



**FARKLI FİNAL İRRİGASYON
PROTOKOLLERİNİN KIRILMA DİRENCİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Arş. Gör. Dt. Ahmet KORKMAZ

Endodonti Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. K. Meltem ÇOLAK**

Doktora Tezi-2022

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

FARKLI FİNAL İRRİGASYON PROTOKOLLERİNİN KIRILMA DİRENCİ ÜZERİNE ETKİSİ

Arş. Gör. Dt. Ahmet KORKMAZ

**Endodonti Anabilim Dalı
Doktora Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. K. Meltem ÇOLAK**

**ERZURUM
2022**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
ABSTRACT.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	11
2. GENEL BİLGİLER.....	13
2.1. Endodontik Tedavide Başarı.....	13
2.2. Endodontik Tedavide İrrigasyon	14
2.3. Endodontik Tedavide Kullanılan İrrigasyon Soluyonları	17
2.3.1. Sodyum Hipoklorit	17
2.3.2. EDTA.....	19
2.3.3. Klorheksidin.....	20
2.3.4. Sitrik Asit.....	21
2.3.5. Maleik Asit	21
2.3.6. BioPure MTAD.....	21
2.3.7. Tetraclean.....	22
2.3.8. Hidrojen Peroksit H ₂ O ₂	22
2.3.9. Ozon (O ₃).....	23
2.3.10. Ozonun Diş Hekimliği Alanında Kullanımı	25
2.3.10.1. Endodontide Ozon	26
2.4. Kanal Dolgu Maddeleri	27

2.4.1. Katı Kor Materyaller.....	27
2.4.1.1. Guta-perka	27
2.4.1.2. Gümüş kon.....	28
2.4.1.3. Resilon	28
2.4.2. Kök Kanal Dolgu Patları.....	29
2.5. Kanal İçi İğneler	32
2.5.1. Fırça Kaplı İğneler	32
2.5.2. Ucu Kapalı, Yandan Delikli İğneler:	33
2.6. Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerde Meydana Gelen Değişimler	33
2.6.1. Preparasyon Yöntemlerinin Kırılma Direncine Üzerine Etkisi	35
2.6.2. İrrigasyon Solüsyonlarının Kırılma Direncine Etkisi	36
2.6.3. Kanal Dolgu Patlarının Kırılma Direncine Üzerine Etkisi	37
2.7. Kök Kırıkları.....	38
2.7.1. Vertikal Kök Kırıkları (VKK)	38
2.7.1.1. Vertikal Kök Kırıklarının Nedenleri ve Teşhisi	39
2.7.2. Horizontal Kök Kırıkları (HKK)	43
2.8. Endodontik Tedavide Kırılma Direnci	45
3. MATERYAL VE METOT.....	47
3.1. Çalışmanın Deney Akışı	47
3.2. Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Dahil Edilme Kriterleri ve Örneklerin Hazırlanması	47
3.3. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	48
3.4. Kırılma Dayanım Testinin Yapılması.....	53
3.5. İstatistiksel Analiz.....	53
4. BULGULAR.....	57

5. TARTIŞMA.....	60
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKÇA.....	72
EKLER	109
EK-1. ÖZGEÇMİŞ	109
EK-2. ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	110
EK-3. ETİK KURUL ONAY FORMU	111
EK-4. TEZ ADI DEĞİŞİKLİĞİ BİLDİRİM FORMU	115



TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak hazırladığım bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen başta danışman hocam, Prof. Dr. K. Meltem ÇOLAK'a,

Doktora eğitimim boyunca bizlere hep yol gösterici olan ve her türlü imkanı sağlamaya çalışan değerli hocalarım Prof. Dr. Mustafa KÖSEOĞLU'na, Doç. Dr. Ertuğrul KARATAŞ'a, Dr. Öğr. Üyesi Halit ALADAĞ'a, Dr. Ve Öğr. Üyesi Aziz Şahin ERDOĞAN'a,

Hem lisans hem doktora sürecimde desteğini bir gün eksik etmeyen sevgili abim, hocam Doç. Dr. Alper ÖZDOĞAN'a

Doktora eğitimi sürecimde desteğini hep hissettiğim kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Meltem SÜMBÜLLÜ'ye

Doktora tezimi yazmamda hep yanımda olan Uzm. Dt. Merve Pelin DUR'a

İş ve sosyal hayatımın ana parçası olan, gülüp eğlendiren, en zor günümde yanımda olan, öz kardeşimden ayırmadığım Dt. Oğuzhan ÜNAL'a

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım bölüm arkadaşlarımdan Dt. Özgen KIRMIZIBEKMEZ'e Dt. İlke MENTEŞ'e, Dt. Muhammet Mirze ÖZEN'e, Uzm. Dt. Burcu YERLİ ve tüm asistan arkadaşlarıma,

Klinik çalışmalarında ve sosyal hayatta hep yanımda olan bölümümüz personellerine ve başta Deniz Uçar olmak üzere tüm hemşire arkadaşlarıma,

Ve bu tezi sunma aşamasına geldiğinde, değerli vakitlerini ayıran, bana yol gösteren değerli jüri üyesi hocalarıma,

Ayrıca, bugünlere gelmemde en büyük katkısı olan canım babam Prof. Dr. Fahrettin KORKMAZ'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Arş. Gör. Dt. Ahmet KORKMAZ

ÖZET

Farklı Final İrrigasyon Protokollerinin Kırılma Direnci Üzerine Etkisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kök kanal tedavisinde kullanılan farklı final irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma dayanıklılığı üzerine etkilerini karşılaştırmaktır.

Materyal ve Metot: Bu çalışmada ortodontik ve periodontal nedenlerle çekilmiş toplam 100 adet tek köklü mandibular 1. premolar diş kullanılmıştır. Dişlerin çalışma uzunluğu 13mm olarak standardize edilmiştir. Dişlerin kök kanal preparasyonları R25 ve eğeleri ile yapıldı. Son irrigasyon protokollerine göre çalışma grupları şu şekilde belirlendi. Grup1:Negatif kontrol grubu; Grup2: Serum Fizyolojik (Pozitif Kontrol); Grup3: %2,5NaOCl, EDTA, serum fizyolojik; Grup4: %2,5NaOCl, %17EDTA, serum fizyolojik, %2,5NaOCl; Grup5: %2,5NaOCl, %17EDTA, Serum Fizyolojik, 15µg/ml Ozonlu su(Os). Kök kanal dolumları Sealapex kök kanal dolgu patı ve güta-perka kullanılarak soğuk lateral kondensasyon tekniği ile tamamlandı. Tüm örnekler akrilik rezin bloklara gömüldü ve kırık gerçekleşene kadar 1mm/dk hızda vertikal kuvvet uygulandı. Dişler hazırlandıktan sonra İnstron cihazında kırılma testine tabi tutuldu. Verilerin istatistiksel analizi SPSS 20 (IBM, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapıldı.

Bulgular: Farklı irrigasyon prosedürlerinin kök dentini kırılma dayanımı üzerinde etkisinin incelendiği çalışmamızda ortalama kırılma dayanımı değerin en yüksek Grup 1 (negatif kontrol) grubunda, en düşük kırılma dayanım değeri Grup 4'te (%2,5NaOCl, %17EDTA, Serum Fizyolojik, %2,5NaOCl) gözlemlendi. Gruplar arası değerlendirmede negatif kontrol grubu diğer tüm gruplarla istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Grup 4 (%2,5NaOCl, %17EDTA, serum fizyolojik, %2,5NaOCl) ve Grup5 (%2,5NaOCl, %17EDTA, Serum Fizyolojik, 15µg/ml Ozonlu Su) arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu. ($p<0.05$) Grup 3 (%2,5NaOCl, EDTA, serum fizyolojik) ve Grup 5 (%2,5NaOCl, %17EDTA, Serum Fizyolojik, 15µg/ml Ozonlu Su) ile Grup 3 ve Grup 4 arasında ise anlamlı farklılık gözlenmedi. ($p>0.05$)

Sonuç: Çalışmada kullanılan farklı solüsyon prosedürlerinden ozonlu su ile irrigasyonun fraktür direncine olumlu yönde etkilediği gözlemlendi. En yüksek fraktür direnci final irrigasyon olarak kullanılan %2,5'luk NaOCl, %17'lik EDTA, serum fizyolojik, ozonlu su grubunda gözlenmesine rağmen bu grup ile pozitif kontrol grubu arasından fraktür direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.

Anahtar Kelimeler: EDTA, kırılma direnci, ozonlu su, sodyum hipoklorit,

ABSTRACT

The Effect of Different Final Irrigation Protocols on Fracture Resistance

Aim: The aim of this study is to compare the effects of different final irrigation solutions used in root canal treatment on the fracture resistance of teeth.

