere; çürük, çatlak, kırık, doku ya da şekil anomalisi bulunmayan toplam 80 adet periodontal nedenlerle çekilmiş insan daimi üst keser dişi dahil edilmiştir.

2.3. Örneklerin Seçimi ve Standardizasyonu

Kullanılan tüm dişlerin kök yüzeylerindeki artıklar kretuar yardımıyla temizlenmiş ve dişler kullanım öncesi %0,1'lik timol solüsyonunda bekletilmiştir. Çalışmaya dahil edilecek örnekler seçilirken, dijital radyografi yöntemi (Digora Optime, Soredex, Türkiye) ile tüm dişlerde tek kanal bulunduğu, kalsifikasyon olmadığı ve rezorbsiyon bulunmadığı teyit edilmiştir. Aday dişlerin köklerinin boyutları mesio-distal ve bukkolingual olarak bir kumpas yardımıyla mine-sement sınırı bölgesinden ölçülerek standart boyutlarda kökler (BL: $5,50 \pm 0.5$ mm, MD: $6,12 \pm 0.5$ mm) çalışmaya dahil edilmiştir (Topçuoğlu ve ark., 2015). Seçilen dişlerin kökleri apikal üçlü bölgesinde su soğutması altında elmas diskler yardımıyla kesilerek 12 mm standart uzunluğunda kökler elde edilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmaya ait dişlerin seçilmesi ve periapikal radyografisi



Şekil 2.2. Çalışmaya ait örneklerin mesio-distal ve bukko-lingual çaplarının kumpasla ölçülmesi



Şekil 2.3. Çalışmaya ait örneklerin hazırlanması

2.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

Hazırlanan örnekler 6 adet çalışma, 1 negatif ve 1 pozitif kontrol grubu olmak üzere rastgele 8 gruba ayrılmıştır.

Çalışma Grupları:

- %1 NaOCl + %17 EDTA (n=10)
- %2,5 NaOCl + %17 EDTA (n=10)
- %5,25 NaOCl + %17 EDTA (n=10)
- %1 NaOCl + %18 Etidronat (n=10)
- %2,5 NaOCl + %18 Etidronat (n=10)
- %5,25 NaOCl + %18 Etidronat (n=10)

Pozitif Kontrol grubu:

- Distile su (n=10)

Negatif Kontrol Grubu:

- Hiçbir işlem uygulanmamış sağlam dişler (n=10)

Çizelge 2.1. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

80 Diş							
ÇALIŞMA GRUPLARI						Pozitif Kontrol grubu	Negatif Kontrol grubu
17%EDTA + 1%NaOCl (10 diş)	17%EDTA + 2,5%NaOCl (10 diş)	17%EDTA + 5,25%NaOCl (10 diş)	18%Etidronic acid + 1%NaOCl (10 diş)	18%Etidronic acid + 2,5%NaOCl (10 diş)	18%Etidronic acid + 5,25%NaOCl (10 diş)	Distile su ile irrigé edilmiş simüle immatür dişler (10diş)	Sağlam diş (10diş)



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan antimikrobiyal ajanlar; Etidronik Asid, Sodyum Hipoklorit, EDTA.

2.5. Örneklerin Hazırlanması

Çalışma Grupları ve Pozitif Kontrol Grubu:

Dişlere endodontik giriş kavitelerinin açılmasının ardından kök pulpaları turnerfler yardımıyla ekstrirpe edilmiş ve çalışma boyu apekten 1mm kısa olacak şekilde belirlenmiştir. Kanallar Protaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) rötarı sistemi kullanılarak crown-down tekniği ile 0,05 taperlı F5'e kadar prepare edilmiştir. Preparasyon sırasında her alet değişimi öncesinde ve preparasyon sonunda kanallar

grupta belirtilen irrigasyon solüsyonu ya da solüsyonları ile irrige edilmiştir. Her solüsyon 5ml hacminde kullanılmış ve irrigasyon 1 dk sürecek şekilde uygulanmıştır. Birden fazla solüsyon kullanılan gruplarda ilk solüsyondan sonra kanal solüsyonlarla eşit süre distile su ile irrige edilmiştir. Preparasyonun bitiminin ardından son irrigasyon 10 ml fizyolojik salinle 2 dk sürecek şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.5. Çalışma grupları için hazırlanan bir örnek

Preparasyonun bitiminin ardından kanallar paper pointlerle (Dentsplay Maillefer, Switzerland) kurulandıktan sonra Ah-plus +Gutta Percha ile doldurulmuştur. Çalışma grupları ve pozitif kontrol grubundaki dişlerin daimi restorasyonları self-etch bonding (3M Adeziv 200T, St. Paul, MN, USA) sistemini takiben, A2 nano-kompozit (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ile yapılmıştır. Daha sonra örnekler 1hafta %100 nemli ortamda 37 °C’de inkübatörde bekletilmiştir.

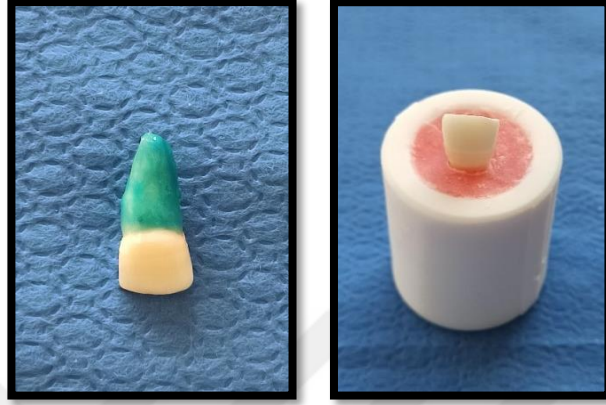
Negatif Kontrol Grubu:

Bu gruba dahil edilen örneklere herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

2.6. Kırılma Direnci Testi

İnkübatörden çıkarılan dişlerin kök yüzeyleri periodontal ligamenti taklit edebilmek amacıyla yaklaşık 0.2-0.3 mm kalınlığında polivinilsiloksan (Coltene/Whaledent AG, Altstatten, Switzerland) ile kaplanmış, daha sonra dişler polivinil klorür (PVC) kalıplar yardımıyla hazırlanmış 1,5 cm çapında silindirik akril bloklar içine, mine-sement sınırı ile akrilik rezin arasında 2 mm mesafe bırakarak ve dişin uzun aksı ile akril bloğun dış sınırı paralel olacak şekilde gömülmüştür. Örnekler kırılma direnci

testi için Universal Test Makinasına (Instron Corp., Canton, MA, USA), 4 mm çapındaki keski tip uç dişin palatinal yüzeyinin orta üçlüsü ile 45° açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ve dişlere kırılana kadar 1mm/dk. hızla kuvvet uygulanmıştır. Kırılma anındaki pik makaslama kuvvetleri Newton (N) birimi olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak tüm gruplar kırılma dirençleri açısından karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.6. Diş yüzeyinin polivinil siloksan ile kaplanması ve akrilik bloklara gömülmesi



Şekil 2.7. Universal test cihazı

2.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz

Çalışmada yer alan ölçüm değerlerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Ölçüm değerlerinin normal dağılıma uydukları belirlenmiş ve bu nedenle tanımlayıcı istatistiklerinin gösteriminde Ortalama±Standart Sapma değerleri kullanılmıştır. Ek olarak tanımlayıcı istatistik gösteriminde Minimum; Maksimum değerleri kullanılmıştır.

Ölçüm değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında One-way ANOVA testi kullanılmıştır. One-way ANOVA testi sonucunda fark bulunduğunda farklı grubu belirleyebilmek için Post-Hoc ikili karşılaştırmalar yapılmıştır ve Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verilmiştir.

İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) ve MS-Excel 2007 programları kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.



3. BULGULAR

Çalışma ve kontrol grupları kırılma direnci değerleri açısından karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($F=7.692$, $p<0.001$) (Çizelge 3.1). Gruplar arasında ölçüm değerleri ortalamaları incelendiğinde en yüksek değer 755.78±115.49 ile Negatif Kontrol Grubunda, en düşük ortalama değerin ise 346.72±117.56 ile Pozitif Kontrol Grubunda olduğu belirlenmiştir.

Grupların ikili karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar

		%1 NaOCl + %17 EDTA	%2,5 NaOCl + %17 EDTA	%5,25 NaOCl + %17 EDTA	%1 NaOCl + %18 Etidronat	%2,5 NaOCl + %18 Etidronat	%5,25 NaOCl + %18 Etidronat	Negatif Kontrol Grubu	Pozitif Kontrol Grubu
1 NaOCl + %17 EDTA	p	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.035	0.032
%2,5 NaOCl + %17 EDTA	p	1.000	-	1.000	1.000	1.000	1.000	0.004	0.221
%5,25 NaOCl + %17 EDTA	p	1.000	1.000	-	1.000	0.733	1.000	0.001	0.660
%1 NaOCl + %18 Etidronat	p	1.000	1.000	1.000	-	1.000	1.000	0.267	0.003
%2,5 NaOCl + %18 Etidronat	p	1.000	1.000	0.733	1.000	-	1.000	0.958	0.001
%5,25 NaOCl + %18 Etidronat	p	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-	0.002	0.407
Negatif Kontrol Grubu	p	0.035	0.004	0.001	0.267	0.958	0.002	-	<0.001
Pozitif Kontrol Grubu	p	0.032	0.221	0.660	0.003	0.001	0.407	<0.001	-

Ölçüm değerleri bakımından grupların ikili karşılaştırmasında;

%1 NaOCl + %17 EDTA*Negatif Kontrol Grubu,

%1 NaOCl + %17 EDTA* Pozitif Kontrol Grubu,

%2,5 NaOCl + %17 EDTA*Negatif Kontrol Grubu,

%5,25 NaOCl + %17 EDTA*Negatif Kontrol Grubu,

%1 NaOCl + %18 Etidronat*Pozitif Kontrol Grubu,

%2,5 NaOCl + %18 Etidronat*Pozitif Kontrol Grubu,

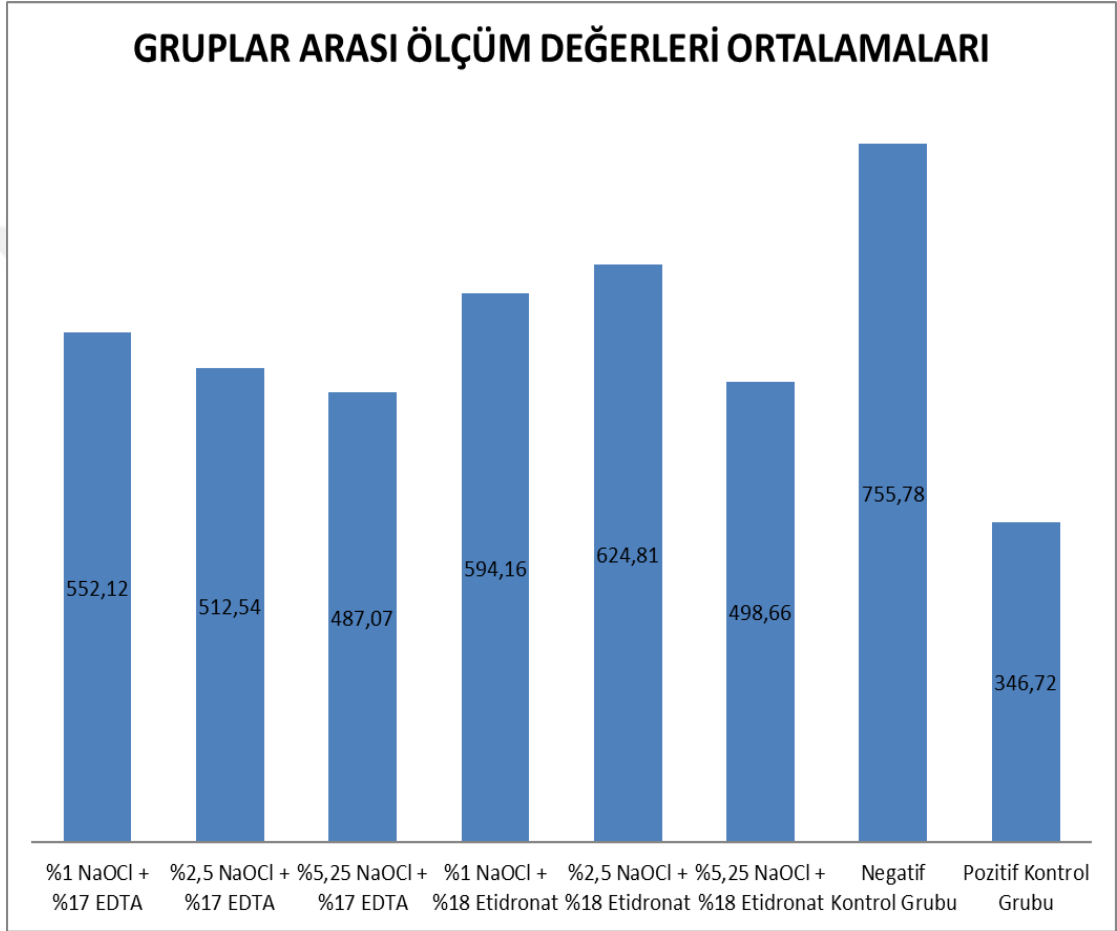
%5,25 NaOCl + %18 Etidronat*Negatif Kontrol Grubu,

Negatif Kontrol Grubu*Pozitif Kontrol Grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p=0.035$, $p=0.032$, $p=0.004$, $p=0.001$, $p=0.003$, $p=0.001$, $p=0.002$,

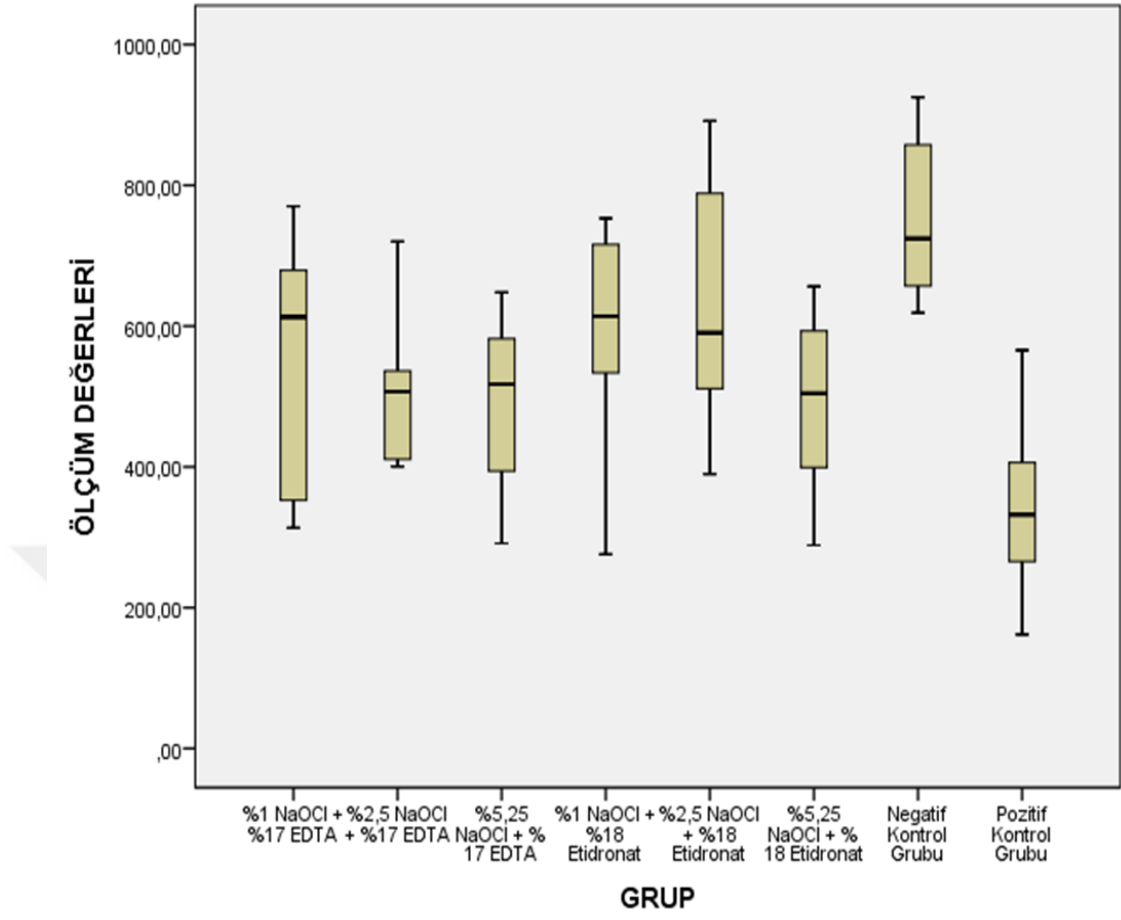
p<0.001). Diğer ikili karşılaştırmalarda ölçüm düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Çalışma ve Kontrol gruplarında ölçülen ortalama kırılma direnci değerleri Çizelge 3.2.'de, ölçüm değerlerine ilişkin minimum ve maksimum değerleri ise Çizelge 3.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Gruplar arasında ölçüm değerlerinin ortalamaları



Çizelge 3.3. Gruplar arasında ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



4. TARTIŞMA

İmmatür dişler çürük, gelişimsel anomaliler veya travma nedeniyle nekrotik hale gelebilmektedir. Bu durumda dişlerin kök gelişimlerinin durması nedeniyle endodontik tedavileri; açık apekslerine, olumsuz kron-kök oranlarına ve ince kök kanal duvarlarına bağlı olarak klinisyenler için zorlayıcı olmaktadır (Cvek, 2007; Trope, 2010).

İnce dentin duvarlarına ve özellikle servikal alanda yetersiz dentin kalınlığına bağlı olarak, endodontik tedavi uygulanmış immatür dişlerin sağkalımı bir endişe konusudur (Cvek 1992, Katebzadeh ve ark., 1998; Goldberg ve ark., 2002). Kök-kanal dolgusu yapılmış dişlerin kırılma direnci, büyük oranda kalan diş yapısının miktarına bağlıdır (Cvek, 1992; Marchi ve ark., 2008; Kahler ve ark., 2018). İmmatür diş köklerinin apikal üçlüsü gelişemediği için kökün koronal ve orta üçlülerinde kalan dentin yükleyici kuvvetlere karşı aşırı yük altında kalmaktadır (Talati ve ark., 2007).

Başarılı bir endodontik tedaviye sahip olsa da açık apeksli dişlerin %28-77'si kök gelişim evresine bağlı olarak tedavi sırasında veya sonrasında çiğneme kuvvetleri ya da minor travmalar sebebiyle kırılmaktadırlar. Çoğu vakada meydana gelen bu kırıklar diş restore edilemez hale getirmektedir (Hemalatha ve ark., 2009). Bu sebeple klinik uygulamalarda amaç kökü daha fazla zayıflatacak uygulamalardan kaçınılması olmalıdır.

Kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonları, smear tabakasını ve doku artıklarını uzaklaştırmak ve antimikrobiyal etkinlik sağlamak amacıyla kullanılır. İrrigasyon solüsyonlarının kök kanal tedavisi sırasında kullanımı dentinin yüzey morfolojisi ve yapısını etkilediği gibi mekanik ve fiziksel özelliklerinde de değişimlere sebep olur (Ari ve Erdemir, 2005; Sim ve ark., 2001; Cunningham ve Balekjian, 1980; Çalt ve Serper, 2000; Doğan ve Çalt, 2001; Grigoratos ve ark., 2001). Dentin sertliğini içerdiği organik ve inorganik madde miktarındaki değişiklikleri etkilemektedir (Van Meerbeek ve ark., 1993; Sayin ve ark., 2007). Panighi ve G'Sell, yaptıkları çalışmalarda dişin sertliğinin içerdiği minerallerin miktarı ile direkt ilişkili olduğunu belirtmiştir (Panighi ve G'Sell, 1993). Özellikle irrigasyon solüsyonlarının kök üzerine etkisi kırılma direncinin ölçülmesiyle incelenebilir (Ari ve Erdemir, 2005; Cunningham ve Balekjian, 1980; De-Deus ve ark., 2006; Slutzky-Goldberg ve ark., 2004). Bu sebeple, endodontik tedavi zamanı dişin dayanıklılığını arttırmak için tercih edilecek tedavi

yöntemi ve malzeme dışın prognozu bakımından büyük ehemmiyete sahip olmaktadır (Stuart ve ark., 2006).

İnce ve kırılğan dentin duvarlarına sahip olduğundan immatür dişlerde bakterilerin kök kanal duvarından mekanik olarak uzaklaştırılması zorluk oluşturmaktadır. Bu sebeple enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonu daha çok irrigasyon solüsyonları ve kanal içi medikamanları ile sağlanmaktadır (Lovelace ve diğerleri, 2011).

Son zamanlarda kök kanal tedavisi uygulanmış immatür dişlerde kök kırıklarına daha çok rastlanmaktadır. Endodontik tedavi uygulanmış dişlerde kök dentininin kırılmaya karşı dayanıklılığını arttırmamak için preparasyon yöntemi, irrigasyon solüsyonları, kanal içi ilaç kullanımını ve kanal dolumu aşamaları önemlidir. Bilindiği üzere kök kanal irrigasyonunda kullanılan irrigasyon ajanları mikrobiyal yükü kaldırmakla birlikte kök dentininde de çözünme oluşturmaktadır. Özellikle şelasyon ajanları kullanımı kalsiyum çözünmesine neden olmaktadır. Endodontik tedavide çoğunlukla kullanılan şelasyon ajanı olan ETDA kök dentininde çözölmeye neden olarak kırılma direncini düşürmektedir. Bu nedenle, bu materyale alternatif olarak benzer etkide, ancak daha az dentin çözünmesi oluşturan alternatif bir şelasyon ajanına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda EDTA'ya alternatif olarak dentinde daha az çözünme oluşturarak smear tabakasını kaldıran yeni bir şelasyon ajanı olarak Etidronik asit önerilmiştir.

Yukarıdaki bilgilerden hareketle bu tez çalışmasında in-vitro şartlarda simüle edilmiş immatür dişlerde farklı konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit ile kombine edilen EDTA ve Etidronik asitin dişlerin kırılma direncine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Günümüze kadar yapılmış olan in vitro çalışmalarda immatür dişlerin endodontik tedavileri ile ilgili çalışmalarda çoğunlukla çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır (Hemalatha ve ark., 2009; Dikbas ve ark., 2014; Seto ve ark., 2013; Stuart ve ark., 2006;). Birtakım çalışmalarda çekilmiş koyun (Hitabovic-Kofman ve ark., 2006; Hitabovic-Kofman ve ark., 2008; Andreasen ve ark., 2006; Wilkinson ve ark., 2007;) ve sığır dişleri (Carvalho ve ark.; Bortoluzzi ve ark., 2007) de tercih edilmiştir. Ancak, çalışmalarda birbirinden farklı metotların uygulanması ve insan dişlerinden farklı yapı ve morfolojideki hayvan dişlerinin kullanılması, klinik koşullar ile karşılaştırılabilecek uyumlu sonuçların elde edilmesini zorlaştırmaktadır. (Cauwels ve ark., 2010). Hayvan

dişleri daha kalın dentin duvarlarına ve daha fazla dolgu materyali gerektiren daha geniş kanal lümenlerine sahiptirler. Kırılma dayanım testinin sonuçlarını bu iki faktör de etkileyebilir (Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016). Çekilmiş insan matür dişleri immatür dişlerin morfolojisini taklit edebilir ancak, doku bileşimi ve fiziksel karakteristiklerini tam olarak simüle edemez. İmmatür dişleri simüle etmek için genişletilen matür dişlerde, köklerinin dış kısmı daha düşük tübüler densite ve daha fazla intertübüler dentin gösterecektir (Desai ve Chandler, 2009). Bu durum, bu tarzdaki çalışmaların bir limitasyonu olarak düşünülmüştür (Ulusoy ve ark., 2011). Morfolojik ve yapısal özelliklerin birebir olması ve klinik koşullar ile uyumlu sonuçlar alınabilmesi göz önünde bulundurularak, çalışmamızda da çekilmiş insan daimi dişlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Bulundukları konumdan dolayı travmaya ve dış darbelere daha eğilimli olduklarından çalışmamızda çatlak, kırık, doku veya şekil anomalisi bulunmayan, çalışmamızdan bağımsız olarak çekim endikasyonu bulunan, matür, çürüksüz maksiller daimi santral ve lateral keser dişler kullanılmıştır (Andreasen ve ark., 2006; Hitabovic- Kofman ve ark., 2006; Güven ve ark., 2016; Topçuoğlu ve ark., 2015; Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016).

Çalışmada kullanılacak dişlerin, belirlenmiş sayıya ulaşana kadar, çalışma sonuçlarını etkilemeyecek bir saklama solüsyonunda bekletilmesi gerekmektedir. Dentin permeabilitesini değiştirebileceğinden ve test sonuçlarında değişikliğe yol açabileceğinden dişlerin saklandığı koşullar ve dezenfeksiyon/sterilizasyon işlemleri farklılık göstermektedir (Goodis ve ark., 1991; Strawn ve ark., 1996; Soares ve ark., 2011). Kan yoluyla bulaşan patojenler için insan dişleri potansiyel bir kaynak olarak düşünülmelidir (Sandhu ve ark., 2012; Dominici ve ark., 2001). Bu nedenle yeni çekilmiş dişler dezenfekte/sterilize edildikten sonra dehidratasyonun önlenmesi için sıvı bir ortamda saklanmalıdır (Sandhu ve ark., 2012; Dominici ve ark., 2001). Farklı uygulamalar arasında dişlerin çekimden hemen sonra %5,25'lik NaOCl'de 5 dakika bekletilmesi ve ardından çalışmada kullanılabilecek kadar %0,9 salin solüsyonunda saklanması (Forster ve ark., 2017; Frater ve ark., 2020), %0,1'lik timol solüsyonu (Jamshidi ve ark., 2018; Topçuoğlu ve ark., 2015; Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016; Lertmalapong ve ark., 2017), yalnızca %0,9 steril salin solüsyonunun kullanımı, %2'lik glüteraldehit solüsyonunda 15 gün bekletildikten sonra %0,9 salin solüsyonunda saklanması (Sivieri-Araujo ve ark., 2015), %0,5 kloramin-T solüsyonu, deiyonize su (Pereira ve ark., 2019; Palepawad ve Kulkarni, 2020) kullanımı

bulunmaktadır. Diğer çalışmalar referans olacak şekilde, araştırmamızda bakteri ile alakalı bir parametre bulunmadığından ve dişlerde oluşacak dehidratasyonun önlenmesi düşünüldüğünden timol solüsyonunun kullanılması tercih edilmiştir (Li ve ark., 2014; Celikten ve ark., 2015).

İmmatür dişlerin endodontik tedavileri ile ilgili günümüze kadar yapılmış olan in-vitro çalışmalarda klinik şartlarla uyumlu sonuçlar elde edebilmek için örneklerin standardizasyonu oldukça önemlidir. Literatür incelendiğinde aynı cins dişlerin seçilmesini standardizasyon olarak kullanan araştırmacılar olsa da dişlerin boyut ve anatomileri bireyler arasında farklılık göstermektedir (Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016; Ulusoy ve ark., 2011). Bu nedenle daha detaylı bir standardizasyon protokolünün kullanımı daha doğru sonuçlar elde etmek bakımından önemlidir. Dişlerin kırılma direncinin örnek diş boyutlarından etkilenebilmesi ve kök kanalına koyulacak materyallerin miktarının benzer olması bakımından, standardizasyonun elde edilmesi önemlidir. Simüle edilmiş immatür dişlerin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, dişlerin bukkal-lingual ve mezio-distal boyutlarının ölçüldüğü ve benzer boyuttaki dişlerin kullanıldığı görülmektedir (Jamshidi ve ark., 2018; Tanalp ve ark., 2012; Elnaghy ve Elsaka, 2020). Diğer çalışmalarla benzer olacak şekilde çalışmamızda da kumpas yardımıyla dişlerin köklerinin mezio-distal ve bukkal-lingual boyutları ölçülerek benzer kök çapına sahip dişler kullanılmıştır. Çalışma öncesi standardizasyonun sağlanması amacıyla radyografi yardımıyla örneklerde tek kanal varlığı teyit edilerek kanal içinde kalsifikasyon veya rezorbsiyon olmadığından emin olunmuştur (Çiçek ve ark., 2017; Delikan ve Aksu 2020; Darak ve ark., 2020). Açık apeksli dişler ile ilgili deneysel çalışmalarda, kök gelişimini tamamlamış dişlere standart ve tekrarlanabilir kök simülasyonu yapılır (Al-Kahtani ve ark., 2005; Rahimi ve ark., 2008). Çalışmamızda diğer çalışmalarla uyumlu olarak diş seçiminin devamında, standart kanal genişliği, uzunluk ve apeks açıklığına sahip immatür diş simülasyonu oluşturabilmek için tüm örneklerin kökleri, uzunlukları 12 mm olacak şekilde kök ucundan su soğutmalı elmas disk yardımıyla kesilerek kısaltılmıştır.

Çalışmamızla benzer olarak yapılan araştırmalarda standardize örneklerin F3'e (Bayram ve Bayram, 2016), F5'e (Topçuoğlu ve ark., 2015; Evren ve ark. 2016; Delikan ve Aksu, 2020), F4'e (Ulusoy ve ark., 2011), #60 K tipi el eğesine (Elnaghy ve Elsaka, 2020), #80 K tipi el eğesine (Hemalatha ve ark., 2009; Memiş Özgül ve ark., 2015; Ron ve ark., 2017; Sanapala ve ark., 2020; Eram ve ark., 2020) kadar

genişletildiği gözlenmektedir. Araştırmamızda simüle immatür dişlerin geniş kök kanallarının gerçek dişlerle daha çok benzer olması amacıyla kanallar F5 rotary eğesine kadar prepare edilmiştir.

Kırılma direnci testi uygulanan in-vitro çalışmalarda, örneklerin bekletilme süreleri ile ilgili sabit bir uygulama bulunmadığı görölmektedir. Bekletilme süreleri; 1 gün (Cauwels ve ark., 2010), 3 gün (Ulusoy ve ark., 2011), 1 hafta (Bayram ve Bayram, 2016; Evren ve ark., 2016), 2 hafta (Madarati ve ark., 2010; Topcuoglu ve ark., 2015), 3 hafta (Nagas ve ark., 2016), 5 hafta (White ve ark., 2002) ve 1 ay (Karapinar-Kazandag ve ark., 2016; Çiçek ve ark., 2017) olacak şekilde değişiklik göstermektedir. Araştırmamızda, AH Plus/ GP kullanılan diğer çalışmalarla uyumlu olacak şekilde örnekler kırılma testi zamanına kadar %100 nemli ortamda 37 °C’de bir hafta olacak şekilde etüvde bekletilmiştir.

Kırılma dayanıklılığını test etmek için, stres dağılımı ve kırılma direnci üzerinde önemli etkisi olan periodontal ligament ve kemiğin in-vitro test modellerinde yer alması gerektiği belirtilmiştir. Kırık yükleme değerleriyle birlikte kırık şekillerini de etkileyeceğinden periodontal ligament simölasyonu yapılmaktadır (Soares ve ark., 2005). Rees (2001) tarafından yapılan bir sonlu elemanlar analizinde, periodontal ligament ve kemiğin bu tip testlere dahil edilmesinin zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır. Çene kemiğini simüle etmek için in-vitro çalışmalarda akrilik rezin (Santos Pantaleon ve ark., 2018; Haralur ve ark., 2018; Öztürk ve ark., 2019) kullanıldığı görölmektedir. Periodontal ligamenti yansıtmak amacıyla ise; 0,2-0,3 mm kalınlığında polivinil siloksan (Topçuoğlu ve ark., 2015; Göktürk ve ark., 2018; Haralur ve ark., 2018; Ali ve ark., 2019), poliüretan (Camacho ve ark., 2018), polisülfite (Soares ve ark., 2005), polieter (Elnaghy ve Elsaka, 2016; Çiçek ve ark., 2017; Girish ve ark., 2017; Uzunoğlu ve ark., 2018), polistiren rezin (Dias de Souza ve ark., 2001; Dias de Souza ve ark., 2002; Soares ve ark., 2004) ve su bazlı likit lateks (Kalay ve ark., 2016) kullanımına rastlanmıştır. Araştırmamızda, periodontal ligament simölasyonu yapılarak klinik şartları daha gerçekte bir şekilde yansıtabilmek amaçlanmıştır ve bunun için insan periodontal ligament elastisite modölüsüne yakın (0,12-0,96 MPa) (Yoshida ve ark., 2011) değerler veren polivinil siloksan (0,25 MPa) (Re ve ark., 2015; Jamani ve ark., 1989,) kullanılmıştır. Kemiğin simölasyonu amacıyla ise, çiğneme zamanı kemiğe iletilen sıkışma ve teğetsel kuvvetleri önleyebilecek yapıya sahip olduğundan akrilik rezin tercih edilmiştir (Soares ve ark., 2005).

Kırılmaya direnci ölçmek için literatürdeki çalışmalarda; sonlu elemanlar analizi (Dartora ve ark., 2018; Fu ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2019), universal test cihazı (Çiçek ve ark., 2017; Göktürk ve ark., 2018; Mergulhao ve ark., 2019; Gerogianni ve ark., 2019) ve fotoelastik analiz metodunun (Zaparolli ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2018; Abrao ve ark., 2018) kullanıldığı görülmektedir. Yapılandırılmalarındaki zorluk ve yüksek maliyetleri nedeniyle üç boyutlu fotoelastik modeller daha az kullanılmaktadır (Loney ve ark., 1990; Al-Omiri ve ark., 2010). Birden fazla maddeden oluşan (dentin, periodontal ligament, alveoler kemik) materyalin test edilmesinin teknik zorluğu ve fotoelastik materyallerin özelliklerinin diş yapılarının özelliklerinden farklı olduğu için fotoelastik analiz metodunun kullanımı zor olmaktadır (Fernandes ve Dessai 2001; Yamamoto ve ark., 2009). Sonlu elemanlar analizi dental mekanik süreçleri tam olarak simüle edememektedir. Bütün yükleme periyodu boyunca model bozulmamış olarak kalmakta (Li ve ark., 2004), yıkıcı kuvvetler tam olarak ölçülememekte ve kullanılan yöntem ile materyal özelliklerine göre değerler değişebilmektedir (Ron ve ark., 2017). Bu nedenlerle araştırmamızda dişlere kırık oluşana kadar aşamalı olarak çoğalan yükler uygulanması ve kırılma kuvvetinin kaydedilmesi maksadıyla universal test cihazı tercih edilmiştir (Silva ve ark. 2019; Corsentino ve ark., 2018; Alsarani ve ark., 2018).

İmmatür diş kırıklarına çiğneme, ısırma veya travmalar neden olmaktadır. Dişlere gelen kuvvetler farklı açılarda farklı bölgelerden geldiğinden simülasyonda da klinik şartlarla uyumlu olacak şekilde farklı açılar kullanılarak kuvvet uygulandığı görülmektedir. Kırma kuvvetini, dişin uzun aksıyla 15° (Oyar ve Durkan, 2018), 25° (Alarami ve ark. 2017), 30° (Cauwels ve ark. 2014), 45° (Tanalp ve ark. 2012, Valera ve ark. 2015, Santos Pantaleon ve ark. 2018, Ali ve ark. 2019, Gerogianni ve ark. 2019), 130° (Hemalatha ve ark. 2009, Elnaghy ve Elsaka 2016, Uzunoğlu ve ark. 2018, Haralur ve ark. 2018) ve 135° (Maroulakos ve ark. 2015, Nikhil ve ark. 2015, Ok ve ark. 2016, Çiçek ve ark. 2017, Jamshidi ve ark. 2018, Elnaghy ve Elsaka 2020) açı olacak şekilde ayarlayan araştırmacılar bulunmaktadır. Sınıf I oklüzyonda alt ve üst keserler arasındaki potansiyel oklüzal kuvvetleri simüle ettiği için 45°'li açının kullanıldığı (Santos Pantaleon ve ark. 2018) düşünülmektedir. Araştırmamızda dişlere 45°'lik açı uygulanarak kuvvet uygulanmıştır.