Materials and Methods: In this study, a total of 100 single-rooted lower 1. premolar teeth extracted for orthodontic and periodontal reasons were used. The working length of the teeth is standardized as 13mm. Root canal preparations of the teeth were made with R25 and files. According to the latest irrigation protocols, the study groups were determined as follows.

Group1:Negative control group; Group2: Serum Physiological (Positive Control); Group3: 2.5%NaOCl, EDTA, physiological saline; Group4: 2.5%NaOCl, 17%EDTA, physiological saline, 2.5%NaOCl; Group5: 2.5%NaOCl, 17%EDTA, Serum Physiological, 15µg/ml Ozonated water. Root canal fillings were completed with cold lateral condensation technique using Sealapex root canal filling paste and gutta percha. All specimens were embedded in acrylic resin blocks and a vertical force of 1 mm/min was applied until fracture occurred. After the teeth were prepared, they were subjected to the fracture test on the Instron device. Statistical analysis of the data was performed using the SPSS 20 (IBM, Chicago, IL, USA) package program..

Results: In our study, in which the effect of different irrigation procedures on the fracture strength of root dentin was investigated, the highest fracture strength value was found in Group 1 (negative control) group, and the lowest fracture strength value in Group 4 (2.5%NaOCl, 17%EDTA, saline, 2.5%NaOCl).) has been observed. In the evaluation between the groups, the negative control group showed a statistically significant difference with all other groups ($p<0.05$). A statistically significant difference was also found between Group 4 (2.5%NaOCl, 17%EDTA, physiological saline, 2.5%NaOCl) and Group 5 (2.5%NaOCl, 17%EDTA, Serum Physiological, 15µg/ml Ozonated Water) ($p<0.05$). No significant difference was observed between Group 3 (2.5%NaOCl, EDTA, physiological saline) and Group 5 (2.5%NaOCl, 17%EDTA, Serum Physiological, 15µg/ml Ozonated Water) and Group 3 and Group 4 ($p>0.05$).

Conclusion: It was observed that irrigation with ozonated water, which is one of the different solution procedures used in the study, had a positive effect on fracture resistance. Although the highest fracture resistance was observed in the group of 2.5% NaOCl, 17% EDTA, saline and ozonated water used as the final irrigation, no statistically significant difference was observed between this group and the positive control group in terms of fracture resistance.

Keywords: EDTA, fracture resistance, ozonated water, sodium hypochlorite,

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

μg	: Mikrogram
μl	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
ark.	: Arkadaşları
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
Ca(OH)_2	: Kalsiyum Hidroksit
Ca^2	: Kalsiyum
CHX	: Klorheksidin
dH ₂ O	: Distile Su
dk	: Dakika
EA	: Endo Aktivatör
EV	: EndoVac
EDTA	: Etilendiamin Tetraasetik Asit
Fe^3	: Demir
G	: Gauge
Gr	: Gram
H ₂ O ₂	: Hidrojen Peroksit
HClO	: Hipokloröz asit
HKK	: Horizontal kök kırığı
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
MPa	: Megapascal
NaOCl	: Sodyum
NiTi	: Nikel titanyum

nm	: Nanometre
O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
Os	: Ozonlu Su
P	: İstatistiksel Anlamlılık Derecesi
PDL	: Periodontal ligament
pH	: Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
PUI	: Pasif ultrasonik irrigasyon,
rpm	: Dakikadaki Devir sayısı
SAF	: Self Adjusting File
sn	: Saniye
Uİ	: Ultrasonik İrrigasyon
UTC	: Universal test cihazı
vb.	: Ve benzeri
VKK	: Vertikal kök kırığı
HKK	: Horizontal kök kırığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. EDTA'nın kimyasal yapısı ve Ca^{+2} ile reaksiyonu	20
Şekil 2.2. Kök Kırıklarının Sınıflandırılması	39
Şekil 2.3. Üst 1. premolar dişte görülen VKK.....	40
Şekil 2.4. Horizontal kök kırıkları sınıflandırması	43
Şekil 2.4. Üst santral dişte görülen horizontal kök kırığı	44
Şekil 3.1. Kök kanal dolumunda kullanılan kanal dolgu patı.....	50
Şekil 3.2. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner alet sistemi	50
Şekil 3.3. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner alet eğeleri	51
Şekil 3.4. Kök kanal irrigasyonunda kullanılan yandan perfore irrigasyon iğnesi.....	51
Şekil 3.5. Ozon uygulamasında kullanılan İ-MODE ozon cihazı	52
Şekil 3.6. Çalışmamızda periodontal ligamenti taklit etmek amacıyla kullanılan ölçü maddesi	53
Şekil 3.7. Çalışmamızda kullanılan Universal Test Cihazı	54
Şekil 3.8. Çalışmamızda kırma testi için kullanılan 3,6 mm çapa sahip küre şeklindeki paslanmaz çelik uç	55
Şekil 3.9. Periodontal ligamenti simülasyonu sağlamak için kök yüzeyi kaplanan alt 1. premolar diş	55
Şekil 3.10. Akrilik bloklara gömülen örnekler	56
Şekil 4.1. Grupların ortanca kırılma direnç değerlerini gösteren grafik.....	58
Şekil 4.2. Grupların maksimum, minimum ve ortalama değerlerini gösteren grafiksel dağılımı	58
Şekil 4.3. Kruskal Wallis testine göre gruplar arası karşılaştırmalar	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılacak irrigasyon solüsyonu, döner alet sistemi ve uygulanacak dişlerinin tablosu.....	49
Tablo 4.1. Kruskal Wallis test sonuçları	57
Tablo 4.2. Gruplara göre örneklerde görülen kök dentin direnci bulguları (Newton)...	57



1. GİRİŞ

Endodontik tedavide başarı; dişin yapısında bulunan organik ve inorganik dokuların, apikal bölge dokuları için enfeksiyona neden olabilecek tüm mikroorganizmaların ve metabolik artıklarının uzaklaştırılmasından sonra, ideal bir irrigasyon ve preperasyon işlemleriyle birlikte kök kanal sisteminin iyi bir şekilde doldurulmasını kapsamaktadır.¹

Endodontik tedavide dikkat edilmesi gereken en önemli noktalar, kök kanallarının irrigasyon ve preperasyonudur. Kök kanal sisteminin kemomekanik olarak temizlenmesi esnasında dentin tübüllerinin arasında ve uç noktalarında meydana gelen düzensiz tabakaya smear tabakası adı verilir. Bu tabaka dentin artıklarını, bakteriler ve bakterilerin metabolik aktiviteleri sonucu oluşan artıklar gibi organik ve inorganik materyalleri, canlı ve cansız pulpa doku artıklarını içeren nekrotik ve nekrotik olma ihtimali olan dokulardan oluşmaktadır.²

NaOCl'in geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır. NaOCl; virüslere, sporlara, bakterilere, bakteriyofajlara ve mantarlara karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır.³ NaOCl'in iyi bir antimikrobiyal etkinliği olmasına rağmen, smear tabakasında bulunan inorganik kısma etki edemez.⁴

Endodontik tedavide kullanılan en etkili irrigasyon ajanlarından biri de EDTA'dır. Smear tabakasını uzaklaştırmak ve kanalların genişletilmesine yardımcı olmak için kullanılan EDTA, aynı zamanda kanal patının kanal duvarlarıyla iyi bir adezyon yapmasını da sağlar⁵.

Ozonlu su endodontik tedavilerde kullanılmaya başlanan bir diğer etkili irrigasyon solüsyonudur.^{6,7} Ozonlu suyun, kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde son irrigasyon olarak uygulanmasında kırılma direnci ile ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmanın amacı, ozonlu su dahil olmak üzere kök kanal

tedavisinde kullanılan farklı final irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma dayanıklılığı üzerine etkilerini karşılaştırmaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Endodontik Tedavide Başarı

Kök kanal tedavisi, mikrobiyal ajanların kök kanallarından uzaklaştırılması ve kök kanallarının uygun materyallerle doldurulması işlemleridir. Mikrobiyal düzeyin kontrolü, dişlerin kanal sistemi içerisinde bulunan protein artıklarının, bakteriyel ajanların ve toksinlerinin elimine edilmesiyle sağlanır .⁸

Bu amaçla kök kanallarının preparasyonundan sonra iritan özelliği olmayan bakterisid solüsyonlarla irrigasyonu ve toksik olmayan kanal dolum patlarıyla doldurulması önerilmektedir.⁹

Kök kanal dolumunun üç fonksiyonu vardır;¹⁰

- Periapikal dokuların etrafında bulunan sıvıların kanal içinde varlığını sürdüren bakterilere ulaşım beslenmelerini önlemek,
- Uzaklaştırılamayan bakterileri kanalın içine hapsedmek,
- Oral kavitede bulunan bakterilerin, diş koronal bölgesinden kanala sızıntısını önlemektir.