Universal test cihazında örneklere iletilecek kuvvet için farklı uçlar kullanılmaktadır; silindirik tip uç (Bortoluzzi ve ark., 2007; Kahler ve ark., 2018; Mergulhao ve ark., 2019), kürek tip uç (Andreasen ve ark., 2002; Andreasen ve ark., 2006; Hatibovic-Kofman ve ark., 2008) yuvarlak tip uç (Oyar ve Durkan, 2018; Taha ve ark., 2018; Gerogianni ve ark., 2019) veya keski tip uç (Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016; Hawkins ve ark., 2015; Elnaghy ve Elsaka, 2016; Çiçek ve ark., 2017; Öztürk ve ark., 2019). Araştırmacıların dişlere horizontal olarak kuvvet uyguladığı çalışmalarda kuvvet iletiminin kökte daha tutarlı olduğu düşünülerek 4 mm enliğindeki keski tip ucu tercih edilmektedir (Hemalatha ve ark., 2009; Forghani ve ark., 2013; El-Ma'aita ve ark., 2014). Çalışmamızda da horizontal kuvvet iletimi olduğundan 4 mm keski tip uç kullanılmıştır.

Kırılma direnci testinde kuvvetin örneklere iletme hızı konusunda literatürde farklı görüşler bulunmaktadır. 0,1 mm/dk (Ding ve ark., 2020), 0,5 mm/dk (Kalay ve ark., 2016; Elnaghy ve Elsaka, 2016; Uzunoglu ve ark., 2018; Taha ve ark., 2018), 1 mm/dk (Kahler ve ark., 2018; Tuna ve ark., 2011; Mergulhao ve ark., 2019; Andreasen ve ark., 2006; Hawkins ve ark., 2015), 2 mm/dk (Sahebi ve ark., 2010), 2,5 mm/dk (Arun ve Subhash, 2012; Soares ve ark., 2005; Bortoluzzi ve ark., 2007;), 5 mm/dk (Bayram ve Bayram, 2016; Hemalatha ve ark., 2009; Seto ve ark., 2013; Karapınar-Kazandağ ve ark., 2016) ve 60 mm/dk (Cauwels ve ark., 2014) hızla kuvvet uygulayan araştırmacılar bulunmaktadır.

Bortoluzzi ve arkadaşları (2007) yaptıkları çalışmada düşük ve yüksek hızlı kuvvet uygulanmasını karşılaştırmış ve daha doğru sonuçların elde edilmesi için düşük hızlı kuvvet uygulanmasının daha uygun olduğunu ifade etmiştir. Örneklere bu amaçla $0,75 \pm 0,25$ mm/dk hızla kuvvet uygulanması ISO 4049-2019'da da önerilmektedir. Araştırmamızda klinik şartlarla uyumlu olacağı düşünülerek örneklere kuvvet iletim hızı 1 mm/dk olarak belirlenmiştir.

Araştırmamızda gruplar belirlenirken deney grubundaki işlem yapılmış dişlerde sağlam dişlere kıyasla oluşan değişikliklerin belirlenebilmesi amacıyla öncelikle sağlam dişlerin bulunduğu bir negatif kontrol grubu oluşturulmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre en yüksek kırılma direnci (755.78 Newton) bu grupta elde edilmiştir. Literatürdeki benzer araştırmalar incelendiğinde çalışmamıza benzer olarak

herhangi bir işlem uygulanmayan dişlerin kırılma direncinin diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Elnaghy, 2020; Bayram ve ark., 2015; Sivieri-Araujo ve ark., 2015) ve bu sonuçlar bizim çalışmamızla da uyumludur.

Çalışmamızda pozitif kontrol grubu olarak belirlenen ikinci kontrol grubuna dahil edilen dişler ise çalışma grubuna benzer preparasyon işlemlerinin ardından distile su ile irriga edilmiş ancak kanal dolgusu yapılmadan A2 nano-kompozit (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ile restore edilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalarla (Karapinar Kazandag ark., 2009; Singla ark., 2012; Langalia ark., 2015) uyumlu olarak bu grubun kırılma direnci en düşük grup (346.72 Newton) olduğu belirlenmiştir.

Araştırmamızda irrigasyon işlemleri için uygulanan prosedür, araştırmacıların immatür dişler için kullanılan solüsyonlar ile yüzdeleri hakkında verdikleri temel bilgiler ve benzer çalışmalarda kullanılan ortak prosedürler dikkate alınarak hazırlanmıştır (Dua ve ark., 2015; Karapinar-Kazandag ve ark., 2016; Arısu ve ark., 2013; Brito-Júnior ve ark., 2014; Mirseifinejad ve ark., 2017). %17'lik EDTA ve %18 HEBP farklı gruplarda sırasıyla %1 NaOCl, %2,5 NaOCl, %5,25 NaOCl solüsyonları ile konmbine olarak her biri 5ml hacminde kullanılmış ve irrigasyon 1 dk sürecek şekilde uygulanmıştır. Gruplarda ilk solüsyondan sonra kanal solüsyonlarla eşit süre distile su ile irriga edilmiştir. Ancak irrigasyon solüsyonlarının etkilerini nötralize etmek için en son olarak 10 ml distile su ile 2 dk sürecek şekilde kök kanalları yıkanmıştır.

Kök kanal irrigasyonunda geniş kök kanal yapısı, irrigasyonu olumlu olarak etkilemektedir (Ram, 1977; Wu ve Wesselink, 2001; Huang ve ark., 2008). Zira, matür dişlerde mineralizasyona bağlı olarak kök kanalları daralmıştır ve bu da preparasyon zamanı irrigasyonun etkinliğin, azaltarak kök kanal duvarlarında daha fazla kanal içi medikaman artığının birikmesine neden olmaktadır (Rödig ve ark., 2011). Diğer taraftan, geniş apikal açıklığa sahip immatür dişlerde irrigasyon solüsyonlarının kök etrafı dokulara taşma riski daha yüksektir. Bu sebeple Fuks ve Heling (Fuks ve Heling, 2009), irrigasyon yapılacak immatür dişlerde basınç uygulanmadan uygulanmasını bildirmiştir (Dogan ve Çalt, 2001; Zhang ve ark., 2010; Marending ve ark., 2007).

İmmatür dişlerin kök kanal tedavileri ile ilgili çalışmalarda %0,5, %1-1,25, %2,5, %5-5,25 ve %6 gibi farklı yüzdelerde ve hacimlerde NaOCl kullanıldığı

görülmektedir (Sly ve ark., 2007; Bodrumlu ve Tunga, 2006; Bodrumlu ve Tunga, 2007; Fisher ve ark., 2007; Pitout ve ark., 2006). Bu konsantrasyonlar arasında en sık tercih edilen NaOCl yüzdesi %5-5,25 olmakla birlikte (Sly ve ark., 2007; Bodrumlu ve Tunga, 2006; Bodrumlu ve Tunga, 2007; Fisher ve ark., 2007; Pitout ve ark., 2006) NaOCl'in konsantrasyonu arttıkça, toksisitesinin de doğru orantılı olarak arttığı vurgulanmış (Zehnder, 2006; Spangberg ve ark., 1973) ve %5,25'lik konsantrasyonun son derece sitotoksik olduğu belirtilmiştir (Spangberg ve ark., 1973). Wesselink ve Bergenholtz (2007), doku irritasyonu özelliğinin yüksek olduğu %5,25'lik NaOCl'in kanal irrigasyonu sırasında çok dikkatli bir şekilde kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Johnson ve Noblett (2009), apeksifikasyon tedavisi gören kök ucu açık dişlerde periapikal dokulara NaOCl taşırılmamasına özen gösterilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışkan (2006) ise, periapikal dokulara zarar vermemek için kullanılacak NaOCl'in konsantrasyonunun %0,5 veya %2,5 olmasına dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Raldi ve arkadaşları, NaOCl'in %5,25'lik konsantrasyonunun sitotoksik olmasından dolayı immatür dişlerde %0,5-1'lik konsantrasyonunun kullanımını önermişlerdir (Raldi ve ark., 2009). Ancak yapılan araştırmalarda, %0,5'lik NaOCl'in Staphylococcus aureus üzerinde etkisiz olduğu gösterilmiş ve konsantrasyonu düşük NaOCl'in antibakteriyel etkisinde azalma olduğuna da dikkat çekilmiştir (Harrison ve Hand, 1981; Alaçam, 2000).

Bazı araştırmacılar, NaOCl'in toksik etkisinin daha düşük olduğu %2,5'lik konsantrasyonunun doku çözücü ve antimikrobiyal aktivite özelliklerini kaybetmediğini göstermişlerdir (Johnson ve Noblett, 2009; Spangberg ve ark., 1973; Alaçam, 2000; Zehnder ve ark., 2002).

Simüle immatür dişlerde uygulanan kırılma direnci çalışmalarında değişik irrigasyon protokolleri uygulanmaktadır. Goldberg ve arkadaşları (2002), her alet değişiminde ve son irrigasyon olarak 2 ml salin solüsyonu kullanırken, Carvalho ve arkadaşları (2005), yaptıkları çalışmada %1'lik NaOCl kullanmışlardır. Goncalves ve arkadaşları (2006), preparasyon sırasında %1'lik NaOCl kullanmışlar, son irrigasyonu ise 10 ml distile su ile yapmışlardır. Değişik konsantrasyonlara sahip NaOCl solüsyonlarının (%0,5, %1, %2,5, %5,25) kök kanallarında bulunan sıg, yüzeyel debris e eşit oranda uzaklaştırdığı ancak smear tabakayı uzaklaştıramadığı bildirilmektedir (Baumgartner ve Cuenin, 1992).

Dentinin mikrosertlik, pürüzlülük, elastik modül, eğilme ve yorulma mukavemeti gibi mekanik özellikleri NaOCl ile tedavi zamanı etkilenebilir. NaOCl ile işlemten sonra dentin sertliğinde meydana gelen önemli değişiklikler, bu kimyasal maddenin dentin yapılarının organik ve inorganik içeriği üzerindeki etkilerini gösterir. Endodontik tedavi zamanı irrigasyon için %1, %2,5, %5,25 ve %6 NaOCl kullanıldığında kök dentinin mikrosertliğinde azalmalar olduğu bildirilmiştir (Oliveira ve ark., 2007; Sayin ve ark., 2007; Slutzky-Goldberg ve ark., 2004; Saleh ve Ettman, 1999).

NaOCl kullanımının kanal tedavisinden sonra dişlerin sertliğinde meydana gelen değişikliklerle ilgili bir başka sonucu da dişlerin kırılma eğilimidir; bu klinik olarak önemlidir çünkü dişin kırılması dişlerin kaybıyla sonuçlanabilir. Dişleri kırılmaya yatkın hale getirebilecek ana nedenler; çürük veya giriş kavitesinin hazırlığı zamanı diş doku kaybı; irrigasyon solüsyonları, kanal içi medikamanlar, kök kanal dolgu malzemelerinin etkisi ve endodontik tedavi süresi olmaktadır (Sim ve ark., 2001; Grigoratos ve ark., 2001; Lewinstein ve Grajower 1981).

Slutzky Goldberg ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada intratübüler kollagenin dentin dokusunda mühim bir yapı olduğu ve sodyum hipoklorit ile irrigasyonda kollagenin çözünmesi sonucu dentin mikrosertliğinde düşüşe neden olabileceği bildirilmiştir. Ek olarak, NaOCl kullanılarak yapılan preparasyon ve irrigasyondan sonra dentinin biyomekanik özelliklerinde değişiklik olduğu görülmüştür (Slutzky Goldberg ve ark., 2002).

Yapılan çalışmalarda 1%, %2.5, %3, %5, %5.25 ve %9 oranlarda NaOCl ile 24 dakikadan 2 saate kadar kök kanallarının irrigasyonundan sonra dentinin elastiklik modülünde ve bükülme mukavemetinde azalma olduğunu göstermiştir (Sim ve ark., 2001; Davies ve ark., 1993; Grigoratos ve ark., 2001; Marending ve ark., 2007). Değerlendirilen makalelerin sonuçlarına dayanarak, NaOCl'nin dentin üzerindeki etkilerinin, NaOCl'nin süresi ve konsantrasyonundan bağımsız olarak mekanik özellikleri (sertlik, elastik modül ve eğilme mukavemeti) etkilediği sonucuna varılmıştır. Makalelerde farklı metodolojiler kullanılmış, ancak hepsi NaOCl irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında bir tür kök dentin değişiklikleri göstermiştir (Pascon ve ark., 2009).

Yukarıdaki bilgilerden hareketle çalışmamızda NaOCl'nin %1, %2,5, %5,25 konsantrasyonları kök kanal irrigasyonunda şelasyon ajanları ile birlikte kullanılmıştır.

Literatürdeki sonuçlarla uyumlu olarak preparasyon ve irrigasyon işlemleri uygulanan dişlere ait kırılma dirençleri, sağlam dişlere kıyasla daha düşük bulunmuştur. Ancak farklı NaOCl konsantrasyonlarının kullanıldığı gruplar arasında kırılma dirençleri açısından fark bulunmamıştır. Bu sonuç literatürdeki, dentin sertliğinin NaOCl konsantrasyonu arttıkça azaldığını gösteren çalışmalarla uyumlu görünmemektedir (Grigoratos ve ark., 2001; Sim ve ark., 2001; Lewinstein ve Grajower 1981). Bu bulgular kırılma direncinin; diş anatomisi, dentin tübüllerinin yapısındaki farklılıklar gibi farklı birçok parametreden etkilenmesi ve dentin sertliğindeki azalmanın kökün kırılma direncine tam olarak yansımamış olması ile açıklanabilir.

El aletleri ya da döner aletleri ile yapılan kök kanal ekstripasyonu zamanı eletler ile temasta olan dentin duvarları smear tabakası denilen tabaka ile örtülür (Clegg ve ark., 2006; Pashley,1992). Smear tabakası yüzeysel ve derin smear tabakası olmak üzere iki kısımdan oluşur. Yüzeysel tabaka 1-2 µm, derin tabaka ise 40 µm'ye kadar dentin tübüllerine penetre olabilir (Mader ve ark., 1982). Sodyum hipoklorit; dentinin vital veya nekrotik pulpa artıklarını ve bakteriyel ürünler gibi organik dokuları çözme konusunda çok etkindir (Hulsmann ve ark., 2003; Wayman ve ark., 1979). Ancak mükemmel antimikrobiyal özelliğine ve organik materyalleri çözme kapasitesine rağmen, bu solüsyon tek başına smear tabakasını uzaklaştırmada yeterli değildir ve organik materyaller üzerinde etkili olması nedeniyle şelasyon ajanlarıyla beraber kullanımı gereklidir (Scelza ve ark., 2003; Hulsmann ve ark., 2003; Clegg ve ark., 2006).

Sen ve arkadaşları, hiçbir irrigasyon solüsyonunun tek başına kök kanallarından hem organik hem de inorganik maddeleri uzaklaştıramadığını bu sebeple bir şelasyon ajanı ile smear tabakanın inorganik bileşenleri uzaklaştırıldıktan sonra sodyum hipoklorit kullanılarak organik bileşenlerin uzaklaştırılması gerektiğini bildirmektedirler (Sen ve ark., 2009). Şelasyon yapan ajanlar, kanal tedavisinde ilk defa Nygaard-Østby tarafından %15'lik Etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) solüsyonu olarak kullanılmıştır (Nygaard-Østby, 1957). EDTA'nın %15 ve %17'lik solüsyonları, kök kanallarının preparasyonu esnasında kullanılan dekalsifiye edici bir şelasyon ajanıdır (Grandini ve ark., 2002). EDTA kalsiyum iyonları ile şelasyon yapar ve preparasyon sırasında kök kanal duvarlarında oluşan dentin kaynaklı debrisini uzaklaştırır (Grandini ve ark., 2002; Verdelis ve ark., 1999). Bu nedenle dentin tübüllerini açar ve

dezenfektanların daha iyi penetrasyonunu sağlar (Hulsmann ve ark., 2003; Torabinejad ve ark., 2008; Zehnder ve ark., 2005).

Sen ve arkadaşları, farklı konsantrasyondaki EDTA solüsyonlarının smear tabakayı kaldırma etkinliğini ve eroziv kapasitelerini değerlendirdikleri çalışmalarında; %1, %5, %10, %15'lik EDTA solüsyonlarının smear tabakanın kaldırılmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediğini ancak %15, %10 ve %5'lik solüsyonların kanal duvarlarında benzer şekilde erozyona sebep olduğunu, %1'lik EDTA ile irrigate edilen kanallarda ise sınırlı bir erozyon izlendiğini bildirmişlerdir (Sen ve ark., 2009).

Farklı sürelerde uygulanan (1 dakika, 10 dakika) farklı konsantrasyona (%5, %17) sahip EDTA solüsyonunun dişin kırılma direncine etkisini değerlendiren Uzunoğlu ve arkadaşları, en yüksek değeri %5'lik EDTA'nın 10 dakika uygulandığı grupta bulgulamışlardır (Uzunoğlu ve ark., 2012). İkinci olarak %17'lik EDTA'nın 1 dakika uygulandığı grup gelmektedir ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulgulanmamıştır. Araştırmacılar en düşük kırılma direncini %17'lik EDTA ile 10 dakika irrigasyon yapılan grupta belirlemişler ve bunun sebebinin %17'lik EDTA'ya uzun süreli maruz kalan kanallarda peritübüler ve intertübüler dentinin zarar görmüş olmasının olabileceğini belirtmişlerdir. Bunun sonucunda elastik modülünün ve çekme dayanımının azaldığını böylelikle dentinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkilendiği ve kökün kırılma direncini azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan benzer bir çalışma, 5 dakika %17'lik EDTA uygulamasının dentin mikrosertliğini 1 dakikalık uygulama ile kıyaslandığında daha fazla düşürdüğü belirlenmiştir (Saghiri ve ark., 2009). Smear tabakanın kaldırılmasında kullanılan %17'lik EDTA miktarının etkilerini inceleyen araştırmacılar aynı sürelerde uygulanan 5mL EDTA'nın, 10 veya 15ml'lik EDTA ya benzer sonuçlar vermesi ile yüksek miktarlarda EDTA kullanımının gerekmediğini bildirmişlerdir (Mello ve ark., 2008).

Literatürde EDTA'nın %10 ila %17 aralığındaki oranlarda kullanıldığı bildirilse de çoğunlukla %17'lik konsantrasyonu kullanılmaktadır. (Serper ve Calt, 2002). Çoğu araştırmacılar tarafından EDTA'nın %0,5–5,25'lik NaOCl ile birlikte kullanımı önerilmiştir (Baumgartner, 1987; Cengiz ve ark., 1990; Goldman ve ark., 1982; Tatsuta ve ark., 1999). Grawehr ve arkadaşları, EDTA ile NaOCl'in birlikte kullanımı zamanı EDTA'nın kalsiyum bağlama yeteneğini koruduğunu, fakat NaOCl'in doku çözücü etkisinin düştüğünü ve bu sebeple irrigasyon ajanların ayrılıkta kullanılmasının gerekli olduğunu vurgulamışlardır (Grawehr ve ark., 2003). Saleh ve arkadaşları, kök

kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanlarının kök dentininin mikrosertliğini, elastiklik modülünü ve elastikiyetini düşürerek kök kırığı oluşumunu artıracığını bildirmiştir (Saleh ve ark., 1999). Çalt ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 10 ml %17'lik EDTA ve ardından 10 ml %5'lik NaOCl irrigasyon solüsyonları kullanılarak kök kanalları 1dk ve 10dk süre ile irrigate edildikten sonra SEM altında incelenmiş ve 1dk süre ile yapılan irrigasyonda etkili smear tabakası temizliği olduğu, ama 10 dk ile irrigasyonda kök dentininde aşınmalar ile sonuçlandığı görülmüştür (Çalt ve ark., 2002). Weirong ve arkadaşları, 2010 yılında yapılan derleme sonucu EDTA ve NaOCl irrigasyon solüsyonlarının hususuyla da kombine şekilde kullanımının kök kırıklarının artmasına neden olacağını bildirmiş ve bu nedenle kök kanal dolumlarından önce kök kanallarının bu irrigasyon ajanlarından iyice temizlenmesi gerektiğini vurgulamıştır (Weirong ve ark., 2010).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında araştırmamızın iki ana grubundan ilkinde %17'lik EDTA sırasıyla %1 NaOCl, %2,5 NaOCl, %5,25 NaOCl solüsyonları ile kombine edilmiştir. Solüsyonların her biri 5ml hacminde kullanılmış ve irrigasyon 1 dk sürecek şekilde uygulanmıştır. Gruplarda ilk solüsyondan sonra kanal solüsyonlarla eşit süre distile su ile irrigate edilmiştir. Ancak irrigasyon solüsyonlarının etkilerinin nötralizasyonu için en son olarak 10 ml distile su ile 2 dk sürecek şekilde kök kanalları yıkanmıştır.

Etidronik asit olarak da bilinen 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate (HEBP), Sodyum hipoklorit ile birlikte kullanıldığı zaman smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştıran şelasyon ajanıdır. Etidronik asit, sabun gibi kişisel bakım ürünlerinde ve yüzme havuzlarında kullanılan biyoyoumlu bir maddedir (Licata, 1993). Tıpta ise HEBP, osteoporoz tedavisinde kullanılan bifosfonat olup, sistemik alımının çenelerde osteonekroza neden olduğu bildirilen bazı çalışmalar mevcuttur (Migliorati ark., 2005).

EDTA'nın NaOCl ile etkileşime girip NaOCl'nin etkinliğinin azalmasına neden olması, NaOCl'nin doku çözücü ve antimikrobiyal etkisini baskılaması, kök kanalının apikalinde yeterli etkinlik sağlayamaması, kök dentinini dekalsifikasyonu sonucu fazla aşınmaya neden olması gibi sınırlılıkları son zamanlarda alternatif şelasyon ajanların araştırılmasına yol açmıştır (Ballal ve ark., 2009; Grawehr ve ark., 2003). Son yıllarda, Etidronik asit gibi biyoyoumlu ve asidik özellikleri düşük şelasyon ajanlar kök kanal irrigasyonunda kullanılmaya başlanmıştır (Lottanti ve ark., 2009). HEBP'nin kök

kanal dentininde EDTA'ya kıyasla daha düşük agresif etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (De-Deus ve ark., 2008). Etidronik asit'in avantajları göz önünde bulundurularak dişin kırılma direnci üzerine olan etkisinin EDTA ile karşılaştırılması değerlendirilmesi için çalışmamızda %18 konsantrasyonu şelasyon ajanı olarak kullanılmıştır.

Etidronik asit NaOCl ile kimyasal özelliklerini kaybetmeden kombine bir karışım olarak kullanılabilir (Girard ve ark., 2005). Etidronik asit %9 ila %18 oranında kullanılmaktadır. NaOCl + EA karışımının bir diğer avantajı, karışım hem organik hem de inorganik dokulara karşı etkili olduğu için enstrümantasyon süresince kullanıldığında smear tabakası oluşumunun önlenmesidir (Lottanti ve ark., 2009). Tek başına kullanılan EA ise, smear tabakasını kaldıramaz (Kuruvilla ve ark., 2015). Morago ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yalnızca NaOCl solüsyonu ile karşılaştırıldığında, NaOCl / HEBP kombinasyonunun *Enterococcus faecalis* (E. faecalis) kültürlerinde ve dentin tübülleri içinde devamlı antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Morago ve ark., 2016).

Yapılan çalışmalarda, NaOCl'nin HEBP çözeltisi ile karıştırılmasından 1 saat sonra serbest klor içeriğinde bir miktar azalmaya (%20) neden olduğu, NaOCl'in proteolitik/ antibakteriyel etkilerini koruduğu ve böylece bu karışımın kemomekanik kök kanal hazırlığı sırasında kullanılmasının uygun olduğu gösterilmiştir (Lottanti ve ark. 2009; Arias-Moliz ve ark. 2014). De-Deus ve arkadaşlarına göre Etidronik asit, Sodyum hipoklorit ile hipokloroz asidi denge tutar. Aynı zamanda NaOCl+HEBP kombinasyonu kullanımı kanal dolgusunun dentine bağlanmasını optimize eder (De-Deus ve ark., 2008). Tartari ve arkadaşları, NaOCl ve Etidronik asit birlikte kullanıldığında NaOCl'in doku çözücü özelliğinde herhangi bir değişiklik gözlenmediğini bildirmiştir (Tartari ve ark., 2015). Christensen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada EDTA'nın aksine Etidronik asit'in zayıf bir dekalsifiye edici ajan olduğu görülmüştür (Christensen ve ark., 2008). Literatürdeki çalışmalar HEBP'nin EDTA'ya kıyasla daha az demineralizasyona neden olduğunu göstermektedir. %17 EDTA, %9 ve %18 HEBP karşılaştırılması yapılan bir çalışmada bu solüsyonların dentin üzerinde oluşturduğu değişiklikler farklı oranlarda çözünme göstermiştir. %9 ve %18 HEBP dentinin amid-3/ fosfat oranında hiçbir değişiklik oluşturmamıştır. %17 EDTA ise daha fazla fosfat açığa çıkararak kolajenin açığa çıkmasının daha da artmasına neden olmuştur. %9 ve %18 HEBP dentin yapısında çok az değişiklik veya

demineralizasyona neden olan daha zayıf etki gösterdiği bildirilmiştir (Neelakantan ve ark., 2012). Lottanti ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada irrigasyon solüsyonu olarak %1 NaOCl+%9 HEBP, %1 NaOCl + %17 EDTA ve %1 NaOCl + %2,25 PA solüsyonları kullanılmıştır ve sonuç olarak her iki uygulama da aynı miktarda smear tabakasını bırakmasına rağmen %17 EDTA daha fazla dentin dekalsifikasyonu yapmıştır. Kombine HEBP solüsyonu uygulanan dişlerde ise dekalsifikasyon oluşmamıştır (Lottanti ve ark., 2009). Tartari ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada %9 HEBP, %10 CA ve %17 EDTA şelasyon ajanları karşılaştırılmış ve mikrosertlik değerlendirilmiştir. HEBP kullanılan dişlerde dentin çözünmesinin az olması nedeniyle mikrosertlikte daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Tartari ve ark., 2013).

NaOCl ile herhangi bir tepkimeye girmemesi, NaOCl ile bileşik olarak kullanılabilmesi, EDTA ve Sitrik aside alternatif olarak önerilmesi, yeni bir irrigasyon ajanı olması, antimikrobiyal etkinliği ve dentin sertliğini daha az etkilediğinin bildirilmesi göz önüne alınarak bu tez çalışmasının ikinci ana grubunda Etidronik asit, NaOCl'nin farklı konsantrasyonları ile kombine edilerek kullanılmıştır (Souza ve ark., 2012).

Araştırmamızın sonuçlarına göre istatistiksel olarak, EDTA ve HEBP kullanılan çalışma grupları arasında kırılma direnci bakımından anlamlı fark bulunmamıştır. Literatür incelendiğinde HEBP ve EDTA'nın kırılma direncine etkisi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

Lantigua ve arkadaşları tarafından, %2,5 NaOCl + %17 EDTA ve %5 NaOCl + %18HEBP irrigasyon solüsyonları kullanılarak kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde kırılma direnci incelenmiş ve HEBP kullanılan grupta daha düşük kırılma direnci sonuçları elde edilmiştir (Lantigua ve ark., 2018). Çalışmamızla farklı sonuç elde edilmiş olmasının muhtemel nedeni araştırmacıların HEBP solüsyonunu NaOCl ile karıştırarak kullanmaları olabilir. Bu durum HEBP'nin kalsifiye edici etkisinin sınırlandırılmasına neden olmuş olabilir. Diğer taraftan, Gonzales ve arkadaşları, EA + NaOCl'nin, NaOCl ile dönüşümlü olarak EDTA içeren preparasyonların ve sadece NaOCl'nin kullanımı ile basma kuvvetine karşı kök kırılma direnci üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Sonuçlar bizim çalışmamızla uyumlu olarak kullanılan kök kanal irrigasyonunun ardından kök kırılma direncinde basınç kuvvetine karşı hiçbir fark olmadığı görülmüştür (Gonzales ve ark., 2018).

Her ne kadar, EDTA'nın oluşturduğu dekalsifikasyon miktarı HEBP'ye oranla mikrosertliği daha fazla dūřurse de alışmamızda EDTA ve HEBP grupları arasında fark bulunmaması EDTA'nın oluşturduğu dekalsifikasyonun kanal patının dentin tūbūllerine daha fazla penetre olmasının bir sonucu olabileceği dūřūncesindeyiz. Pecora ve arkadaşları, smear tabakasının kaldırılması sonucunda kōk dentinini açığa çıkararak kōk kanal patlarının penetrasyonunu sağladığı ve kōk dentini ile kōk kanal patları arasında temas alanını artırarak mekanik bağlanmaya izin verdiğini bildirmiştir (Pecora ve ark., 2001). Schafer ve arkadaşları, EDTA kullanımında smear tabakasının kaldırılması sonucu kōk kanal patlarının açığa çıkmış dentin tūbūllerine daha iyi penetre olacağını ve kōk kanal dentinine uyumluluk kabiliyetinin artacağını ve dolayısıyla endodontik tedavi gōrmūř dişlerin kōk kırılmalarına karşı direncinin daha fazla olacağını bildirmişlerdir (Schafer ve ark., 2007). alışmalar, AH Plus'ın dentin duvarlarına bağlanma kuvvetinin son durulama olarak EDTA kullanıldığında en yūksek olduğunu gōstermiřtir (Sly ve ark., 2007; De-Deus ve ark., 2008; Hashem ve ark., 2009).

Araştırmamızdaki birtakım kısıtlılıklar nedeniyle elde ettiğimiz sonuçlar klinik ortamı tam olarak yansıtmamaktadır. Çalışmamızda irrigasyon işleminin hemen ardından kanallar GP+AH plus ile doldurulmuştur. Ancak apeksifikasyon tedavisinde kanallar içinde kırılma direncini daha fazla etkileyebilecek Ca(OH)_2 veya MTA gibi materyallerin de kullanılması, farklı sonuçlarla karşılaşılabilmesine neden olabilir. Bu gibi ilave etkilerin gōzlenebilmesi için ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İn vitro olarak gerçekleştirilen çalışmamızda gereç ve yöntem sınırları içerisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkisi açısından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Negatif kontrol grubu kırılma değerlerinin diğer gruplara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu bulgu, kullanılan irrigasyon solüsyonundan bağımsız olarak, preparasyonu ve irrigasyon işlemlerinin dişlerin kırılma direncini azalttığını göstermektedir.
- Sodyum Hipokloritin farklı konsantrasyonlarda kullanıldığı gruplar arasında kırılma dirençleri açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar, sodyum hipokloritin kırılma direncini farklı konsantrasyonlarda benzer şekilde etkilediğine işaret etmektedir.
- %17 EDTA ve %18 Etidronik Asit irrigasyon solüsyonları kullanılan çalışma gruplarında kırılma direnci değerleri arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Her iki materyalin, sodyum hipoklorit ile kullanıldığında kırılma direncini benzer şekilde etkilediği sonucuna varılabilir.
- Çalışmamızın sonuçlarına göre; kök gelişimi tamamlanmamış immatür daimi dişlerin irrigasyonunda kullanılacak solüsyonların kırılma direnci üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılacak kalsiyum hidroksitin kanal dezdenfeksiyonunda kullanıldığı, farklı uygulama sürelerinin de test edildiği in vivo ve in vitro daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABBOTT PV, HEIJKOOP PS, CARDACI SC, HUME WR, HEITHERSAY GS (1991). An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 24:308-316.
- ABBOTT PV, YU C. A clinical classification of the status of the pulp and the root canal system. *Aust Dent J* 2007; 52: S17–31.
- AGGARWAL V, MIGLANI S, SINGLA M. (2012) Conventional apexification and revascularization induced maturogenesis of two non-vital, immature teeth in same patient: 24 months follow up of a case. *Journal of conservative dentistry: JCD*,15,68.
- AGRAWAL VINEET S, RAJESH M, SONALI K AND MUKESH P. A Contemporary Overview of Endodontic Irrigants - A Review. *J Dent App*. 2014;1(6):105-15.
- AKÇAY I (2007). Değişik irigasyon solüsyonlarının kök kanal dentini üzerindeki etkilerinin SEM ve mikrosertlik yöntemleri ile incelenmesi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- AKTENER O (1988). EDTA ve etilendiaminin smear tabakası üzerindeki etkilerinin scanning elektron mikroskobu ile araştırılması, *E Ü Dishek Fak Derg*, 9:87-100.
- AKTENER O (1989). Farklı konsantrasyonlardaki etilendiamin tetra asetik asitetilendiamin karışımlarının smear tabakası üzerindeki etkilerinin scanning elektron mikroskobu ile araştırılması, *E Ü Dishek Fak Derg*, 10:125–141.
- AKTENER OKŞAN T., B. O., ŞEN, B. H., & TEZEL, H. (1993). The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*,26(5), 301–305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00575.x>
- ALAÇAM T. Kök kanallarının irigasyonu İçinde: Alaçam T (ed). *Endodonti*, 2. Baskı. Ankara, Barış Yayıncılık; 2000: Bölüm 12
- ALAÇAM, A. (2012). T. Alaçam. (Editör). *Endodonti*. Birinci Baskı. Ankara. Özyurt Matbaacılık,s.
- ALAÇAM, T. (2000). Kök kanallarının irigasyonu. In: *Endodonti*, 2. Baskı. Ankara: Barış Yayıncılık, Bölüm 12.
- ALSAMADANI, K.H., ABDAZİZ EL, S.M. VE GAD EL, S. (2012) Influence of different restorative techniques on the strength of endodontically treated weakened roots. *Int J Dent*, 2012, 343712.
- AMERICAN ASSOCIATION OF E, AMERICAN ACADEMY OF O, MAXILLOFACIAL R. (2011) Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,111,234-237.

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY. Guideline on pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *Pediatr Dent* 2011; 33 (Reference Manual): 212–9.
- AMIT V, JAIN A, NAYAK UA, BHAT M. Maturogenesis by revascularization in an infected immature permanent tooth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2014, 32(2):172.
- ANDERSEN M, LUND A, ANDREASEN J, ANDREASEN F. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Dental Traumatology* 1992; 8(3): 104-108.
- ANDREASEN JO, FARİK B, MUNKSGAARD EC: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture, *Dent Traumatol* 18:134-137,2002.
- ANKRUM MT, HARTWELL GR, TRUITT JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved root of molars. *J Endod* 2004; 30: 234–7.
- ARENDS J, TEN BOSCH JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992;71:924-8.
- ARI H, ERDEMİR A (2005). Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod*, 31: 187-189.
- ARI H, ERDEMİR A, BELLİ S (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod* 30: 792-795.
- ARI H, ERDEMİR A, BELLİ S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod*. 2004;30(11):792-5.
- ARIAS-MOLIZ MT, ORDINOLA-ZAPATA R, BACA P, RUIZ-LINARES M, FERRER-LUQUE CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *Journal of endodontics* 2014; 40(12): 1999-2002.
- ARIKATLA, S. K., CHALASANI, U., MANDAVA, J., & YELISELA, R. K. (2018). Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers
Background : Aim : Materials and Methods : Statistical Analysis Used : Results : Conclusions : 21(4), 373–377. <https://doi.org/10.4103/JCD.JCD>
- ASLANTAŞ EE, BUZOĞLU HD, ALTUNDASAR E, SERPER A. Effect of EDTA, Sodium Hypochlorite, and Chlorhexidine Gluconate with or without Surface Modifiers on Dentin Microhardness. *J Endod* 2014;40:876-9.
- AUBUT V, POMMEL L, VERHILLE B, ORSIÈRE T, GARCIA S, ABOUT I, CAMPS J. Biological properties of a neutralized 2.5% sodium hypochlorite solution. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2010; 109(2): 120-125.
- AYHAN H, SULTAN N, CİRAK M, RUHİ MZ, BODUR H (1999). Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*, 32: 99-102.