Bakteriyel ajanların ve bakterilerin periapikal dokulara penetrasyonunu önlemek için, hem biyomekanik temizlemenin etkili hemde kök kanal dolumunun sızdırmaz bir şekilde yapılmış olması gerekir. Irrigasyon ve preparasyon işlemi sırasında kök kanallarından elimine edilemeyen bakterileri kök kanalında hapsedilerek etkisiz hale getirilir. Yani kök kanal tedavisi, mevcut enfeksiyonu iyileştirmeli, yeni oluşacak bir enfeksiyonu da engellemelidir. Dokulara zararı olmayan bir inert materyal ile beraber bu işlem ile periapikal bölgedeki sağlıklı doku devamlılığını sağlanması, periodontal dokuların iyileşmesi, periapikal bölgedeki lezyon veya agresif tedavi uygulamaları gibi spesifik durumlardan sonra doku rejenerasyonunu uyarması beklenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda materyaller osteokondüktif veya osteoindüktif olabilirler.¹¹

Kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonları, dentinin organik ve inorganik yapısına etki ederek kimyasal bileşimiyle beraber yapısal bileşimini de değiştirebilir.¹² Dentinin, organik ve inorganik içeriğinin çözünmesine neden olan kimyasal değişiklikler, dentinin bükülme mukavemetinde ve elastik modülünde bir azalmaya neden olarak kanal tedavisi görmüş dişlerde çiğneme kuvvetleri sonucu daha kırılgan bir hale getirebilir.^{13, 14}

2.2. Endodontik Tedavide İrrigasyon

Mikroorganizmalar; yüzeylere, arayüzlere ya da kendi içlerinde yapışarak biyofilm halinde büyüme eğilimi göstermektedirler.¹⁵ Biyofilmin içinde bulunan mikroorganizmalar, ekstrasellüler polimerik madde (EPS) ile kimyasal ve mekanik etkenlere karşı koruma altındadır. Kök kanal dentininin duvarı enfekte olduğu zaman, bakterilerin yaşayabileceği ve biyofilmin oluşabileceği bir alan meydana getirmektedir.¹⁶ Eğer kök kanalı sistemi enfekte olmuş ise; kök kanal sisteminin diğer morfolojik yapılarında da biyofilm bulunmaktadır. Bu bölgede buluna biyofilm tabakasını yok edilmesi endodontik tedavinin zorlukları arasında gösterilir. Bu alanlara mekanik preparasyonla ulaşılammamaktadır.¹⁷ Mekanik preparasyonun etki edemediği bölgelerde irrigasyonun kullanımıyla, kök kanalındaki biyofilmin yok edilmesi sağlanır.¹⁶

Preparasyonla, intrakanal dokular kaldırılarak mikroorganizmalar ve enfekte dentini uzaklaştırmakta, irrigasyon solüsyonlarının ve kanal içinde kullanılan ilaçların kök kanal sistemine temas edebilmesine olanak vermektedir. preparasyon sırasında irrigasyon, kanal içinde bulunan artıkların kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasını mümkün kılmaktadır.^{18, 19} Bununla beraber, kök kanal sisteminin preparasyonu smear tabakası olarak adlandırılan 40 mikrometreye kadar olan dentin tübüllerine etki edebilen organik ve inorganik içeriklerden oluşan belirli bir düzeni olmayan debris tabakasını meydana getirmektedir. Smear tabakası; dentin artıkları, canlı pulpa dokusu,

odontoblastik yapılar, nekrotik artıklar, mikroorganizmalar ve bunların metabolik artıklarını barındıran düzensiz bir yapı olarak tanımlanmaktadır. Smear tabakasında ve dentin tübüllerinde bakteriler bulunmaktadır. Smear tabakası, biyofilmlere karşı koruma sağlayabilmekte ve irrigasyon solüsyonlarıyla beraber kanal içi ilaçların etkisini azaltmaktadır. Smear tabakasının irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine ulaşımını önlediği ve böylece dentin tübüllerinde bulunan bakterilerin varlığını sürdürdüğü kanıtlanmıştır. Smear tabakasında bakteriler canlılığını sürdürmekte, çoğalabilmekte ve dentin tübüllerinde varlığını devam ettirebilmektedir. Smear tabakasının varlığı, mikroorganizmaların barınmasına ve üreyebilmesine etki etmektedir.¹⁹Yoshida ve ark.'nın ²⁰ çalışmlarında smear tabakasının kaldırılmasının, kök kanallarında bulunan mikroorganizmaları önemli miktarda azalttığını göstermektedir.²¹ Kanalların doldurulması işleminde kullanılan kanal dolgu patlarının kök kanal duvarlarına penetrasyonuna olumsuz etki etmektedir ve bu durum mikrosızıntıya neden olmaktadır. Etkili irrigasyon solüsyonlarının kullanılmasıyla smear tabakasının apikal bölge dışında kalan bölgelerden tamamiyle uzaklaştırılması beklenmektedir.²²

Endodontide irrigasyon işlemleri, kimyasal, mekanik ve biyolojik amaçlıdır;

İrrigasyonun kimyasal etkinliği temas ettiği alana, yüzdesine ve solüsyon ile enfekte materyal arasındaki etkileşim süresine, biyolojik fonksiyonu ise antimikrobiyal etkinliğine bağlıdır.^{23, 24}

İrrigasyonun mekanik ve kimyasal amaçları;

- Dentin artıklarının uzaklaştırılması,
- Kanalin lubrikasyonu,
- Organik ve inorganik dokuların çözülmesi,
- Smear tabakası oluşumunu önlemek veya oluşmuşsa uzaklaştırılmasının sağlanmasıdır.

İrrigasyon solüsyonu biyolojik amaçları;

- Anaerobik ve fakültatif bakterilere karşı etkili olmalı,
- Endotoksinleri etkisiz hale getirmeli,
- Vital dokulara karşı biyouyumlu olmalı,
- Alerjik reaksiyona neden olmamalıdır.

İrrigasyon solüsyonunun kök kanal tedavisinde kullanmasının faydaları:²⁵

- Dentin artıklarının uzaklaştırmasını ve kök kanal duvarlarının nemli olmasını sağlar,
- Bakteri, virüs gibi mikroorganizmaları yok eder,
- Organik artığın çözünmesini sağlar,
- Smear tabakasını kaldırarak dentin tübüllerinin meydana çıkmasını sağlar,
- Kök kanal tedavisinde kullanılan materyallerin etki edemediği alanların dezenfeksiyonunu sağlar,

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özellikler:²⁵

- Germisid olmalı,
- Mantarlar üzerine etki etmeli,
- Periapikal bölgede zararlı olmamalı,
- Stabil olmalı,
- Antimikrobiyal etkinliği uzun olmalı,
- Kan, serum ve doku protein üzerinde etkili olmalı,
- Yüzey gerilimi düşük olmalı,
- Periapikal bölgedeki dokuların iyilemesini engellememeli,
- Dişlerde renklenmelere sebebiyet vermemeli,
- İmmün cevabı uyarmamalı,
- Smear üzerinde etkili olmalı ve dentini dezenfekte etmeli,

- Preiapikal dokulara karşı toksik ve allerjik olmamalı,
- Dentinin sahip olduğu fiziksel özelliklerini değıştirmemeli,
- Kök kanal dolgusunun, kanallara bağlanmasını etkilememeli,
- Kolay uygulanabilmeli,
- Ulaşılabilir olmalıdır.

Kimyasal ve mekanik şekillendirme ile enfekte dişlerde nekrotik dokuların tamamının uzaklaştırılarak steril bir ortam elde edilemez.²⁶ Çalışmalarda tercih edilen irrigasyon solüsyonlarından hiçbirisi bütün bu özelliklerin hepsine birden sahip olmadıklarından birlikte kullanımları ve irrigasyon solüsyonuna sürfaktan ekleyerek veya irrigasyonun konsantrasyonu ve ısını arttırarak veya irrigasyonu çalkalayarak etkinliğinin arttırılabileceğı önerilmektedir.²⁷

2.3. Enododontik Tedavide Kullanılan İrrigasyon Soluyonları

2.3.1. Sodyum Hipoklorit

Sodyum hipoklorit, bakteriler ve nekroz olmuş dokular üzerine kısa sürede etki etmesi, canlı pulpa dokularını, biyofilm ve dentin içindeki organik kısmı çözebilme yeteneğı sebebiyle en çok kullanılan irrigasyon ajanıdır.^{28, 29} 1789 yılında ilk defa Fransa'da üretilmiştir ve hastahane antiseptiğı olarak kullanılmıştır, *Eusol* ve *Dakin* solüsyonu adı altında satılmıştır. *Dakin*'in %0.5 olarak hazırlanan formu 1. Dünya Savaşı esnasında yara temizliğinde kullanılmış. İlerleyen dönemlerde de Coolidge tarafından irrigasyon ajanı olarak kök kanal tedavilerinde kullanılma başlanmıştır.³⁰