- BAKLAND LK, ANDREASEN JO. Will mineral trioxide aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal healing complications subsequent to dental trauma? A review. *Dent Traumatol.* 2012; 28:25–32. [PubMed: 21895969]
- BALLAL 2010NV, MALA K, BHAT KS. Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod*;36:1385–8.
- BANCHS F, TROPE M. (2004) Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod*,30,196-200.
- BARBOSA SV, SAFAVI KE, SPANGBERG SW (1994). Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine, *Int Endod J*, 27:309–12.
- BAUMGARTNER JC, CUENIN PR (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 18:605-612.
- BAUMGARTNER JC, MADER CL (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 13:147-157.
- BECKER LC (2016) Safety assessment of etidronic acid and its simple salts as used in cosmetics. *Cosmetic Ingredient Review (Draft Report for Panel review)*, 1-48.
- BERBER V, GOMES B, SENA N, VIANNA M, FERRAZ C, ZAIA A, SOUZA-FILHO F. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *International endodontic journal* 2006; 39(1): 10-17.
- BERG MS, JACOBSEN EL, BEGOLE EA, REMEIKIS NA (1986). A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study, *J Endod*, 12: 192–7.
- BIEL P, MOHN D, ATTIN T, ZEHNDER M (2017) Interactions between the tetrasodium salts of EDTA and 1-hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid with sodium hypochlorite irrigants. *Journal of Endodontics* 43, 657–61.
- BIER CAS, SHEMESH H, TANOMARU-FILHO M, WESSELINK PR, WU M-K. The ability of different nickel-titanium rotary instrument to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009; 35: 236–8.
- BODRUMLU, E., PARLAK, E., BODRUMLU, E.H. (2010). The effect of irrigation solutions on the apical sealing ability in different root canal sealers. *Braz. Oral Res.*, 24: 165-169.
- BODRUMLU, E., TUNGA, U. (2006). Apical leakage of Resilon™ obturation material. *The J. Contemp. Dent. Pract.*, 7: 45-52.
- BOESSLER C, PETERS OA, ZEHNDER M. Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *Journal of endodontics* 2007; 33(3): 280-283.
- BORUM MK, ANDREASEN JO. Therapeutic and economic implications of traumatic dental injuries in Denmark: an estimate based on 7549 patients treated at a majortrauma centre. *Int J Paediatr Dent* 2001; 11: 249–58.

- BOSSHARD, D. D., & SCHROEDER, H. E. (1996). Cementogenesis reviewed: A comparison between human premolars and rodent molars. *Anatomical Record*, 245(2), 267–292. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(199606\)245:2<267::AID-AR12>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(199606)245:2<267::AID-AR12>3.0.CO;2-N)
- BOWDEN, G. H. W., & HAMILTON, I. R. (1998). Survival of oral bacteria. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, Vol. 9, pp. 54–85. <https://doi.org/10.1177/10454411980090010401>
- BRALY, B. V., & MAXWELL, E. H. (1981). Potential for tooth fracture in restorative dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 45(4), 411–414. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90102-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90102-5)
- BRAMANTE CM, BETTÌ LV. Comparative analysis of curved root canal preparation using nickel-titanium instruments with or without EDTA. *J Endod* 2000;26:278–280.
- BYSTROM A, SUNDQVIST The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:170-175.
- BYSTRÖM, A., & SUNDQVIST, G. (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*, 89(4), 321–328. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1981.tb01689.x>
- BYSTRÖM, A., & SUNDQVIST, G. (1983). Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 55(3), 307–312. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(83\)90333-x](https://doi.org/10.1016/0030-4220(83)90333-x)
- CALT S, SERPER A (2000). Smear layer removal by EGTA, *J Endod*, 26:459-61.
- CALT S, SERPER A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*. 2002;28(1):17-9.
- CAMERON A, WIDMER R. *Handbook of Paediatric Dentistry*. London, UK: Mosby; 2008. pp. 194–5.
- CAMILLERI J, MONTESIN FE, BRADY K (2005) The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater*,21,297-303.
- CAMP JH. Diagnosis dilemmas in vital pulp therapy: treatment for the toothache is changing, especially in young, immature teeth. *Pediatr Dent* 2008; 30: 197–205.
- CAPAR ID, AYDİNBELGE HA. Surface change of root canal dentin after the use of irrigation activation protocols: electron microscopy and an energy-dispersive X-ray microanalysis. *Microsc Res Tech*. 2013;76(9):893-6.
- CEHRELİ Z, SARA S, UYSAL S, TURGUT MD. MTA apical plugs in the treatment of traumatized immature teeth with large periapical lesions. *Dent Traumatol* 2011; 27: 59–62.
- CENGİZ T, AKTENER BO, PİSKİN B (1990). Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study, *Int Endod J*, 23:163-71.

- CHADHA R, TANEJA S, KUMAR M, SHARMA M. An in vitro comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different materials Contemporary Clinical Dentistry 2010; 1: 2.
- CHALA S, ABOUQAL R, RİDA S. Apexification of immature teeth with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate: systematic review and meta-analysis. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2011; 112:e36–e42.
- CHANG S-W, OH T-S, LEE W, CHEUNG GS-P, KIM H-C. (2013) Long-term observation of the mineral trioxide aggregate extrusion into the periapical lesion: a case series. International journal of oral science,5,54.
- CHANG YC, HUANG FM, TAI KW, CHOU MY (2001). The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine on cultured human periodontal ligament cells. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 92:446-450.
- CHÁVEZ DE PAZ, L. E., BERGENHOLTZ, G., & SVENSÄTER, G. (2010). The Effects of Antimicrobials on Endodontic Biofilm Bacteria. Journal of Endodontics, 36(1), 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.017>
- CHEN X, BAO Z, LIU Y, LUİ M, JİN X, XU X. Regenerative endodontic treatment of an immature permanent tooth at an early stage of root development: a case report. J Endod 2013; 39: 719–22.
- CHRISTENSEN CE, MCNEAL SF, ELEAZER P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. Journal of Endodontics. 2008;34(4):449-52.
- CHUEH LH, HO YC, KUO TC (2009) Regenerative endodontic treatment for necrotic immature permanent teeth. J Endod,35,160-164.
- CHUEH L-H, HUANG GT-J. Immature teeth with periradicular periodontitis or abscess undergoing apexogenesis: a paradigm shift. J Endod 2006, 32 (12): 1205- 13.
- CLARENCE J. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic and conventional post systems at various types of restoration. J Prosthodont 2001; 10: 26-36.
- CLEGG, M. S., VERTUCCI, F. J., WALKER, C., BELANGER, M., & BRİTTO, L. R. (2006). The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. Journal of Endodontics, 32(5), 434–437. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.07.002>
- COHEN BI, PAGNİLLO MK, NEWMAN I, MUSİKANT BL, DEUTSCH AS. Retention of core material supported by three post head designs. J Prosthet Dent 2000; 83: 624-628.
- COSTERTON, J. W., LEWANDOWSKI, Z., CALDWELL, D. E., KORBER, D. R., & LAPPİN-SCOTT, H. M. (1995). Microbial Biofilms - Annual Review of Microbiology, 49(1):711. Annual Review of Microbiology, 49, 711–745. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.49.100195.003431>

- COSTERTON, J. W., STEWART, P. S., & GREENBERG, E. P. (1999, May 21). Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. *Science*, Vol. 284, pp. 1318–1322. <https://doi.org/10.1126/science.284.5418.1318>
- COVIELLO J, BRILLIANT JD. (1979) A preliminary clinical study on the use of tricalcium phosphate as an apical barrier. *Journal of Endodontics*,5,6-13.
- CRUZ-FILHO AM, SOUSA-NETO MD, et al. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod* 2011;37:358-62.
- CRUZ-FILHO, A. M., PAULA, E. A., PÉCORA, J. D., AND SOUSA-NETO, M. D. (2002). Effect of different EGTA concentrations on dentin microhardness. *Brazilian Dental Journal*, 13(3).
- CRUZ-FILHO, AM, SOUSA-NETO MD, SAQUY PC, PÉCORA JD (2001). Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *J Endod*, 27: 183-184.
- CUNNINGHAM WT, BALEKJIAN AY (1980). Effect of temperature on collagendissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 49:175-177.
- CURREY J, BREAR K, ZIOUPOS P. Dependence of mechanical properties on fibre angle in narwhal tusk, a highly oriented biological composite. *Journal of biomechanics* 1994; 27(7): 891-897.
- CURY JA, BRAGOTTO C, VALDRIGHI L (1981). The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin. I. Influence of pH. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 52:446-448.
- CVEK M, CLEATON-JONES PE, et al. Pulp reactions to exposure after experimental crown fracture or grinding in the adult monkey. *J Endod* 1982;8:391-7.
- CVEK, M. (1992) Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol*, 8 (2), 45-55.
- ÇALIŞKAN MK. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. 3. Baskı İstanbul, Nobel TıpKitapevleri, 2014: 320, 380.
- ÇALT S, SERPER A. Time dependent effects of edta on dentin structures. *Journal of Endodontics*, 2002, 28: 17-19.
- ÇOBANKARA FK, ERDOĞAN H, HAMURCU M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011; 112(6):e149-54.
- ÇOBANKARA FK, ÜNGÖR M, BELLİ S. The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture. *J Endod* 2002; 28: 606–9.
- D'ARCANGELO C, D'AMARİO M. Use of MTA for orthograde obturation of nonvital teeth with open apices: report of two cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 104: 98-101, 2007.
- DAMMASCHKE T, GERTH HU, ZUCHNER H, SCHAFER E. (2005) Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater*,21,731-738.

- DANESH G, DAMMASCHKE T, GERTH HU, ZANDBIGLARI T, SCHAFER E. (2006) A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J*,39,213-219.
- DAS S. (1980) Apexification in a nonvital tooth by control of infection. *J Am Dent Assoc*,100,880-881.
- DAVEY, M. E., & O'TOOLE, G. A. (2000). Microbial Biofilms: from Ecology to Molecular Genetics. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4), 847–867. <https://doi.org/10.1128/mmbr.64.4.847-867.2000>
- DAVIES JM, HORTWITZ DA, DAVIES KJ. Potential roles of hypochlorous acid and N-chloroamines in collagen breakdown by phagocytic cells in synovitis. *Free Radical Biology & Medicine* 1993;15:637–43.
- DE DEUS G, XIMENES R, GURGEL-FILHO ED, PLOTKOWSKI MC, COUTINHO-FILHO T. (2005) Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. *Int Endod J*,38,604-609.
- DE GREGORIO C, ARIAS A, NAVARRETE N, CISNEROS R, COHENCA N. Differences in disinfection protocols for root canal treatments between general dentists and endodontists: A Web-based survey. *J Am Dent Assoc* 2015;146:536-43.
- DE LA FUENTE-NÚÑEZ, C., REFFUVEILLE, F., FERNÁNDEZ, L., & HANCOCK, R. E. W. (2013, October). Bacterial biofilm development as a multicellular adaptation: Antibiotic resistance and new therapeutic strategies. *Current Opinion in Microbiology*, Vol. 16, pp. 580–589. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.06.013>
- DE PAZ, L. E. C., BERGENHOLTZ, G., DAHLÉN, G., & SVENSÄTER, G. (2007). Response to alkaline stress by root canal bacteria in biofilms. *International Endodontic Journal*, 40(5), 344–355. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01226.x>
- DE-DEUS G, NAMEN F, GALAN J JR, ZEHNDER M. Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/Epiphany root fillings. *J Endod* 2008;34:703–705.
- DE-DEUS G, PACIORNIK S, MAURÍCIO MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J*. 2006;39(5):401-7.
- DE-DEUS G, REIS C, FIDEL S, FIDEL R, PACIORNIK S. Dentin demineralization when subjected to biopure mtad: a longitudinal and quantitative assessment. *Journal of Endodontics*, 2007, 33: 1364-1368.
- DE-DEUS G, ZEHNDER M, REIS C, et al. Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *J Endod* 2008;34:71–5.
- DEMIRCI, T., SEN, B. H., PISKIN, B., & (1995). Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Dental Traumatology*, 11(1), 6–9. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1995.tb00671.x>

- DEMILE SG, BHATTAL H, LOOMBA A. Apexification of anterior teeth: a comparative evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide paste. *J Clin Pediatr Dent*. 2012; 36:263–268. [PubMed: 22838228]
- DESAI, S. VE CHANDLER, N. (2009) The restoration of permanent immature anterior teeth, root filled using MTA: a review. *J Dent*, 37 (9), 652-657.
- DIANGELIS AJ, ANDREASEN JO, EBELESEEDER KA et al. International association of dental traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2012; 28: 2–12.
- DINESHKUMAR, T. S. VINOTHKUMAR, G. ARATHI, P. SHANTHISREE, AND D. KANDASWAMY, “Effect of ethylene diamine tetraacetic acid, MTADTM, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin,” *Journal of Conservative Dentistry*, vol. 15, no. 2, pp. 170–173, 2012
- DOGAN, H., ÇALT, S. (2001) Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*, 27 (9), 578-580.
- DOĞAN H, ÇALT S (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod* 27:578-580.
- DOMINGUEZ REYES A, MUNOZ MUNOZ L, AZNAR MARTIN T. (2005) Study of calcium hydroxide apexification in 26 young permanent incisors. *Dent Traumatol*, 21, 141-145.
- DOYON GE, DUMSHA T, FRAUNHOFER JA. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. *J Endod* 2005; 31: 895–7.
- DRISCOLL CO, DOWKER SE, ANDERSON P, WILSON RM, GULABIVALA KJ (2002). Effects of sodium hypochlorite solution on root dentine composition. *Mater Sci Mater med* 13:219-223.
- DUNAVANT, T. R., REGAN, J. D., GLICKMAN, G. N., SOLOMON, E. S., & HONEYMAN, A. L. (2006). Comparative Evaluation of Endodontic Irrigants against *Enterococcus faecalis* Biofilms. *Journal of Endodontics*, 32(6), 527–531. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.001>
- DUNN CJ, FITTON A, SORKIN EM. Etidronic acid. A review of its pharmacological properties and therapeutic efficacy in resorptive bone disease. *Drugs Aging* 1994;5:446–74.
- DUTNER J, MINES P, ANDERSON A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: A web-based survey. *J Endod* 2012;38:37-40.
- DYLEWSKI JJ. (1971) Apical closure of nonvital teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 32, 82-89.
- EGUSA H, SONOYAMA W, NISHIMURA M, ATSUTA I, AKIYAMA K. Stem cells in dentistry—part I: stem cell sources. *J Prosthodont Res* 2012, 56 (3): 151-65.
- EHRICH DG, BRIAN JD, WALKER WA. Sodium hypochlorite accident: inadvertent injection into the maxillary sinus. *J Endod* 1993, 19 (4): 180-2.

- EICK JD, WILKO RA, ANDERSON CH, SORENSEN SE (1970) Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research* 49(Suppl), 1359-68.
- ELDENİZ AU, ERDEMİR A, BELLİ S (2005). Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin, *J Endod*, 31:107-10.
- ELDENİZ AU, ERDEMİR A, BELLİ S (2005). Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin, *J Endod*, 31:107-10.
- ELLIS, S. G., MACFARLANE, T. V., & MCCORD, J. F. (1999). Influence of patient age on the nature of tooth fracture. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 82(2), 226-230. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70161-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70161-7)
- EL-MELIGY OA, AVERY DR. (2006) Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr Dent*, 28, 248-253.
- EL-NESR N.M, AVERY, J.K. (2006). Development of the teeth: root and supporting tissues. In: *Oral Development and Histology*. Ed.: J.K. Avery, P.F. Steele. 3rd. Ed., New York, Chapter 6.
- ENDAL U, SHEN Y, KNUT Å, GAO Y, HAAPASALO M. A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *J Endod* 2011, 37 (2): 223-7.
- ERDEM AP, SEPET E. (2008) Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dent Traumatol*, 24, e38-41.
- ESTRELA C, ESTRELA CR, BARBİN EL, SPANÓ JCE, MARCHESAN MA, PÉCORA JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal* 2002; 13(2): 113-117.
- ESTRELA C, RIBEIRO RG, ESTRELA CR, PÉCORA JD, SOUSA-NETO MD. Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods. *Brazilian Dental Journal* 2003; 14(1): 58-62.
- FARDAİ O, TURNBULL RS. A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *The Journal of the American Dental Association* 1986; 112(6): 863-869.
- FISHER, M.A., BERZINS, D.W., BAHCALL, J.K. (2007). An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J. Endod.*, 33: 856-858.
- FLANAGAN, T. A. (2014). What can cause the pulps of immature, permanent teeth with open apices to become necrotic and what treatment options are available for these teeth. *Australian Endodontic Journal*, 40(3), 95-100. <https://doi.org/10.1111/aej.12087>
- FRANK AL. (1966) Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc*, 72, 87-93.
- FUKS, A.B., HELİNG, I. (2009). Erken daimi dişlenme döneminde pulpa tedavisi. T. Tortop & Ö. Tulunoğlu (Ed.). *Çocuk Diş Hekimliği Bebeklikten Ergenliğe*. Ankara: Atlas Kitapçılık

- GAÏTONDE P, BISHOP K. Apexification with mineral trioxide aggregate: an overview of the material and technique. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2007; 15: 41–5. 15.
- GANGULI, C. HENDERSON, M. H. GRANT, S. T. MEIKLE, A. W. LLOYD, AND I. GOLDIE, “The interactions of bisphosphonates in solution and as coatings on hydroxyapatite with osteoblasts,” *Journal of Materials Science*, vol. 13, no. 10, pp. 923–931, 2002
- GARBEROGLIO R, BEMLE C (1994). Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 78:359-67.
- GARCIA-GODOY F, MURRAY PE. (2012) Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dent Traumatol*, 28, 33-41.
- GARCÍA AJ, KUGA MC, PALMA-DÍBB RG, SO MV, MATSUMOTO MA, FARIA G, KEİNE KC. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *J Investig Clin Dent*. 2013;4(4):229-32.
- GHISI AC, KOPPER PM, BALDASSO FE, STÜRMER CP, ROSSI-FEDELE G, STEIER L, et al. Effect of superoxidized water and sodium hypochlorite, associated or not with EDTA, on organic and inorganic components of bovine root dentin. *J Endod* 2015;41:925-30.
- GHOSE LJ, BAGHDADY VS, HIKMAT YM. (1987) Apexification of immature apices of pulpless permanent anterior teeth with calcium hydroxide. *J Endod*, 13, 285-290.
- GILBERT, P., EVANS, D. J., & BROWN, M. R. W. (1993). Formation and dispersal of bacterial biofilms in vivo and in situ. *Journal of Applied Bacteriology*, 74, 67S-78S. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1993.tb04343.x>
- GIRARD S, PAQUE F, BADERTSCHER M, et al. Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *Int Endod J* 2005;38:810–6.
- GLENDOR, UWM.; ANDREASEN, JO. Classification, Epidemiology and Etiology. In: Andreasen, JO.; Andreasen, FM.; Andersson, L., editors. *Traumatic Injuries to the Teeth*. 4th. ed.. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2007. p. 217-254.
- GOLDBERG F, ABRAMOVICH A (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal, *J Endod*, 3:101-5.
- GOLDMAN LB, GOLDMAN M, KRONMAN JH, LIN PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 1981, 52: 197-204.
- GOLDMAN M, GOLDMAN LB, CAVALERI R, BOGİS J, LIN PS (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2, *J Endod*, 8:487-92.
- GOLDMAN M, GOLDMAN LB, CAVALERI R, BOGİS J, LIN PS (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2, *J Endod*, 8:487-92.

- GOLDMAN M, KRONMAN JH, GOLDMAN LB, CLAUSEN H, GRADY J. New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of endodontics* 1976; 2(9): 257-260.
- GOPIKRISHNA V, PARE S, KUMAR AP, NARAYANAN LL. Irrigation protocol among endodontic faculty and post-graduate students in dental colleges of India: A survey. *Journal of Conservative Dentistry* 2013; 16(5): 394.
- GRANDINI S, BALLERI P, FERRARI M. Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. *J Endod* 2002;28:300-3.
- GRAWEHR M, SENER B, WALTIMO T, ZEHNDER M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal* 2003; 36(6): 411-415.
- GRIGORATOS D, KNOWLES J, NG YL, GULABIVALA K (2001). Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J*, 34: 113-119.
- GRIGORATOS D, KNOWLES J, NG YL, GULABIVALA K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International Endodontic Journal* 2001;34:113-9.
- GROSSMAN L. (1988) *Endodontic practice*, 102-115.
- GROSSMAN LI, MEIMAN BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *The Journal of the American Dental Association* 1941; 28(2): 223-225.
- GUEROSOLI DM, MARCHESAN MA, WALMSLEY AD, LUMLEY PJ, PECORA JD. Evaluation of smear layer Removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J* 2002; 35: 418-21
- GULABIVALA K, NG Y-L, GILBERTSON M, EAMES I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas.* 2010;31:R49
- HAAPASALO M, ENDAL U, ZANDI H, COIL JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005, 10 (1): 77-102.
- HAAPASALO M, SHEN Y, QIAN W, GAO Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America* 2010; 54(2): 291-312.
- HAÏKEL Y, GORCE F, ALLEMANN C, VOEGEL JC (1994). In vitro efficiency of endodontic irrigation solutions on protein desorption, *Int Endod J*, 27:16-20.
- HAPPONHN RP, SÖDERLING E, VIANDER M, LINKO-KITTUNEN L, PELLINIEMI L. Immunocytochemical demonstration of *Actinomyces* species and *Arachnia propionica* in periapical infections. *Journal of Oral Pathology & Medicine* 1985; 14(5): 405-413.
- HARBERT H. (1996) One-step apexification without calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 22, 690-692.
- HARGREAVES KM, DIOGENES A, TEIXEIRA FB. Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *J Endod* 2013; 39: S30-43.

- HARGREAVES KM, GIESLER T, HENRY M, WANG Y. Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *Journal of endodontics*. 2008; 34:S51–S56. [PubMed: 18565373]
- HARRISON, J.W., HAND, R.E. (1981). The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25 percent sodium hypochlorite. *J. Endod.*, 7: 128-132.
- HASSELGREN G, OLSSON B, CVEK M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *Journal of Endodontics* 1988; 14(3): 125-127.
- HELPER AR, MELNICK S, SCHILDER H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34: 661-670.
- HELING I, CHANDLER NP. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int Endod J*. 1998;31:8
- HOPE, C. K., & WILSON, M. (2006). Biofilm structure and cell vitality in a laboratory model of subgingival plaque. *Journal of Microbiological Methods*, 66(3), 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2006.01.003>
- HOTTEL TL, EL-REFAI NY, JONES JJ (1999). A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth, *J Endod*, 25:716-7.
- HUANG GT, SONOYAMA W, LIU Y et al. (2008) The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *J Endod*, 34, 645-651.
- HUANG GT-J, SHAGRAMANOVA K, CHAN SW. (2006) Formation of odontoblast-like cells from cultured human dental pulp cells on dentin in vitro. *Journal of endodontics*, 32, 1066-1073.
- HUANG X, XU X, BRINGAS P JR, HUNG YP, CHAI Y. Smad4-Shh-Nfic signaling cascade-mediated epithelial-mesenchymal interaction is crucial in regulating tooth root development. *J Bone Miner Res* 2010; 25: 1167–1178.
- HUANG, R., LI, M., & GREGORY, R. L. (2011). Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*, Vol. 2, pp. 435–444. <https://doi.org/10.4161/viru.2.5.16140>
- HUANG, T.Y., GULABIVALA, K., NG, Y.L. (2008) A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal*, 41 (1), 60-71.
- HULSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A (2003) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal* 36, 810–30.
- HULSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod* 2003;36:810–30.
- HULSMANN M, PETERS OA, DUMMER PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005; 10: 30–76.
- HUTCHINS DW, PARKER WA: Indirect pulp capping: clinical evaluation using polymethyl methacrylate reinforced zinc oxide-eugenol cement, *ASDC J Dent Child* 39:55-56, 1972.

- HÜLSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*. 2003;36(12): 810–30.
- INGLE JI, BAKLAND LK (1994). *Endodontics* 4th ed. Lea&Febiger, Philadelphia, ABD s: 180-185.
- IWAYA SI, IKAWA M, KUBOTA M. (2001) Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol*,17,185-187.
- JADHAV GR, SHAH N, LOGANI A. Platelet-rich plasma supplemented revascularization of an immature tooth associated with a periapical lesion in a 40-year-old man. *Case Rep Dent* 2014.
- JEANSONNE MJ, WHITE RR (1994). A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod*, 20: 276-278.
- JEERUPHAN T, JANTARAT J, YANPISET K, SUWANNAPAN L, KHEWSAWAI P, HARGREAVES KM. Mahidol study 1: comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods: a retrospective study. *Journal of endodontics*. 2012; 38:1330–1336. [PubMed: 22980172]
- JENKINSON, H. F., & LAPPIN-SCOTT, H. M. (2001). Biofilms adhere to stay. *Trends in Microbiology*, 9(1), 9–10. [https://doi.org/10.1016/s0966-842x\(00\)01891-6](https://doi.org/10.1016/s0966-842x(00)01891-6)
- JOHNSON BR. (1999) Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*,87,398-404.
- JOHNSON, W.T., NOBLETT, W.C. (2009). Cleaning and shaping. In: *Endodontics: Principles and practice*. Ed.: M. Torabinejad, R.E. Walton. 4th ed. Saunders Elsevier, Chapter 15.
- JUNG IY, LEE SJ, HARGREAVES KM. (2008) Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *J Endod*,34,876-887.
- JYOTHI M. (2012) Management of Immature Teeth-A Paradigm Shift From Apexification To Apexogenesis.
- KABA AD, MARECHAUX SC. A fourteen-year follow-up study of traumatic injuries to the permanent dentition. *ASDC J Dent Child*. 1989; 56:417–425. [PubMed: 2681301]
- KARAPINAR M, SUNAY H, TANALP J, BAYIRLI G. Fracture resistance of root using different canal filling systems. *International Endodontic Journal*, 2009, 42: 705-710.
- KATEBZADEH, N., DALTON, B.C. VE TROPE, M. (1998) Strengthening immature teeth during and after apexification. *J Endod*, 24 (4), 256-259.
- KATZ L (1971). Hard tissue as a composite materials bounds on the elastic behavior. *J biomech* 4:455-473.

- KAWASAKI K, RUBEN J, STOKROOS I, TAKAGI O, ARENDS J (1999). The remineralization of EDTA-treated human dentine. *Caries Res* 33:275-280.
- KENNEDY WA, WALKER WA 3RD, GOUGH RW (1986). Smear layer removal effects on apical leakage, *J Endod*, 12:21-7.
- KEREKES K, HEIDE S, JACOBSEN I. (1980) Follow-up examination of endodontic treatment in traumatized juvenile incisors. *Journal of endodontics*,6,744-748.
- KIM HC, KIM HJ, LEE CJ. Mechanical response of nickel-titanium instruments with different cross-sectional designs during shaping of simulated curved canals. *Int Endod J* 2009; 42: 593–602.
- KIM HC, LEE MH, YUM J, VERSLUIS A, LEE CJ, KIM BM. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod* 2010; 36: 1195-9.
- KISHEN, A. (2006) Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*, 13 (1), 57-83.
- KISHEN, A., MURUKESHAN, V. M., KRISHNAKUMAR, V., & ASUNDI, A. (2001). Analysis on the nature of thermally induced deformation in human dentine by electronic speckle pattern interferometry (ESPI). *Journal of Dentistry*, 29(8), 531–537. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(01\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(01)00048-3)
- KLEIER DJ, BARR ES. (1991) A study of endodontically apexified teeth. *Endod Dent Traumatol*,7,112-117.
- KOCH K, BRAVE D. Real world endo: design features of rotary files and how they affect clinical performance. *Oral Health* 2002; 92: 39–49.
- KURANER T, TANBOGA (1987). Kök kanallarının çeşitli biyomekanik ve kimyasal preparasyonlarının tarama elektron mikroskopta (SEM) incelenmesi, *Hacettepe Dishekim Fak Derg*, 11:172-178.
- KURUVILLA A, JANAGATH B, CHICKMAGARAVALLI K, RAMACANHDRA PK, JOHNS DA, ABRAHAM A. A comparative evaluation of smear layer removal by using EDTA, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopy. *J Conserv Dent* 2015;18:247-51.
- KURUVILLA JR, KAMATH MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of endodontics* 1998; 24(7): 472-476.
- KVINNSLAND I, HEYERAAS KJ. (1989) Dentin and osteodentin matrix formation in apicoectomized replanted incisors in cats. *Acta odontologica Scandinavica*,47,41-52.
- LAM PP, PALAMARA JE, MESSER HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod* 2005; 31: 529–32.
- LANTIGUA DOMÍNGUEZ MC, FELIZ PEDRINHA V, OLIVEIRA ATHAÍDE DA SILVA LC, SOARES RIBEIRO ME, LORETTO SC, DE ALMEIDA RODRIGUES P. Effects of different irrigation solutions on root fracture resistance: An in vitro study. *Iran Endod J* 2018;13:367-72.

- LARSEN, T. (2002). Susceptibility of *Porphyromonas gingivalis* in biofilms to amoxicillin, doxycycline and metronidazole. *Oral Microbiology and Immunology*, 17(5), 267–271. <https://doi.org/10.1034/j.1399-302X.2002.170501.x>
- LEE B-N, MOON J-W, CHANG H-S ve ark. (2015a) A review of the regenerative endodontic treatment procedure. *Restorative dentistry & endodontics*, 40, 179-187.
- LEE L-W, HSIEH S-C, LIN Y-H ve ark. (2015b) Comparison of clinical outcomes for 40 necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis. *Journal of the Formosan Medical Association*, 114, 139-146.
- LEONARDO M, TANOMARU FİLHO M, SİLVA L, NELSON FİLHO P, BONİFACIO K, ITO I. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *Journal of Endodontics* 1999; 25(3): 167-171.
- LEWINSTEIN I, GRAJOWER R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 1981;7:421–2.
- LIEBERMAN J, TROWBRIDGE H. (1983) Apical closure of nonvital permanent incisor teeth where no treatment was performed: case report. *J Endod*, 9, 257-260.
- LIEBERMAN N, TROMBRIDGE C, KLEIN A, LEVY S. Endodontic retreatment: a rational approach to nonsurgical root canal therapy of immature teeth. *Endod Dent Traumatol*. 12: 246-53, 1996.
- LİM TS, WEE TY, CHOİ MY, KOH WC, SAE-LİM V (2003). Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde File Prep in smear layer removal. *Int Endod J* 36:336-343.
- LIOLIOS E, ECONOMIDES N, PARİSSİS-MESSİMERİS S, BOUTSİOUKİS A (1997). The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation, *Int Endod J*, 30:51-7.
- LOTTANTİ S, GAUTSCHİ H, SENER B, ZEHNDER M (2009) Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal* 42, 335–43
- LOTTANTİ S, GAUTSCHİ H, SENER B, ZEHNDER M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J* 2009;42:335-43.
- LOTTANTİ S, GAUTSCHİ H, SENER B, ZEHNDER M. Effects of ethylenediaminetetraacetic acid, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear later. *Int Endod J* 2009;42:335-43.
- MACKIE IC. (1998) UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry. Management and root canal treatment of non-vital immature permanent incisor teeth. Faculty of Dental Surgery, Royal College of Surgeons. *Int J Paediatr Dent*, 8, 289-293.
- MADER CL, BAUMGARTNER JC, PETERS DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477–83.

- MAI S, KIM YK, AROLA DD, et al. Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *J Dent* 2010;38:201–6.
- MANOGUE, M., PATEL, S., WALKER, R.T. (2005a). The life of a tooth. In: *The Principles of Endodontics*. Oxford University Press, 1st Ed., Chapter A2.
- MARENDING M, LUDER H, BRUNNER T, KNECHT S, STARK W, ZEHNDER M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *International endodontic journal* 2007; 40(10): 786-793.
- MARENDING, M., PAQUE, F., FISCHER, J., ZEHNDER, M. (2007) Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *Journal of Endodontics*, 33 (11), 1325-1328.
- MATHEW AND M. N. HEGDE, “Management of non vital immature teeth—case reports and review,” *Endodontology*, vol. 18, pp. 18–22, 2010.
- MCCOMB D, SMITH DC (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures, *J Endod*, 1:238-42.
- MELLO I, COIL J, ANTONIAZZI JH. Does a final rinse to remove smear layer interfere on dentin permeability of root canals? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(4):e47-51.
- MELLO, I., ROBAZZA, C.R., ANTONIAZZI, J.H. AND COIL, J. (2008, Nov). Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 106(5), 40-43.
- MERYON SD, TOBIAS RS, JAKEMAN KJ (1987). Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro, *J Prosthet Dent*, 57:174-9.
- MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI (MEB) (2006) Metal teknolojisi, Sertlik ölçme yöntemleri, Ankara, 1-38
- MİRSEİFİNEJAD R, TABRİZİZADE M, DAVARI A, MEHRAVAR F. Efficacy of Different Root Canal Irrigants on Smear Layer Removal after Post Space Preparation: A Scanning Electron Microscopy Evaluation. *Iran Endod J*. 2017;12(2):185-90.
- MJOR AI, HEYERAAS KJ; Pulp-dentin and periodontal anatomy and physiology. In Orstavik D, Pitt Ford TR, editors: *Essential endodontology*, London, 1998, Blackwell.
- MOHAMMADI Z. Strategies to manage permanent nonvital teeth with open apices: a clinical update. *Int DenJ* 2011; 61: 25–30.
- MOLVEN, O., OLSEN, I., & KEREKES, K. (1991). Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *Dental Traumatology*, 7(5), 226–229. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1991.tb00441.x>
- MORAGO A, ORDINOLA-ZAPATA R, FERRER-LUQUE CM, et al. Influence of smear layer on the antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigating solution in infected dentin. *J Endod* 2016;42:1647–50.

- MORGAN LA, BAUMGARTNER JC (1997). Demineralization of resected root-ends with methylene blue dye, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 84:74-8.
- MORGANO SM, MILLOT P. Clinical success of cast metal posts and cores. *J Prosthet Dent* 1993;70:11-6.
- MORSE DR, O'LARNIC J, YESILSOY C. (1990) Apexification: review of the literature. *Quintessence Int*,21,589-598.
- MOSHAVERİNİA A, BRANTLEY WA, CHEE WW, et al. Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glassionomer dental cements. *Dent Mater* 2010;26:1137-43.
- MURRAY PE, GARCIA-GODOY F, HARGREAVES KM. (2007) Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod*,33,377-390.
- NAGAVENI NB, UMANSANKARA KV, RADHIKA NB, MANJUNATH S. Successful closure of the root apex in non-vital permanent incisors with wide open apices using single calcium hydroxide (CaOH) dressing- report of 2 cases. *J Clin Exp Dent*. 2: 26-9,2010
- NAIR PR, SJÖGREN U, KREY G, KAHNBERG K-E, SUNDQVIST G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *Journal of Endodontics* 1990; 16(12): 580-588.
- NAIR, P. N. R., HENRY, S., CANO, V., & VERA, J. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 99(2), 231-252. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.10.005>
- NAKASHIMA K, TERETA R. Effect of pH modified EDTA solution to the properties of dentin. *J Endod* 2005;31:47-9.
- NAMOUR M, THEYS S. Pulp revascularization of immature permanent teeth: a review of the literature and a proposal of a new clinical protocol. *ScientificWorldJournal* 2014, 2014.
- NECCHI S, TASCHIERI S, PETRINI L, MIGLIAVACCA F. Mechanical behaviour of nickel-titanium rotary endodontic instruments in simulated clinical conditions: a computational study. *Int Endod J* 2008; 41: 939-49.
- NEELAKANTAN P, VARUGHESE AA, SHARMA S, SUBBARAO CV, ZEHNDER M, DE-DEUS G. Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *Int Endod J* 2012;45:1097-102.
- NEVINS A, FINKELSTEIN F, LAPORTA R, BORDEN BG. (1978) Induction of hard tissue into pulpless open-apex teeth using collagen-calcium phosphate gel. *Journal of endodontics*,4,76-81.