Sodyum hipoklorit kök kanal sisteminde çözücü görevi görür, klorin iyonu açığa çıkar ve klorin, proteinlerin amino gruplarıyla birleşerek kloroaminleri oluşturur. Kloroaminler hücre metabolizmalarının düzenini bozar; klorin bakteriyal enzimleri inhibe eder ve güçlü bir oksidandır.³¹

Sodyum hipoklorit dokudaki proteinlere temas ettiği zaman *formaldehit*, *asetaldehit* ve *nitrojen* oluşur. NaOCl, aminoasitleri birbirine bağlayan peptid bağları üzerine etki eder ve bağlar kopar. Proteinler çözünür, amino gruplarındaki hidrojen, klorin ile yer değiştirerek kloraminleri oluşturur. Nekrotik doku ve iltihap çözünür, antimikrobiyal solüsyon enfekte olmuş alana daha iyi ulaşır. Hipokloröz asit, klorinin suda çözünüp organik doku ile temasa geçmesinden sonra oluşur, formülü HClO olan zayıf bir asittir, oksitleyici olarak görev vardır ve aminoasitleri hidrolize ederek parçalar.²⁵

Sodyum hipoklorit yüksek bir pH'ya sahiptir (pH>11) ve bu durum iyi bir antimikrobiyal özellik göstermesini sağlar. Yüksek pH, irreversible enzimatik inhibisyon, hücre metabolizmasındaki değişiklikler ile beraber sitoplazmik membran yapısını bozar.³¹

Sodyum hipokloritin geniş etkinliği olan antimikrobiyal bir irrigasyon solüsyonudur. Virüslere, mantarlar, bakteriyofajlar, sporlar ve bakteriler üzerinde etkinliği kanıtlanmıştır.³ Sodyum hipokloritin antimikrobiyal etkinliğinin iyi bir seviyede bulunmasına rağmen, smear tabakasının inorganik bölümünde etkisizdir.⁴ Yüksek konsantrasyonda kullanılan sodyum hipokloritin dokular üzerine zararlı etkileri ve periapikal dokulardan taşması sonucu amfizem riski gibi dezavantajları da bulunmaktadır.³² Ayrıca sodyum hipoklorite karşı alerjik reaksiyonlar da görülebilir.^{33, 34} Nötrofil hücreleri fagositoz esnasında hipokloröz asit kullanırlar ve dokuda yaralanmalara neden olabilirler (likefaksiyon nekrozu) ancak alerjik reaksiyon oluşmaz, bunun yanında hassasiyet ve kontak dermatite düşük bir oranda rastlanır.²⁵ NaOCl'nin düşük konsantrasyonlarının ısınının artırılması, dokuyu çözme yeteneğini artırır.¹⁹ NaOCl'nin %0,5-6 arasındaki konsantrasyonları kök kanal irrigasyonu için kullanılır.³⁵⁻
³⁷ Sodyum hipokloritin ideal konsantrasyonu hakkında ortak bir görüş yoktur. Geçmişte

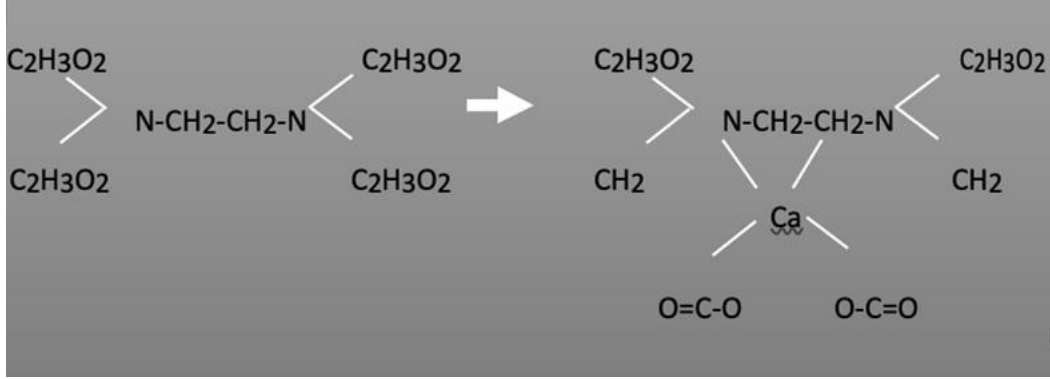
yapılan bir çalışmada sodyum hipokloritin %0,5 ve %3'lük solüsyonlar olarak kullanılmış ve bu iki farklı konsantrasyonda da kök kanalı sisteminde bulunan bakteri miktarı azalmıştır.³⁸ %2,5'lik sodyum hipokloritin kullanıldığı bir başka çalışmada kök kanalı sisteminde bulunan bakteri miktarında anlamlı oranda azalma olduğu tespit edilmiştir.³⁹ Bunun yanında sodyum hipoklorit yüksek konsantrasyonlarda apikalde bulunan dokular için oldukça toksiktir.⁴⁰⁻⁴² Bu nedenle yüksek konsantrasyonlu NaOCl kullanımında apikalden taşma ihtimaline dikkat edilmelidir.

2.3.2. EDTA

EDTA, etkili irrigasyon solüsyonu olarak endodontik tedavide kullanılır. Smear tabakasını uzaklaştırmak ve kanalların genişletilmesine yardımcı olmak için kullanılan EDTA, aynı zamanda kanal patının kanal duvarlarıyla beraber iyi bir adezyon yapmasını sağlar⁵. Irrigasyon ajanları, dentinde bulunan Ca^{+2} iyonları ile etkileşime girer ve bu durum, kanal duvarlarının mekanik şekillendirmede daha az direnç göstermesini sebep olur⁴³. Ferdinand Munz tarafından ilk kez 1935 yılında etilendiamin ve kloroasetik asitin bir karışımı olarak tanımlanmıştır. Endodontide, dar ve kalsifiye kök kanallarının preparasyonu için Nygaard-Østby tarafından 1957 yılında irrigasyon solüsyonları önerilmiştir.⁴⁴ EDTA, %15 ve %17'lik konsantrasyonlarda, jel ve likit form olmak üzere iki formda bulunmaktadır.⁴⁴ EDTA; sodyum siyanür, etilendiamin (1,2-diaminoetan) ve formaldehit (methanal)'den üretilmektedir.^{44, 45} %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonu hazırlamasında, 17g disodyum EDTA tuzu, 100 ml distile su içerisine eklenir. Çözünmenin tam olması için 9,25 ml 5N sodyum hidroksit solüsyonu eklenir.⁴³

EDTA'nın formülü $[CH_2N(CH_2CO_2H)_2]_2$ 'dir ve Fe^{+3} ve Ca^{+2} gibi di- ve trikatyonik metal iyonlarıyla bağ kurabilmektedir (Şekil 2.1).⁴⁵ EDTA, kök kanal duvarlarında bulunan smear tabakasının inorganik kısmını kaldırmada en etkili irrigasyon

solüsyonudur. İnorganik kısmın kaldırılmasıyla birlikte dolgu materyali kök kanal duvarına daha iyi penetre olabilmektedir.⁴⁶⁻⁵⁰



Şekil 2.1. EDTA'nın kimyasal yapısı ve Ca^{+2} ile reaksiyonu

NaOCl ve EDTA arasındaki etkileşimin araştırıldığı çalışmalarda, iki solüsyonun karıştırıldığında kalsiyum bağlama kapasitesi değişmemiştir ve bu karışımda serbest klorinin açığa çıkmamıştır. Bununla birlikte, sodyum hipokloritin dokuyu çözme kapasitesinde düşüş gözlenmiştir.⁵¹ Bu yüzden, klinik olarak NaOCl ve EDTA'nın art arda kullanılmamaları önerilmiştir.²⁵

2.3.3. Klorheksidin

Klorheksidin antimikrobiyal ajanlar arasında düşük toksisiteye sahip olması avantajlı özelliği iken, doku artıklarını çözme kapasitesinin olmayışı en önemli dezavantajıdır. Sodyum hipokloritin ve klorheksidin beraber kullanılması ile doku çözme kapasitesini gidermeye yönelik çalışmalarda bulunulmuştur. Bu kombinasyonun, yapılan çalışmalarda doku çözme kapasitesinin iyi olduğu ve iyi bir antimikrobiyal özelliğe sahip olmakla birlikte, smear tabakasını kaldırmada iyi olmadığı bildirilmiştir.⁵² Sodyum hipokloritin ve klorheksidin birlikte uygulanması dişlerde çökelti oluşturduğu ve bunun sonucunda renk değişikliğine yol açtığı tespit edilmiştir.⁵³ Yapılan bir çalışma sonucunda sodyum hipoklorit ve klorheksidin irrigasyon ajanlarının birlikte kullanımının *E.faecalis*'e karşı klorheksidin tek başına kullanımından daha etkili olmadığı bildirilmiştir.⁵⁴