- NEVINS AJ, FINKELSTEIN F, BORDEN BG, LAPORTA R. (1976) Revitalization of pulpless open apex teeth in rhesus monkeys, using collagen-calcium phosphate gel. *Journal of endodontics*,2,159-165.
- NİU W, YOSHİOKA T, KOBAYASHİ C, SUDA H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J*. 2002;35(11):934-9.
- NİU W, YOSHİOKA T, KOBAYASHİ C, SUDA H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J* 2002;35:934-9.
- NOİRİ Y, EHARA A, KAWAHARA T, TAKEMURA N, EBİSU S. Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. *Journal of endodontics* 2002; 28(10): 679-683.
- NORTEMANN B (1999). Biodegradation of EDTA, *Appl Microbiol Biotechnol*, 51:751-9.
- NORTEMANN B (1999). Biodegradation of EDTA, *Appl Microbiol Biotechnol*, 51:751-9.
- NOSRAT A, HOMAYOUNFAR N, OLOOMI K. (2012) Drawbacks and unfavorable outcomes of regenerative endodontic treatments of necrotic immature teeth: a literature review and report of a case. *J Endod*,38,1428-1434.
- NYGAARD-OSTBY B (1957). Chelation in root canal therapy: ethylene daimine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontologisk Tidskrift* 65:3-11.
- NYGAARD-ØSTBY B. Chelation in root canal therapy: ethylenediaminetetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tids* 1957;65:311.
- O'CONNELL MS, MORGAN LA, BEELER WJ, BAUMGARTNER JC (2000) A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics* 26, 739–43.
- O'NEİL MJ (2006) *The Merck Index, an Encyclopedia of Drugs, Chemicals, and Biologicals*, 14th edn. Whitehouse Station/Rahway: Merck Inc.
- O'CONNELL MS, MORGAN LA, BEELER WJ, BAUMGARTNER JC (2000). A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA, *J Endod*, 26:739-43.
- OHARA P, TORABİNEJAD M, KETTERİNG JD. Antibacterial effects of various endodontic medicaments on selected anaerobic bacteria. *Journal of endodontics* 1993; 19(10): 498-500.
- OLIVEİRA LD, CARVALHO CA, NUNES W, VALERA MC, CAMARGO CH, JORGE AO. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* 2007;104:125–8.
- OLIVEİRA LD, CARVALHO CA, NUNES W, VALERA MC, CAMARGO CH. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104: 125-8.

- ORSTAVÍK, D., KEREKES, K., & MOLVEN, O. (1991). Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *International Endodontic Journal*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00863.x>
- OWENS, P. D. A. (1974). A light microscopic study of the development of the roots of premolar teeth in dogs. *Archives of Oral Biology*, 19(7). [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(74\)90068-5](https://doi.org/10.1016/0003-9969(74)90068-5)
- ÖSTBY BN. (1961) The role of the blood clot in endodontic therapy An experimental histologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 19, 323-353.
- PACE R, GIULIANI V, PINI PRATO L, BACCETTI T, PAGAVINO G. (2007) Apical plug technique using mineral trioxide aggregate: results from a case series. *Int Endod J*, 40, 478-484
- PANIĞHI M, G'SELL C (1993). Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. *J Biomed Mater Res* 27:975-981.
- PAPPEN FG, QIAN W, ALEKSEJŪNIENĖ J, DE TOLEDO LEONARDO R, LEONARDO MR, HAAPASALO M. Inhibition of sodium hypochlorite antimicrobial activity in the presence of bovine serum albumin. *J Endod* 2010, 36 (2): 268-71.
- PAQUE F, GANAHL D, PETERS OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by microcomputed tomography. *J Endod* 2009;35:1056-9. Crossref
- PAQUÉ F, RECHENBERG D-K, ZEHNDER M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *Journal of endodontics* 2012; 38(5): 692-695.
- PARK H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91: 715–8.
- PASCON, F. M., KANTOVITZ, K. R., SACRAMENTO, P. A., NOBRE-DOS-SANTOS, M., & PUPPIN-RONTANI, R. M. (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of Dentistry*, 37(12), 903–908. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.07.004>
- PASHLEY D, OKABE A, PARHAM P. The relation between dentin microhardness and tubule density. *Endo Dent Traumatol* 1985;1:176-9.
- PASHLEY DH (1992) Smear layer: overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society* 88(Suppl1), 215–24
- PASHLEY DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88:215-24.
- PASHLEY EL, BIRDSOONG NL, BOWMAN K, PASHLEY DH (1985). Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 11:525-528.
- PATERSON S (1963). In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 16:83-103.

- PATIL CR, UPPIN V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study. *Indian Journal of Dental Research* 2011; 22(1): 22.
- PAWLICKA H. VERMENDUNG DER CHELATVERBINDUNGEN ZUR ERWEITERUNG DER WURZELKANALE: Mikroharteuntersuchung. *Stomatologie der DDR* 1982; 3 : 355-61
- PAWLICKA, H. (1982). [The use of chelating agents for widening of the root canals.v Determination of microhardness]. *Stomatologie Der DDR*, 32(5), 355–361. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6956060>
- PECORA JD, CUSSIOLI AD, GUERISOLI DM, MARCHESAN MA, SOUSA- NETO MD, BRUGNERA JUNIOR A. Evaluation of er: yag laser and edta on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Brasilian Dental Journal*, 2001, 12: 27-30.
- PETERS OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559–67.203.
- PETERS, L. B., VAN WINKELHOFF, A. J., BUIJS, J. F., & WESSELINK, P. R. (2002). Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*, 35(1), 13–21. <https://doi.org/10.1046/j.0143-2885.2001.00447.x>
- PETRINO JA, BODA KK, SHAMBARGER S, BOWLES WR, MCCLANAHAN SB. (2010) Challenges in regenerative endodontics: a case series. *J Endod*,36,536-541.
- PEUTZFELDT A, SAHAFI A, ASMUSSEN E. A Survey of failed post-retained restorations. *Clin Oral Invest* 2008; 12(1): 37-44.
- PITOUT, E., OBERHOLZER, T.G., BLIGNAUT, E., MOLEPO, J. (2006). Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or resilon root canal filling material. *J. Endod.*, 32: 879-881.
- PORTENIER I, WALTIMO T, ØRSTAVIK D, HAAPASALO M. The susceptibility of starved, stationary phase, and growing cells of *Enterococcus faecalis* to endodontic medicaments. *Journal of Endodontics* 2005; 31(5): 380-386.
- QIAN W, SHEN Y, HAAPASALO M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;37(10):1437-41.
- QIAN W, SHEN Y, HAAPASALO M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;37(10):1437–41.
- RADCLIFFE C, POTOUIDOU L, QURESHI R, HABAHBEH N, QUALTROUGH A, WORTHINGTON H, DRUCKER D. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004, 37 (7): 438-46.
- RAFTER M. Apexification: a review. *Dent Traumatol.* 21: 1-8, 2005.
- RAJASINGHAM R, NG YL, KNOWLES JC, GULABIVALA K. The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain. *Int Endod J* 2010;43:31-40.

- RALDI, D.P., MELLO, I., HABITANTE, S.M., LAGE-MARQUEZ, J.L., COIL, J. (2009). Treatment options for teeth with open apices and apical periodontitis. J. Can. Dent. Assoc., 75: 591-596.
- RAM, Z. (1977) Effectiveness of root canal irrigation. Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology, 44 (2), 306-312.
- RAMACHANDRAN NAIR, P. N. (1987). Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. Journal of Endodontics, 13(1), 29–39. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80089-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80089-4)
- RASIMICK BJ, NEKICH M, HLADEK MM, MUSIKANT BL, DEUTSCH AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. Journal of Endodontics 2008; 34(12): 1521-1523.
- REEH ES, MESSER HH, DOUGLAS WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. J Endod 1989;15:512-16.
- RETAMOZO B, SHABAHANG S, JOHNSON N, APRECIO RM, TORABINEJAD M. Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate Enterococcus faecalis. Journal of Endodontics 2010; 36(3): 520-523.
- RITTER ALDS, RITTER AV, MURRAH V, SIGURDSSON A, TROPE M. (2004) Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after treatment with minocycline and doxycycline assessed by laser Doppler flowmetry, radiography, and histology. Dental Traumatology, 20, 75-84.
- RICUCCI, D., & SIQUEIRA, J. F. (2010). Biofilms and apical periodontitis: Study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. Journal of Endodontics, 36(8), 1277–1288. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.04.007>
- ROME WJ, DORAN JE, WALKER WA. The effectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. Journal of endodontics 1985; 11(7): 281-288.
- ROSENBERG B, MURRAY PE, NAMEROW K: The effect of calcium hydroxide root filing on dentin fracture strength, Dent Traumatol 23:26-29, 2007.
- ROTSTEIN I, DANKNER E, GOLDMAN A, HELING I, STABHOLZ A, ZALKIND M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. J Endod. 1996;22(1):23-5.
- RÖDIG, T., HIRSCHLEB, M., ZAPF, A., HULSMANN, M. (2011) Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. International Endodontic Journal, 44 (12), 1155-1161.
- RUBIN LM, SKOBE Z, KRAKOW AA, GRON P (1979). The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. J Endod 5:328-35.
- RUSSELL AND M. J. ROGERS, “Bisphosphonates: from the laboratory to the clinic and back again,” Bone, vol. 25, no. 1, pp. 97–106, 1999
- SAGHIRI MA, DELVARANI A, MEHRVARZ FAR P, et al. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod

- SAGHİRİ MA, DELVARİNİ A, MEHRVARZFAR P, LOTFİ M. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108(6): e29-34
- SAKAE T, MISHIMA H, KOZAWA Y (1988). Changes in bovine dentin mineral with sodium hypochlorite treatment, *J Dent Res*, 67:1229-34.
- SALEH AA, ETTMAN WM (1999). Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine, *J Dent*, 27:43-6.
- SALEH AA, ETTMAN WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *Journal of Dentistry*, 1999, 27: 43-46.
- SAND HF (1961). The dissociation of EDTA and EDTA-sodium salts. *Acta Odontol Scand* 19:469-82.
- SAQUY PC, MAIA CAMPOS G, SOUSA NETO MD, GUIMARAES LF, PECORA JD (1994). Evaluation of chelating action of EDTA in association with Dakin's solution, *Braz Dent J*, 5:65-70.
- SAQUY PC, MAIA CAMPOS G, SOUSA NETO MD, GUIMARAES LF, PECORA JD (1994). Evaluation of chelating action of EDTA in association with Dakin's solution, *Braz Dent J*, 5:65-70.
- SARABI NG. Endodontik irigasyon solüsyonları ve kombinasyonlarının dentin mikrosertliğine etkisi. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2008. 27
- SARKAR NK, CAICEDO R, RITWIK P, MOISEYEVA R, KAWASHIMA I. (2005) Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod*,31,97-100.
- SAVANİ GM, SABBAH W, SEDGLEY CM, WHITTEN B. Current trends in endodontic treatment by general dental practitioners: Report of a United States national survey. *J Endod* 2014;40:618-24.
- SAVANİ GM, SABBAH W, SEDGLEY CM, WHITTEN B. Current trends in endodontic treatment by general dental practitioners: Report of a United States national survey. *J Endod* 2014;40:618-24.
- SAYİN TC, SERPER A, CEHRELİ ZC, OTLU HG. The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* 2007;104:418-24.
- SAYİN TC, SERPER A, CEHRELİ ZC, OTLU HG (2007). The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 104:418-424.
- SCELZA MF, TEIXEIRA AM, SCELZA P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:234-6.
- SCHAFER E, OITZINGER M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2008; 34: 198-200.

- SCHAFER E, ZANDBİGLARİ T, SCHAFER J. Influence of resin based adhesive root canal filling on the resistance to fracture of endodontically treated roots: an in vitro preliminary study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 2007, 103: 274-279.
- SCHMİDT H (1968). Studies on the effect of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) on human hard dental tissue. *Dtsch Zahnarzt Z* 23:25-33.
- SCHWARZE T, LEYHAUSEN G, GEURTSSEN W. (2002) Long-term cytocompatibility of various endodontic sealers using a new root canal model. *J Endod*,28,749-753.
- SEDGLEY CM, MESSER HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod* 1992; 18: 332-5.
- SEGHİ RR, DENRY I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res* 1992;71:1340-44.
- SEİDBERG BH, SCHİLDER H (1974). An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 37:609-620.
- SEN, B.H., ERTÜRK, O. AND PİŞKİN, B. (2009, Oct). The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 108(4), 622-627.
- SEN, B.H., WESSELİNK, P.R., TURKUN, M. (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28 (3), 141-148.
- SERPER A, ÇALT S (2002). The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod* 28:501-502.
- SERPER, A., ÇALT, S. (2002) The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics*, 28 (7), 501-502.
- SETO B, CHUNG KH, JOHNSON J, PARANJPE A. (2013) Fracture resistance of simulated immature maxillary anterior teeth restored with fiber posts and composite to varying depths. *Dent Traumatol*,29,394-398.
- SHABAHANG S. (2013) Treatment options: apexogenesis and apexification. *Pediatr Dent*,35,125-128.
- SHABAHANG S. (2013) Treatment options: apexogenesis and apexification. *Pediatr Dent*,35,125-128.
- SHAH N, LOGANI A, BHASKAR U, AGGARWAL V. (2008) Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. *Journal of endodontics*,34,919-925.
- SHARMA, V., SHARMA, S., DUDEJA, P., & GROVER, S. (2016). Endodontic management of nonvital permanent teeth having immature roots with one step apexification, using mineral trioxide aggregate apical plug and autogenous platelet-rich fibrin membrane as an internal matrix: Case series. *Contemporary Clinical Dentistry*, 7(1), 67–70. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.177107>
- SHEEHY EC, ROBERTS GJ. (1997) Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J*,183,241-246.

- SHEPPARD P, BURICH R. (1980) Effects of extra-oral exposure and multiple avulsions on revascularization of reimplanted teeth in dogs. *Journal of dental research*,59,140-140.
- SHOJAEE NS, SAHEBI S, KARAMI E, SOBHNAMAYAN F. (2015) Solubility of Two Root-End Filling Materials over Different Time Periods in Synthetic Tissue Fluid: a Comparative Study. *J Dent (Shiraz)*,16,189-194.
- SHUPING, G. B., ØRSTAVIK, D., SÍGURDSSON, A., & TROPE, M. (2000). Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of Endodontics*, 26(12), 751–755. <https://doi.org/10.1097/00004770-200012000-00022>
- SIMON S, RILLIARD F, BERDAL A, MACHTOU P. (2007) The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J*,40,186-197.
- SILVA E SOUZA, R. S. E. DAS DORES, T. TARTARÍ, T. P. S. PÍNHEIRO, F. M. TUJÍ, AND M. H. SILVA E SOUZA JR., “Effects of sodium hypochlorite associated with EDTA and etidronate on apical root transportation,” *International Endodontic Journal*, 2013
- SİM TP, KNOWLES JC, NG YL, SHELTON J, GULABİVALA K (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J*, 34, 120-132.
- SİM TP, KNOWLES JC, NG YL, SHELTON J, GULABİVALA K (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain, *Int Endod J*, 34:120-32.
- SİM TP, KNOWLES JC, NG YL, SHELTON J, GULABİVALA K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal* 2001;34:120–32.
- SİMON, S., RİLLİARD, F., BERDAL, A., & MACHTOU, P. (2007). The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: A prospective study. *International Endodontic Journal*, 40(3), 186–197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01214.x>
- SİQUEİRA JF JR, BATİSTA MM, FRAGA RC, DE UZEDA M (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod* 24:414-416.
- SJÖGREN, U., FIGDOR, D., PERSSON, S., & SUNDQVIST, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 30(5), 297–306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1997.tb00714.x>
- SJÖGREN, U., FIGDOR, D., SPÅNGBERG, L., & SUNDQVIST, G. (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *International Endodontic Journal*, 24(3), 119–125. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00117.x>
- SKOGLUND A, TRONSTAD L. (1981) Pulpal changes in replanted and autotransplanted immature teeth of dogs. *Journal of endodontics*,7,309-316.

- SLAVKIN HC, BOYD A. 1974. Cementum: an epithelial secretory product? J Dent Res 53:157.
- SLUTZKY-GOLDBERG I, LIBERMAN R, HELING I (2002). The effect of instrumentation with two different file types, each with 2.5% NaOCl irrigation on the microhardness of root dentin, J Endod, 28:311-2.
- SLUTZKY-GOLDBERG I, MAREE M, LIBERMAN R, et al. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. J Endod 2004;30:880–2.
- SLUTZKY-GOLDBERG I, MAREE M, LIBERMAN R, HELING I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. Journal of endodontics 2004; 30(12): 880-882.
- SLY, M.M., MOORE, B.K., PLATT, J.A. BROWN C.E. (2007). Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). J. Endod., 33: 160-162.
- SOARES ADE J, LINS FF, NAGATA JY et al. (2013) Pulp revascularization after root canal decontamination with calcium hydroxide and 2% chlorhexidine gel. J Endod,39,417-420
- SOARES, C. J., SANTANA, F. R., SILVA, N. R., PREIRA, J. C., & PEREIRA, C. A. (2007). Influence of the Endodontic Treatment on Mechanical Properties of Root Dentin. Journal of Endodontics, 33(5), 603–606. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.01.016>
- SOFAN E, SOFAN A, PALAIA G, TENORE G, ROMEO U, MIGLIAU G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. Ann Stomatol 2017;8:1–17.
- SONOYAMA W, LIU Y, YAMAZA T et al. (2008) Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth: a pilot study. Journal of Endodontics 34, 166–71.
- SOUZA M, CECCHIN D, FARINA AP, LEITE CE, CRUZ FF, DA CUNHA PEREIRA C, FERRAZ CCR, FIGUEIREDO JAP. Evaluation of chlorhexidine substantivity on human dentin: a chemical analysis. Journal of endodontics 2012; 38(9): 1249-1252.
- SPANGBERG, L.S.W., ENGSTRÖM, B., LANGELAND, K. (1973). Biologic effects of dental materials. 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod., 36:856-871.
- SPOUGE JD (1980) A new look at the rests of Malassez. A review of their embryological origin, anatomy, and possible role in periodontal health and disease. Journal of Periodontology 51, 437–44.
- STANDLEE JP, CAPUTO AA. The retentive and stress distributing properties of split threaded endodontic dowels. J Prosthet Dent 1992; 68: 436-442.
- STANKIEWICZ NR, WILSON PR. The ferrule effect: a literature review. Int Endod J 2002; 35: 575-581.
- STEINER JC, DOW PR, CATHEY GM. (1968) Inducing root end closure of nonvital permanent teeth. J Dent Child,35,47-54.