2.3.4. Sitrik Asit

Smear tabakasında bulunan inorganik kısmı çözmek için %1 ile %50 arası konsantrasyonlarda kullanılan organik bir asittir.⁵⁵⁻⁵⁷ Antimikrobiyal etkinliği sodyum hipoklorite göre daha limitlidir ve *C. albicans* üzerinde etkisizdir. Bununla birlikte sitrik asit, kök kanalı içinde kristal yapıda artıklar bıraktığı için restorasyonda sızıntılara neden olmaktadır. Elde edilen en iyi sonuçlar %10'luk sitrik asit, %2,5'lik NaOCl, tekrar %10'luk sitrik asit sırasıyla kullanılarak bulunmuştur.⁴³ %25'lik sitrik asit-sodyum hipoklorit ile yapılan irrigasyon işleminde, %17 EDTA- sodyum hipoklorit irrigasyonu kadar efektif değildir.⁵⁸

2.3.5. Maleik Asit

Smear tabakasını uzaklaştırma yeteneği, *E.faecalis* üzerindeki etkinliği ve düşük toksisitesiyle EDTA'nın yerine önerilmektedir.⁵⁹⁻⁶¹

Organik bir asit olan Maleik asit, diş hekimliğinde adeziv işlemlerde asit olarak da kullanılmaktadır. %5 ve %7'lik konsantrasyonları smear tabakasını uzaklaştırmada etkilidir. İrrigasyonda kullanıldığında %2.5'lik sodyum hipokloriti takiben kullanılan %17'lik EDTA ve %7'lik maleik asitin smear tabakasını kaldırma yeteneği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Kök kanalının orta ve koronal üçlüsünde maleik asit ve EDTA benzer etkilere sahipken, apikal 1/3'lük kısımdaki smear tabakasını Maleik asit daha efektif bir şekilde uzaklaştırmıştır.⁵⁹ Bunun yanında maleik asitin sitotoksitesi EDTA'dan daha azdır.⁶¹

2.3.6. BioPure MTAD

BioPure MTAD; %4,25 sitrik asit, % 0,5 polysorbat ve %3 doksisisiklin'den oluşan irrigasyon ajanıdır. Antibakteriyel spektrumu geniş, smear tabakasının kaldırılmasında etkili dentini uzaklaştırmada etkisi az olan, biyoyumlu irrigasyon ajanıdır.⁶²⁻⁶⁵ İçeriğinde bulundurduğu yüksek konsantrasyondaki tetrasiklin sayesinde antimikrobiyal özelliği

bulunmaktadır. Sodyum hipokloritle birlikte kullanımıyla smear tabakasını daha iyi uzaklaştırmaktadır.⁶⁶

2.3.7. Tetraclean

Tetraclean içeriğinde asit, deterjan ve antibiyotik barındıran bir solüsyondur. Fakat içeriğinde bulunan antibiyotiğin yoğunluğu (50 mg/ml⁻¹) ve deterjanın türü (polipropilen glikol) MTAD ile aynı değildir.⁶⁷ Antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada MTAD, %5,25 NaOCl ve Tetraclean'in *E. Faecalis*'e etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda sadece %5,25'lik sodyum hipokloritin biyofilme etki ederek yok ettiği, bununla beraber, Tetraclean'in biyofilmi yok etmede MTAD'dan daha efektif olduğu tespit edilmiştir.⁶⁸

%17 EDTA, Smear Clear, MTAD, Tetraclean, Cetraxidin ve %5,25 NaOCl'nin yüzey gerilimini araştıran bir çalışmada, en düşük değerlerin Tetraclean ve Cetraxidin'de en yüksek değerlerin ise NaOCl ve EDTA'da, olduğu gösterilmiştir.⁶⁷

2.3.8. Hidrojen Peroksit H₂O₂

Hidrojen peroksit (H₂O₂) renksiz bir sıvıdır ve diş hekimliğinde %1 ile %30 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmıştır. H₂O₂, su ve oksijen oluşturmak üzere bozunur. Proteinlere ve DNA'ya saldıran hidroksil serbest radikallerinin üretimi yoluyla virüslere, bakterilere, bakteri sporlarına ve mayalara karşı aktiftir.^{69, 70} H₂O₂ ile birlikte NaOCl'nin *E. faecalis*'e karşı tek başına NaOCl'den daha etkili olmadığı gösterilmiştir; bununla birlikte, H₂O₂ ile kombine edilen CHX, her birinin tek başına olduğundan daha iyi bir antimikrobiyal ajandır.^{71, 72} Mevcut kanıtlar H₂O₂'nin diğer irriganlar üzerinde kullanımını desteklememektedir ve kanallardaki bakteri yükünü önemli ölçüde azalttığı gösterilmemiştir.⁴⁴ Nadir fakat potansiyel olarak H₂O₂ ile efervesans tehlikesi vardır ve dokulara sızması hava amfizemine yol açabilir.⁷³

2.3.9. Ozon (O₃)

Ozon, üç adet oksijen atomunun birleşiminden meydana gelmiş gaz formunda bir moleküldür. Ozon molekülünün ortam koşullarına göre yarılanma ömrü değiştiğinden biriktirilemez. Bir O₂ atomunun çok fazla sayıda oksijen ile tepkimeye girmesi sonucunda ozon molekülü oluşmaktadır.⁷⁴ Ozon O₃ sembolüyle gösterilir. Ozon, atmosferde bulunan iki atomlu oksijen elementinin yüksek enerjili bir türüdür ve 47.98 g/mol molekül ağırlığındadır. 20°C'de yarılanma süresi ise 40 dk. O₃ molekülü stabil bir gaz olmadığından depolanmaları mümkün değildir. Atmosferde yer alan ozonun yaklaşık %90'ı stratosfer katmanında yer almaktadır. Kalan %10'luk kısmı ise troposfer katmanında yer almaktadır. Stratosfer katmanında yer alan ozon, ultraviyole ışıklardan dolayı bir yandan oluşum gösterirken bir yandan da yok olmaktadır.⁷⁵⁻⁷⁷ Ozon, O₂'ye oranla 1.6 kat daha yoğundur ve suda eriyebilirliği ise 10 kat daha fazla olan bir gazdır. Ayrıca ozon doymamış yağ asitleri, antioksidan, redükte olmuş albümin ve glutatyonlarla tepkimeye girebilmektedir.⁷⁶ Ozonun gaz veya sıvı durumlarının mantarlar, virüsler ve protozoalara karşı güçlü antimikrobiyal etkisi olduğu belirtilmiştir.⁷⁸ O₃; kan hücreleri, vasküler sistem ve endotelial hücrelerle tepkimeye girebilmektedir. Ayrıca ozon gazı hücrelerin enerjilerini, O₂ metabolizmasını, defans sistemini, immünomodüler belirtisini, mikrosirkülasyonlarını olumlu manada etkilemektedir.⁷⁶ Ozonun sahip olduğu özellikler; immünouyarıcı etki, ağrı dindirici ve detoksifikasyon, antimikrobik etki, antihipoksiyal etki, biyosentez üzerine ve son olarak antiinflamatuvar üzerine etkisi olarak sıralanabilir.⁷⁴

- **İmmünostimülan etkisi:** Ozon gazı bağışıklık sistemi hücrelerinin proliferasyonunu uyarmakla birlikte, makrofajların duyarlılığını da pozitif yönde arttırmaktadır, tüm bunların sonucunda da sitokinler üretilir. Böylelikle ozon gazı uygulamasının bağışıklık sistemi bozuk veya zayıf kişilerde, bağışıklığı artırdığı söylenebilir.⁷⁸

- **Analjezik ve detoksifikasyon etkisi:** Ozon, vazodilatörlerin salınmasını sağlayarak, arteriollerde ve venüllerde genişlemeye neden olur.⁷⁹
- **Antimikrobiyal etkisi:** Ozon, antimikrobik etkisini hücre zarlarında olumsuz etki meydana getirerek gözlemlendirir. İkinci oksidan etkisi meydana getirdiğinden modifikasyonlara sebep olur. O₃'ün antimikrobik etkisi sıvı bir ortamlarda ve asidik pH'da artış göstermektedir.⁸⁰
- **Antihipoksik etkisi:** Ozon gazı, hücre metabolizmalarında çeşitli değişikliklerin nedenidir. Bu değişikliklerden dolayı glikoliz, yağ asitlerinin üç alfa-beta-oksidasyonu, O₂'li solunum ve glikoliz gibi enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktadır. Ayrıca kırmızı alyuvar hüclerine temas alanını arttırarak O₂ taşınmasını desteklemektedir. Bu durum dolaşım sistemi rahatsızlığı bulunan kişilerde, organların fonksiyonlarının hareketlendirilmesine ve dolaşımın uyarılması için önemlidir.^{80, 81}
- **Biyosentez ve metabolizma üzerindeki etkisi:** Ozon, ribozomları ve mitokondriyi uyarıp proteinlerin sentezlerini arttırır. Bu değişiklikler dokuların ve organların rejenerasyonunu açıklamaktadır.^{78, 80}
- **Antiinflamatuvar etkisi:** Ozon; lökotrien, prostoglandin ve interlökin tarzı iltihapların kontrol altına alınmasında rol oynayan etmenlerin sentezlenmesine yardımcı bulunur. İnflamasyon ve iltihap bölgesi asidik haldeyken, ozon alkali olduğundan, iltihap bölgesine çekilir.⁸² O₃; Ozonlu su, ozonlaşmış yağ ve O₃ gazı formunda bulunabilir ve bu formlarda kullanılabilir. O₃ tedavisinin amaçları arasında; dolaşımın etkinleştirilmesi, oksijen metabolizmasının bir kez daha oluşturulması, vücutta yer alan antioksidan sisteminin desteklenmesi, çevreye verilen zararın azaltılması, patojenlerin ortadan kaldırılması ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi yer almaktadır.⁸⁰

2.3.10. Ozonun Diş Hekimliği Alanında Kullanımı

Diş hekimliğinde ozon çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Bunlar arasında açık kavitenin dezenfeksiyonu, kök hassasiyeti tedavisi, oral ülserin tedavisi, antibiyotik tedavisini destekleme, diş çürüklerinin önlenmesi, herpetik lezyonların dezenfeksiyonu, fissürlerin, pitlerin, düz yüzeylerin ve kök çürüklerinin remineralizasyonu, kanalların dezenfeksiyonu, çok güç iyileşen enfekte olmuş yaraların tedavisi, kök kanal tedavisi sonrası renkleri değişen dişlerin beyazlatılması, replantasyonlardan önce irrigasyon solüsyonu amacıyla ve son olarak yumuşak dokuların patolojilerinin rehabilitasyonu amacıyla kullanılmaktadır.⁸³⁻⁸⁵

Hipersensitivitede ozonun etkisi: Ozon smear tabakalarını yok ederek dentin tübülleri moleküllerini açmak için kullanılır. Böylelikle kalsiyum ve fosfat maddelerinin dentin tübüllerine penetrasyonu kolaylaştırılmış olur. Böylelikle dentin tübüllerinde sıvı değişiminin önüne geçilmektedir. Sonuç olarak ozon kök hassasiyetini uzun süreli ve etkili bir biçimde çözmek için kullanılmaktadır.⁷⁹

Beyazlatma ve ozon: Ozon oksitleme özelliğinde olduğu için, dişte renklenmeye neden olan etkenleri kaldırarak ve beyazlatma ajanı olarak etki göstereceği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.⁸⁶

Ozonun plak birikimi üzerinde antibakteriyel etkisi: Ozon; su, gram - ve gram + bakteriler ve *Candida Albicans*'i (*C.Albicans*) etkin bir şekilde yok edebilmektedir. O₃'lü suyun diğer tüm antimikrobik ajanlara göre sitotoksitesi daha azdır ve oral etkinliği için biyouyumluğu oldukça yüksektir.^{87, 88}

Protez ve ozon: Protezdeki *C. Albicans* etkisini en az indirmek için O₃'lü su kullanılmaktadır.⁸⁹ Protezlerin dezenfektanı için O₃ uygulamanın süresi ile bağlantılı sonuçlar gösteren çalışmalar yer almaktadır ancak on dakikalık bir uygulamanın yeterli olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir.^{90, 91}

Çürükten korumada ozonun etkisi: Ozon mikrobik ortamı normal şartlardaki floraya çevirdiği ve böylelikle fosfat, flor ve kalsiyum gibi iyonların çürüklere difüzyon etmesine neden olarak remineralizasyon etkisi gösterdiği yapılan çalışmada bildirilmiştir.⁹²

Cerrahi ve ozon: Cerrah müdahalelerden önce oral boşluğun ve işlem sırasında apse kavitelerinin O₃ suyla yıkanması tavsiye edilmektedir.⁹³ Cerrahi operasyonlarda O₃'ün değişik bir etki bölgesi olarak üçüncü azı dişlerin çekimleri sonrası şişlik, ağrı ve trismusunların ortadan kaldırılmasıdır.

Pedodonti ve ozon: Pediatrik diş hekimliğinde yapılan bir çalışmada, çürümüş dişlerin tedavisinde O₃ etkisi araştırılmıştır. O₃/O₂ etkileşiminin diş remineralizasyonuna katkıda bulunduğu yapılan çalışma ile ispatlanmıştır.⁹⁴

Periodontoloji ve ozon: Ozon mikrobiyal dirence neden olmadığı ve iyi bir antimikrobiyal ajan olduğundan, ağız içi antiseptiklerin yerine kullanılabilmesi son yıllarda yapılan çalışmalarda gündeme gelmiştir.^{95, 96}

2.3.10.1. Endodontide Ozon

Bu alanda yapılan çalışmalar, endodontik amaçla ozon kullanımının etkin olduğunu ispatlanmıştır.^{6, 7} Nagayoshi ve ark.⁹⁷ 'nın yaptığı araştırmada, sonik sistemle ile birlikte kullanılan ozonlu suyun 10 dk'lık irrigasyonla %2,5'lik sodyum hipoklorit, 2 dk'lık irrigasyon ile de antimikrobik efekti doğrultusunda kıyaslamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, iki ajanın da antimikrobik etkisinin birbirlerine benzediği, ancak sitotoksiste tarafından ele alındığında ozonlu suyun daha kazançlı olduğu belirtilmiştir. Ozonun kök kanal sisteminde ve dentin tübülleriindeki *C.Albicanların*, *P. Microsların* ve *P. Aeruginosaların*, *E. Faecalislerin* gibi organizmalara karşı etkin olduğu yapılan çalışmada bildirilmiştir.⁹⁷

Restoratif diş hekimliğinde, ozonlu su, antimikrobiyal özellikleri ve lezyonlardaki

proteinleri okside etme kabiliyeti nedeniyle çürük lezyonlarının tedavisinde kullanılır, bu da kalsiyum ve fosfat iyonlarının difüzyonuna ve diş dokularının remineralizasyonuna yol açar.⁹⁸ Kavite preparasyonunda adeziv uygulanmadan önce irrigasyon solüsyonu olarak kullanılabilir⁹⁹ ; mine/dentin ile geleneksel veya self-etch adeziv sistemler, rezin simanlar veya kompozit rezinler arasındaki bağ kuvvetine veya bu malzemelerin mekanik özelliklerine etki etmez.¹⁰⁰ Endodontide, ozonlu su bir kanal içi ilaç veya kök kanal irrigasyonu olarak da önerilmiştir, burada ozon kullanma prensibi, bakterilerin direncini artırmadan yok edilmesini teşvik eden ve dentinin temizlenmesini destekleyen oksijenin serbest bırakılmasından oluşur.¹⁰¹

2.4. Kanal Dolgu Maddeleri

Kök kanal dolum materyalleri; katı kor materyaller ve kanal dolum patları olmak üzere iki ayrı şekilde gruplandırılır.¹⁰²

2.4.1. Katı Kor Materyaller

2.4.1.1. Guta-perka

Kök kanallarında dolum için en sık kullanılan katı kor materyalidir. Doğadaki formu 1,4-poliisoprene yapısındadır. Katı olmasına rağmen kırılmandır ve doğal kauçuğa göre daha az elastikiyet gösterir. Düşük toksisite göstermesi, kolay adapte edilmesi, ısıyla eritilebilmesi ve kimyasal çözücülerle sökülebilmesi radyoopasitesinin iyi olması kullanımını arttırmıştır. Dentine bağlantısının hiç olmaması ve sıcaklık değişimi sonucu oluşan sızıntının önüne geçilememesi en önemli dezavantajlarıdır. Kristalize olmuş iki formu vardır.¹⁰³ Alfa formu olarak adlandırılan doğal ağaç ürünüdür. Beta formu ise kök kanal dolgusunda kullanılan işlenmiş halidir.¹⁰⁴ Sıcaklık değişimi fazlar arası geçişe neden olur. Beta formundan alfa formuna geçişi 46 °C’de gerçekleşir. 54 °C – 60 °C sıcaklıkları arasında amorf formunda görülür. Yavaşça sıcaklığı düşürüldüğünde alfa formunda, normal bir şekilde düşürüldüğünde ise beta formunda izlenir. Guta-perka

konları sıcaklığı arttırılarak yumuşatılabilir (64 °C üzerinde) ve kloroform ya da halotan gibi çözücülerle kök kanal dentini ve sistemine daha iyi adapte edilebilir.^{104, 105}