- STEWART GG (1998). A scanning electron microscopic study of the cleansing effectiveness of three irrigating modalities on the tubular structure of dentin, *J Endod*, 24:485-6.
- STUART, C.H., SCHWARTZ, S.A. VE BEESON, T.J. (2006) Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. *J Endod*, 32 (4), 350-353.
- SVENSATER, G., & BERGENHOLTZ, G. (2004). Biofilms in endodontic infections. *Endodontic Topics*, 9(1), 27–36. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2004.00112.x>
- ŞEN BH, SAFAVİ KE, SPÅNGBERG LS. Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *Journal of Endodontics* 1999; 25(4): 235-238.
- ŞEN BH, WESSELİNK PR, TÜRKÜN M (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 28:141-148.
- TAİT CME, RİCKETTS DNJ, HİGGİNS AJ. Weakened anterior roots-intraradicular rehabilitation. *Br Dent J*. 21: 155-9, 2005.
- TAMURA, H. (2005). in Vivo Swiss study demonstrated that 12% of enamel-dentine fractures led to pulp necrosis.. 8(831), 34–37. <https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD>
- TANALP J, GÜNGÖR T. Apical extrusion of debris: A literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J* 2014;47:211-21.
- TARTARİ T, BACHMANN L, ZANCAN RF, VIVAN RR, DUARTE MAH, BRAMANTE CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J* 2018;51:e42–e54
- TARTARİ T, DE ALMEIDA RODRİGUES SİLVA ESP, VILA NOVA DE ALMEIDA B, CARRERA SİLVA JUNIOR JO, FACIOLA PESSOA O, SİLVA ESJMH. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *Int J Dent*. 2013b;2013:743018.
- TARTARİ T, DUARTE JUNIOR AP, SİLVA JUNIOR JO, KLAUTAU EB, SİLVA ESJMH, SİLVA ESJPA. Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *J Appl Oral Sci*. 2013a;21(5):409-15.
- TARTARİ T, GUİMARÃES B, AMORAS L, DUARTE M, SİLVA E SOUZA P, BRAMANTE C. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *International endodontic journal* 2015; 48(4): 399-404.
- TARTARİ T, GUİMARÃES BM, AMORAS LS, DUARTE MA, SİLVA E SOUZA PA, BRAMANTE CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J*. 2015;48(4):399-404.
- TARTARİ T, ODA DF, ZANCAN RF et al. (2017) Mixture of alkaline tetrasodium EDTA with sodium hypochlorite promotes in vitro smear layer removal and

- organic matter dissolution during biomechanical preparation. *International Endodontic Journal* 50, 106–14.
- TATSUTA CT, MORGAN LA, BAUMGARTNER JC, ADEY JD (1999). Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography, *J Endod*, 25:93-8.
- TATSUTA CT, MORGAN LA, BAUMGARTNER JC, ADEY JD (1999). Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography, *J Endod*, 25:93-8.
- TEIXEIRA CS, FELÍPE MC, FELÍPE WT. The effect of application time of edta and naocl on intracanal smear layer removal: an sem analysis. *International Endodontic Journal*, 2005,38:285-290.
- TEN CATE AR. The role of epithelium in the development, structure and function of the tissues of tooth support. *Oral Dis* 1996; 2: 55–62.
- THIBODEAU B, TROPE M. (2007) Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. *Pediatr Dent*,29,47-50.
- THOMAS HF. Root formation. *Int J Dev Biol* 1995; 39: 231–237.
- TONG HJ, RAJAN S, BHUJEL N ve ark. (2017) Regenerative Endodontic Therapy in the Management of Nonvital Immature Permanent Teeth: A Systematic Review—Outcome Evaluation and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*.
- TOPCUOGLU HS, KESİM B, DUZGUN S ve ark. (2015) The effect of various backfilling techniques on the fracture resistance of simulated immature teeth performed apical plug with Biodentine. *Int J Paediatr Dent*,25,248-254.
- TORABINEJAD M, CHIVIAN N. (1999) Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*,25,197-205.
- TORABINEJAD M, KHADEMI AA, BABAGOLI J ve ark. (2003b) A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod*,29,170-175.
- TORABINEJAD M, SHABAHANG S, APRECIO RM, KETTERING JD. (2003a) The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod*,29,400-403.
- TORABINEJAD M, WATSON TF, PITT FORD TR. (1993) Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod*,19,591-595.
- TORABINEJAD M, HANDYSIDES R, KHADEMI AA, BAKLAND LK (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 94:658-66.
- TORABINEJAD M, HANDYSIDES R, KHADEMI AA, et al. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:658–66.
- TRABERT KC, CAPUTO AA, ABOU-RASS M. Tooth fracture a comparison of endodontic and restorative treatments. *J Endod* 1978; 4: 341-345.

- TROPE M. (2010) Treatment of the immature tooth with a non-vital pulp and apical periodontitis. *Dent Clin North Am*,54,313-324.
- TUCKER A, SHARPE P (2004) The cutting-edge of mammalian development; how the embryo makes teeth. *Nature Reviews Genetics* 5, 499–508.
- TURKUN, M.,CENGİZ, T. (1997) The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *International Endodontic Journal*, 30 (5), 335-342.
- ULUSOY OL, ZEYREK S., CELİK B. Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microsc Res Tech* 2017;80:687–692.
- UZUNOGLU, E., AKTEMUR, S., UYANIK, M. O., DURMAZ, V., & NAGAS, E. (2012). Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *Journal of Endodontics*, 38(8), 1110–1113. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.026>
- VAN MEERBEEK B, WILLEMS G, CELIS JP, ROOS JR, BRAEM M, LAMBRECHTS P, VANHERLE G (1993). Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 72:1434-1442.
- VASILİADİS, A. I. DARLİNG, AND B. G. H. LEVERS, “The amount and distribution of sclerotic human root dentine,” *Archives of Oral Biology*, vol. 28, no. 7, pp. 645–649, 1983
- VERA J, SIQUEIRA JR JF, RICUCCI D, LOGHİN S, FERNÁNDEZ N, FLORES B, CRUZ AG. One-versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod* 2012, 38 (8): 1040-52.
- VERDELIS K, ELIADES G, OVER T, MARGELOS J. EFFECT of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:164-70.
- VERDELIS K, ELIADES G, OVIİR T, MARGELOS J (1999). Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Endod Dent Traumatol* 15:164-170.
- VERMA D, TANEJA S, KUMARİ M. Efficacy of different irrigation regimes on the push-out bond strength of various resin-based sealers at different root levels: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2018;21:125–129.
- VERSLUIS A, MESSER HH, PINTADO MR. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *Int Endod J* 2006; 39: 931–9.
- VIANNA ME, GOMES BP, BERBER VB, ZAIA AA, FERRAZ CCR, DE SOUZA-FILHO FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004, 97 (1): 79-84.
- VIVACQUA-GOMES N, FERRAZ C, GOMES B, ZAIA A, TEIXEIRA F, SOUZA-FILHO F. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally

- condensed gutta-percha root fillings. *International Endodontic Journal* 2002; 35(9): 791-795.
- VON DER FEHR, F.R.,B., N.Ö. (1963) Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 16, 199-205.
- WALTON RE, TORABINEJAD M. Management of incompletely formed roots. In: *Principles and Practice of Endodontics*. 3rd ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 2002:388-404.
- WANDELT S (1965). Is it possible to enlarge narrow root canals by chemical means using complexants experimental studies and clinical experiences. *Dtsch Zahnarztl* 1:621-626.
- WAYMAN BE, KOP WM, PINERO GJ, LAZZARI EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod* 1979;5:258-65.
- WEBBER RT. Apexogenesis versus apexification. *Dent Clin N Am* 1984;28:669-97.
- WEI X, LING J, WU L, LIU L, XIAO Y. (2007) Expression of mineralization markers in dental pulp cells. *Journal of endodontics*,33,703-708.
- WEIGER, R., ROSENDAHL, R., & LÖST, C. (2000). Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 33(3), 219–226. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00298.x>
- WEIRONG T, YOUNONG W, ROGER J. Identifying and reducing risk for potential fractures in endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 2010, 36: 609-617.
- WENTZ FM, WEINMANN JP, SCHOUR I. 1950. The prevalence, distribution, and morphological changes of the epithelial remnants in the molar regions of the rat. *J Dent Res* 29:637–646.
- WESSELINK, P, BERGENHOLTZ, G. (2007). Treatment of the necrotic pulp. In: *Textbook of endodontology*. Ed.: G. Bergenholtz, P. Horsted-Bindslev, C. Reit. Blackwell Munksgaard, Oxford, UK, Chapter 11.
- WHITE JD, LACEFIELD WR, CHAVERS LS, ELEAZER PD (2002). The effect of three commonly used endodontic materials on the strength and hardness of root dentin, *J Endod*, 28:828-30.
- WHITE RR, GOLDMAN M, LIN PS (1987) The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *Journal of Endodontics* 13, 369–74.
- WITHERSPOON DE, HAM K. (2001) One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent*,13,455-460; quiz 462.
- WITHERSPOON DE, HAM K. (2001) One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent*,13,455-460; quiz 462.
- WITHERSPOON DE, SMALL JC, REGAN JD, NUNN M. (2008) Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *J Endod*,34,1171-1176.

- WILCOX LR, ROSKELLEY C, SUTTON T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod* 1997; 23: 533–4.
- WILKINSON, K.L., BEESON, T.J. VE KIRKPATRICK, T.C. (2007) Fracture resistance of simulated immature teeth filled with resilon, gutta-percha, or composite. *J Endod*, 33 (4), 480-483.
- WILLERSHAUSEN I, WOLF T, SCHMIDTMANN I, BERGER C, EHLERS V, WILLERSHAUSEN B, BRÍSEÑO B. Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany. *International endodontic journal* 2015; 48(7): 654-660.
- Willershausen I, Wolf TG, Schmidtmann I, Berger C, Ehlers V, Willershausen B, et al. Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany. *Int Endod J* 2015;48:654-60.
- WU MK, VAN DER SLUÏS LWM, WESSELINK PR. Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. *J Dent* 2004; 32: 265-8.
- WU, M.K., WESSELINK, P.R. (2001) A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*, 34 (2), 137-141.
- XAVIER ACC, MARTINHO FC, CHUNG A, OLIVEIRA LD, JORGE AO, VALERA MC, CARVALHO CA. One-visit versus two-visit root canal treatment: effectiveness in the removal of endotoxins and cultivable bacteria. *J Endod* 2013, 39 (8): 959-64. 88
- YADAV, H. K., YADAV, R. K., CHANDRA, A., & TIKKU, A. P. (2017). A Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Effectiveness of Etidronic Acid, SmearClear and MTAD in Removing the Intracanal Smear Layer. *Journal of Dentistry* (Shiraz, Iran), 18(2), 118–126. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28620636> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5457522>
- YAMADA RS, ARMAS A, GOLDMAN M, LIN PS (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3, *J Endod*, 9:137-42.
- YAMASHITA JC, TANOMARU FILHO M, LEONARDO MR, ROSSI MA, SILVA LA (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *Int Endod J* 36:391-394.
- YASUDA G, INAGE H, KAWAMOTO R, et al. Changes in elastic modulus of adhesive and adhesive-infiltrated dentin during storage in water. *J Oral Sci* 2008;50:481–6.
- ZAMIN C, TEREZINHA Y, SILVA –SOUSA C, EVANGELISTA SGA, MESSIAS DF, SOUSA-NETO MD Fracture susceptibility of endodontically treated teeth *Dental Traumatology* 2012; 28: 282–286.
- ZEHNDER M, PAQUE F. Disinfection of the root canal system during root canal re-treatment. *Endod Top.* 2008;19(1):58–73. Article first published online: 26 MAY 2011

- ZEHNDER M, SCHÜCHT O, SENER B, SCHMIDLİN P. Reducing surface tension in endodontic chelator solutions has no effect on their ability to remove calcium from instrumented root canals. *Journal of endodontics* 2005; 31(8): 590-592.
- ZEHNDER M, SCHMIDLİN P, SENER B, WALTİMO T (2005) Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics* 31, 817–20.
- ZEHNDER M, SCHMIDLİN P, SENER B, WALTİMO T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817-20.
- ZEHNDER M, SCHMIDLİN PR, SENER B, WALTİMO TM. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 2005;31:817-20.
- ZEHNDER, M. (2006) Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32 (5), 389-398.
- ZEHNDER, M. (2006, May). Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*, Vol. 32, pp. 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>
- ZHANG, K., TAY, F.R., KİM, Y.K., MITCHELL, J.K., KİM, J.R., CARRILHO, M. (2010) The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin. *Dental Materials* 26 (6), 514-523.
- ZOLLİNGER A, MOHN D, ZELTNER M, ZEHNDER M (2018) Shortterm storage stability of NaOCl solutions when combined with Dual Rinse HEDP. *International Endodontic Journal* 51, 691–6.

EKLER

EK-1.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ					
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI					
Toplantı Tarihi:	21/01/2021	Toplantı Sayısı:	2021/02	Karar No:	2020.12.08
Proje Adı:	Farklı Konsantrasyonlardaki Sodyum Hipokloritin EDTA Ve Etidronik Asit İle Farklı Kombinasyonlarının Simüle Edilmiş İmmatür Dişlerin Kırılma Direncine Etkisinin Değerlendirilmesi.				
Proje Özeti:	İmmatür daimi dişler, kök gelişimini tamamlamamış ve apeksleri kapanmamış dişlerdir. Bu nedenle, çocuklarda 6 yaşından üçüncü molarlar sürdükten sonraki 2-3 yıla kadar açık apekse, geniş pulpa boşluğuna ve ince kök dentin duvarına sahip immatür dişler bulunabilir. Bu dişlerin kırılma direnci, hem ince dentin duvarları hem de apeksifikasyon işlemi sırasında kullanılan materyallerin etkileri nedeniyle düşmektedir. Dentin yapısını etkilediği ve dentin mikrosertliğini düşürdüğü bilinen irrigasyon ajanları da kırılma direncini azaltabilir. Amaç: İmmatür dişlerin kök kanal tedavisinde uygulanan değişik konsantrasyonlardaki sodyum hipokloritin EDTA ve etidronik asit ile farklı kombinasyonlarının kırılma direncine etkisinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Bu tez çalışmasının, 120 çekilmiş insan daimi üst keser diş; 6 çalışma ve 2 kontrol olmak üzere toplam 8 grup ile yürütülmesi planlanmaktadır. Seçilen dişlerin kökleri apikal üçlü bölgesinde su soğutması altında elmas diskler yardımıyla kesilerek 12 mm standart uzunluğunda kökler elde edilecektir. Çalışma grubunda olan dişler %1, %2,25, %5 oranlarında NaOCl ile %17 EDTA ve %18 HEBP'nin farklı kombinasyonları ile irrigate edilecektir. Pozitif kontrol grubu distile suyu ile irrigate edilecek, negatif grupta hiç bir işlem uygulanmayacaktır. Kanallar Protaper rötari sistemi kullanılarak crown-down tekniği ile 0,05 taperlı F5'e kadar prepare edilecektir. Preparasyon sırasında her alet değişimi öncesinde ve preparasyon sonunda kanallar grupta belirtilen irrigasyon solüsyonu ya da solüsyonları ile irrigate edilecektir. Preparasyonun bitiminin ardından kanallar paper pointlerle (Dentsplay Maillefer, Switzerland) kurulandıktan sonra kanallar AH-Plus +Gutta-percha ile doldurulacaktır. Patların sertleşme süresi sonunda çalışma grupları ve pozitif kontrol grubundaki dişlerin daimi restorasyonları self-etch bonding (3M Adeziv 200T, St. Paul, MN, USA) sistemini takiben, A2 nano-kompozit (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ile yapılacaktır. Daha sonra örnekler 72 saat %100 nemli ortamda 37 °C'de inkübatörde bekletilecektir. Kırılma direnci testi için Universal Test Makinasında (Instron Corp., Canton, MA, USA) dişlere kırılana kadar 1mm/dk hızla kuvvet uygulanacaktır. Kırılma anındaki pik makaslama kuvvetleri Newton (N) birimi olarak kaydedilecektir. Elde edilen veriler kullanılarak tüm gruplar kırılma dirençleri açısından karşılaştırılacaktır.				
Projede Görevli Personel Bilgileri					
Adı Soyadı	Unvan	Kurumu	Projedeki Görevi		
Doç. Dr. Volkan ARIKAN	Prof. Dr.	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği	Proje Yürütücüsü (Sorumlu Araştırmacı)		
Arş. Gör. Dt. Sabina İMANOVA	Arş. Gör.	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği	Yardımcı Araştırmacı		

Etik Kural Kararı		
Mevcut başvuru Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygun bulunmuştur.		
Adı Soyadı	Görev	İmza
Prof. Dr. Sema ZERGEROĞLU	Başkan	
Prof. Dr. Sinan AYAN	Üye	
Prof. Dr. Arif Alper KIRKPANTUR	Üye	
Doç. Dr. Mehmet Zahit ADIŞEN	Üye	
Doç. Dr. Oktay AYDIN	Üye	
Doç. Dr. Meral SERTEL	Üye	
Doç. Dr. Yasin DEMİRBAŞ	Üye	
Dr. Öğr. Üyesi Birhan OKTAŞ	Üye	
Dr. Öğr. Üyesi Funda ERDUGAN	Üye	

ÖZGEÇMİŞ

I. BİREYSEL BİLGİLER

Adı : Sabina
Soyadı : İMANOVA
Doğum Tarihi :
Doğum Yeri : AZERBAYCAN
Uyruğu : Azerbaycanlı
E-mail :
Yabancı Dil : İngilizce

II. EĞİTİM BİLGİLERİ

2018- 2021 Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti
Anabilim Dalı -Uzmanlık Eğitimi
2011- 2016 Azerbaycan Tıp Üniversitesi- Lisans Eğitimi
2009-2010 Kurdemir ili 3 Numaralı tam okul
1999-2001 Kurdemir ili Mollakend köy okulu

III. MESLEKİ DENEYİMİ

Nisan 2018- Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti
Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

IV. ÜYE OLDUĞU BİLİMSEL KURULUŞLAR

Türk Pedodonti Derneği

V. BİLİMSEL ETKİNLİKLERİ

Katıldığı Bilimsel Sempozyum ve Kongreler:

- Diş Sürmesinin Gücü: LM-Activator Diş Sürme Rehberliği Ürünleri ile Erken Dönem İnterseptif Ortodontik Tedavi- Dr. Gioacchino Pellegrino
- APEX '21 Online Diş Hekimliği Kongresi (23-24 Ocak 2021)