Günümüzde kullanılan guta-perka konlarının %20 kadarında guta-perka bulunur. Esas komponent çinko oksittir (%60-75). İçeriğin kalan %5-10'u rezinlerin bazıları, metal sülfat ve mumlardan oluşur.¹⁰⁶ Guta-perka sıcaklıkla steril edilemez bu yüzden başka yöntemlere başvurulur. En kullanışlı yöntem kullanmadan önce 1 dk. %5'lik sodyum hipoklorit solüsyonu içerisinde bekletme yöntemidir.¹⁰⁷ Bu işlem kök kanal dolgusunu olumsuz etkilediği için guta-perka konlarda kalan NaOCl kristallerinin uzaklaştırması etil alkole daldırılarak yapılmalıdır ve sonrasında guta perkanın kurutulması gereklidir.¹⁰⁸

Guta perka konlar hava ve ışık maruziyetinde oksitlendiği ve kırılgan hale geldiği için karanlık ve serin yerlerde saklanmalıdır.^{109, 110} Guta perka konlar kök kanal sisteminde 3 boyutlu tıkamada tek başına yeterli değildir bu yüzden kök kanal dolgu patları ile beraber kullanılmalıdır.¹⁰⁶

2.4.1.2. Gümüş kon

Bazı araştırmacılar gümüş konların guta-perkalara göre daha kullanıma elverişli olduğunu ve benzer başarı oranı olduğunu savunmuştur.¹¹¹ Kök kanal dolgunusunun uzunluk kontrolü rijid gümüş konların kullanımı sayesinde daha iyi sağlansada bu durum kök kanal sisteminin dezenfeksiyon ve şekillendirilmesine verilen önemi kaybettirmiştir.¹⁰⁶ Çapraşık yapıdaki kök kanal sistemlerinde gümüş konlar tam bir tıkama sağlayamadığından sızıntıya sebebiyet verir. Ayrıca dokularda renklenme ve toksisiteye neden olması hala kullanımda tercih edilmeme nedenlerindendir.¹¹²

2.4.1.3. Resilon

Endüstriyel poliüretan bir materyal olan resilon dental kullanımda guta-perka konlara alternatif olması amaçlanarak üretilmiştir. Resin içerikli dolgu patları ile beraber

kullanılır. Geleneksel sistemlerde kanal duvarı ile pat arasında ve kanal patı ile guta-perka arasında bir arayüz oluşur. Resilon kullanıldığında kanal patı, hem guta-perka kona hem de kök kanal sistemine bağlanır. Böylelikle monoblok bir yapının oluştuğu üretici firma tarafından savunulmaktadır.¹⁰⁶ Fakat bu durum tartışmalıdır.^{113, 114} Resilon kor materyal radyoopak, metakrilat rezin, biyokaktif cam partikülleri ve polyester materyallerden oluşur. Biyouyumludur, mutajenik etki göstermez ve toksik değildir. Resilon kök kanal dolgu sistemi sıcak lateral, soğuk lateral, vertikal kondenzasyon ve termoplastik enjeksiyon metotlarıyla uygulanabilir.¹⁰⁶

2.4.2. Kök Kanal Dolgu Patları

Guta-perka konlar, günümüzde en çok kullanılan kanal dolgu materyalidir. Fakat guta-perka konlar kanal sistemine uyumlu olsa da tek başlarına kullanıldığında kök kanal duvarları ile aralarında boşluk kalır. Bu yüzden guta-perka konlarla beraber yarı katı kök kanal dolgu materyallerinin birlikte kullanımı şarttır.⁴³

İdeal kök kanal dolgu patlarında aranan özellikler;¹¹⁵

- Sertleştiğinde kanal duvarı ile iyi bir adezyon sağlamalı,
- Hermetik tıkama yapmalı,
- Radyografik değerlendirmelerin için Radyoopak özellikte olmalı,
- Likidiyle kolay karışabilmesi için toz parçacıkları çok küçük olmalı,
- Sertleşme esnasında büzülmemeli,
- Diiin rengini değiştirmemeli,
- Bakteriyostatik veya bakterid etki göstermeli,
- Yavaş sertleşmeli,
- Doku sıvıları karşısında çözünmemeli,
- Periapikal dokularca biyouyumlu olmalı,
- Kök kanal dolumunun sökülmesi gerektiği durumlarda kolayca sökülmelidir.

Kök kanal dolgu patlarının, kanal dolgu maddeleri ile beraber kullanılmasının asıl sebepleri şöyle sıralanabilir:

- Antibakteriyel etkinlikleri nedeniyle kök kanal dolgu patları, kök kanalında dezenfeksiyon etkisi gösterirler,
- Kök kanal dolgu maddesi ile kök kanal duvarları arasında kalan boşluğu doldurarak kök kanal sisteminin tamamıyla tıkanmasını sağlarlar,
- Kök kanal dolgu patları, yarı sıvı kıvamda veya plastik kıvamında kök kanalına yerleşip, kök kanal sistemi içerisinde sertleşip kanal duvarları ile kanal dolgusunu birbirine bağlamaktadırlar,
- Kök kanal dolgu patının kanalda meydana getirdiği akışkanlıkla, kök kanal dolgusunun uygulaması kolaylaştırılır.⁴³

Patların biyouyumlu olması ve periapikal dokulara zararlı olmaması istenir.¹¹⁶

Bunun yanında tüm patlar sertleşinceye kadar toksik karakterdedir. Bu nedenle uygulama esnasında periradiküler alana taşırılmamalıdır.¹¹⁷

Kök kanal dolgu patları şu şekilde sınıflandırılabilir;¹¹

- Çinko Oksit Öjenol Esaslı dolgu patları,
- Epoksi Resin Esaslı dolgu patları,
- Kalsiyum Hidroksit Esaslı dolgu patları,
- Metakrilat Resin Esaslı dolgu patları,
- Mineral Trioksit Agregate (MTA) İçerenler dolgu patları,
- Bio-Seramik Esaslılar dolgu patları,
- Silikon Esaslılar dolgu patları,
- Cam İyonomer Esaslılar dolgu patları,
- Poliketon içerikli esaslilar dolgu patları,

Çinko oksit öjenol(ZOE) içerikli patlar, uzun bir dönem kullanılmıştır. Çinko oksit içeren toz ve öjenol içerikli likitin karıştırılmasıyla elde edilir.¹¹⁸ ZOE esaslı ilk kanal dolgu patı, Wach' Simanı'dır. 1925 yılında piyasaya sürülmüş, fakak yeteri kadar ilgi görememiştir. 1931 yılında Rickert's adında bir pat önerilmiştir. Daha sonra Kerr firması tarafından kök kanal dolgu patı geliştirilmiştir ve Rickert's patına ek olarak gümüş parçacıklar eklenmiştir.¹¹⁹ Bu gümüş parçacıkların dişlerde renklenmeye sebep olabileceği gösterilmiştir.^{118, 119} 1936 yılında Grossman Proco-sol markası ile ZOE içerikli bir pat piyasaya sürmüştür.¹¹⁸ Bu pat, ZOE içerikli patlarda görülen hızlı sertleşme ve bununla beraber çalışma zamanının kısa olması gibi dezavantajları gidermiştir. 1958 yılında diş rengini değiştiren gümüş partiküller patın içeriğinden çıkarılmıştır.^{118, 120} İçeriği, toz; baryum sülfat, çinko oksit, bizmut subkarbonat, hidrojene edilmiş rezin, sodyum borattan oluşurken, öjenol likit olarak kullanılmıştır.¹¹⁵

Epoksi rezin içerikli kök kanal dolgu patlarının çözünürlüğü düşüktür ve 1/3'lük apikal bölgede iyi bir örtücülük sağlar.¹²¹ AH 26 formaldehit ihtiva eder, uzun sertleşme süresine sahiptir, içerdiği gümüş iyonları dişte renklemeye neden olabilir. Bu dezavantajlarından ötürü AH 26' nın olumsuz özellikleri giderilerek AH Plus (Dentsply , De Trey, Germany) patı piyasaya sürülmüştür.¹²²

2.4.2.1. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar

Kalsiyum hidroksitin kök kanal dolgu maddesi olarak ilk klinik kullanımı 1940 yılında Rhoner tarafından yapılmıştır.¹²³ 20 yıl sonra kalsiyum hidroksit, rezorpsiyon tedavisi, apeksifikasyon, perforasyonların kapatılması gibi birçok işlemde kullanılarak popüler hale gelmiştir.¹²⁴ Kalsiyum hidroksit içerikli pulpa kaplama ajanı Dycal'da 1970'lerin sonlarında klinisyenler arasında popüler hale gelmiştir.¹²⁵ Kısa bir süre sonra, kalsiyum hidroksit bazlı kök kanal patları piyasaya çıkmıştır.

Kalsiyum hidroksitin iyileşmeyi desteklemek için periapikal dokuları uyarabilme özelliği ve antimikrobiyal etkinliğinin varlığından dolayı kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum hidroksit, serbest hidroksil iyonlarının mevcudiyetine bağlı olarak antibakteriyeldir.¹²⁶ Onarımı ve kalsifikasyonu teşvik eden çok yüksek bir pH'a sahiptir. Başlangıçta bir dejeneratif tepki oluşturmakta, ardından hızlı bir mineralleşme ve ossifikasyon yanıtı gelmektedir.¹²⁷ Ayrıca kalsiyum hidroksit, sert doku oluşumu ile ilişkili kalsiyuma bağımlı adenosin trifosfataz reaksiyonunu aktive etmektedir.^{128, 129} Bunlara ek olarak kalsiyum hidroksit dentin tübüllerinden yayılır ve kök rezorpsiyonunu durdurmak, iyileşmeyi hızlandırmak için periodontal dokuları uyaramaktadır.^{127, 130}

2.5. Kanal İçi İğneler

Kök kanal tedavisinde kullanılan ve irrigasyon solüsyonlarının daha etkili kullanılmasını sağlayan özel enjektörlerdir.

2.5.1. Fırça Kaplı İğneler

NaviTip FX irrigasyon iğnesi (Ultradent Products Inc, South Jordan, ABD); Son dönemde üretilen NaviTip FX, 30 Ga'lık irrigasyon iğnesi olarak tasarlanmıştır. Yapılan bir çalışmada; NaviTip FX ile kullanılan %17'lik EDTA ve %5,25'lik NaOCl irrigasyon solüsyonlarının pasif irrigasyonla kullanılmasına göre smear tabakasını kök

kanal duvarlarından daha etkili bir şekilde kaldırdığı görülmüştür.¹³¹ Yapılan başka bir çalışmada ise kök kanal duvarlarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında EndoVac (EV) ajitasyon sistemler ve ultrasonik yöntemlerin NaviTip FX irrigasyon iğnesinden daha etkili olduğu bulunmuştur.¹³² Goel ve ark.¹³³ kök kanal duvarlarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında NaviTip FX ve pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) arasında bir farklılık bulamamıştır. Yine aynı çalışmada PUI'nun sıcaklık artışına neden olması ve NaviTip FX'in kullanımı kolaylığı nedeniyle kliniklerde NaviTip FX kullanılımı önerilmiştir.

2.5.2. Ucu Kapalı, Yandan Delikli İğneler:

Max-i Probe enjeksiyon iğnesi (*Dentsply Rinn, York, PA, ABD*);. Max-i Probe; yandan delikli ve ucu kapalı, solüsyonun apikalden çıkma tehlikesi olmayan apikal 1/3'lü de irrigasyon solüsyonunun iletilmesini sağlayan bir iğnedir.¹³⁴ Manuel dinamik irrigasyonun, statik irrigasyondan daha etkili olduğu daha önceden yapılan çalışmalarla belirtilmiştir.¹³⁵ Kanallardan bakteri ve debrislerin irrigasyon solüsyonunun yardımıyla dışarı çıkmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu sayede; geleneksel iğnelerle karşılaştırıldığında solüsyonun, periapikal bölgeye taşma ihtimali düşmüştür.¹³⁴ Kuma ve ark. yandan perfore iğneyi çalışma uzunluğundan 1 mm geride tutarak yaptıkları çalışmada, EDTA ve NaOCl irrigasyon ajanları kök kanal sistemine gönderildiğinde, smear tabakası uzaklaştırmada ucu açık irrigasyon iğneleriyle yapılan irrigasyondan daha iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen Max-i Prob iğnesini, EndoVac ve EndoActivator ile yapılan irrigasyon yöntemleri kadar etkili olmamıştır.¹³⁶

2.6. Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerde Meydana Gelen Değişimler

Kanal tedavisinden sonra, kalan diş dokularında görülen geri dönüşümsüz değişiklikler görülmektedir. Kanal tedavisi yapılmış dişlerin daha da kırılgan bir hale geldiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir.¹³⁷⁻¹³⁹ Bu durumun nedenleri arasında; dişteki

nem miktarı kaybı, dişin anatomik yapısında görülen değişiklikler, çiğneme kuvvetlerine karşı dişlerde görülen tepkiler, dentinin ve kollajen liflerinin yapısında görülen değişiklikler sayılabilmektedir.¹⁴⁰

Dişlerde görülen nem kaybı sonucu dişin esnekliğinin azaldığı, dişleri daha dirençsiz ve kırılgan hale getirdikleri; kuru ve nemli diş örneklerine basınç ve germe kuvvetleri uygulanarak karşılaştırma yapan çalışmalar mevcuttur.^{140 141, 142}

Kanal tedavisi uygulanan dişlerde; çürük nedeniyle kaybedilen diş dokuları, travma bağlı olarak veya restorasyonun eski olması sebebiyle kavite preparasyonu esnasında farklı miktarlarda madde kayıpları görülmektedir.¹⁴³ Yapılmış bir çalışmada; kavitenin okluzal boyutu büyüdükçe, kırılma direncinin azaldığı tespit edilmiştir.¹³⁷

Anatomik oluşumların korunamaması ve isthmus alanların genişliği gibi etkenler de dişlerin kırılmaya olan yatkınlığını arttıran nedenler arasındadır.^{144, 145}

Kanal tedavisi uygulanmış dişlerin biyomekanik tepkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmalarda kaybedilen diş dokularının miktarı ile uygulanan kuvvet arasında direkt ilişki olduğu saptanmıştır. Kavite hazırlanmasından sonra kalan tüberkül kalınlığı azaldıkça, dişe gelen çiğneme kuvvetleri karşısında esnekliğinin azaldığı, bu durumda daha fazla dişte kırılmaya sebep olduğu belirtilmiştir.¹⁴⁶

Elastikiyet modülü, gerilme ve basınç dayanımı gibi fiziksel özellikler dentinin sertliği üzerine etki etmektedir. Çeşitli faktörlere bağlı olarak dişlerin mineral yoğunluğunda meydana gelen değişimler, dişlerin sahip oldukları özellikleride etkilemektedirler. Dentin tüberkül yoğunluğu, dentin sertliği ile ters orantılı olduğu bildirilmiştir.¹⁴⁷

Yaşlanmayla birlikte pulpada meydana gelen çeşitli değişikliklerle birlikte, sekonder ve tersiyer dentinde görülen değişiklikler dişlerin kırılmaya karşı direnci düşürdüğü bildirilmiştir.¹⁴⁸

Dentinin organik yapısını, aralarında inorganik kalsiyum fosfat tuzları bulunduran kollajen yapı oluşturmaktadır. Moleküller arası çapraz bağlar sayesinde kollajen lifler; sertlik, yüksek gerilim direnci ve çekme kuvvetlerine direnç gibi karakteristik fiziksel özellikleri sağlar. Kanal tedavisinden sonra, kollajenin yapısında bulunan çapraz bağlarda görülen değişiklikler sonucunda dişin sertliğinde azalma ve dişlerin kırılabilirliğinde artma görülür.^{140, 149-151}

Kök kanal tedavisinden hemen sonra dentinin anatomisinde, biyokimyasında ve biyomekanik özelliklerinde görülen değişimler ile dişte görülen madde kaybı bir araya geldiğinde, dişler daha da kırılabilir hale gelmektedir.¹⁴⁰

Kanal irrigasyonunda kullanılan kalsiyum hidroksit, NaOCl, EDTA, klorheksidin gibi kimyasallar da dişlerde bulunan organik ve inorganik bileşenlerle etkileşime girerek, dentin elastikiyetinde bir azalmaya sebep olmaktadır.¹⁵²⁻¹⁵⁶ Özellikle kanal içi ilaç olarak kullanılan kalsiyum hidroksitin dentini daha sert bir hale getirdiği kırılmaya daha yatkın olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.¹⁵⁷⁻¹⁵⁹

2.6.1. Preparasyon Yöntemlerinin Kırılma Direncine Üzerine Etkisi

Literatürde endodontik tedavinin dişlerde kırılma direnci üzerine olumsuz etkilerini inceleyen pek çok çalışma mevcuttur.¹⁶⁰⁻¹⁶² 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.^{153, 163-166}

Kanal tedavisine başlarken ilk aşama giriş kavitesinin açılmasıdır. Bu aşamanın diş dokusunun yapısal bütünlüğü üzerine olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir.¹³⁹ Giriş kavitesi açıldıktan sonra kanal preparasyonu da ilave bir madde kaybı oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda kanal tedavisinin en önemli adımlarından biri olan preparasyon sonrasında da kökün kırılma direncinin azaldığı bildirilmiştir.¹⁶⁷ 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.¹⁶⁸ Bu tip stres yoğunlukları da vertikal kök kırığına sebebiyet verebilecek dentin defektleri meydana getirebilmektedir.¹⁶⁹

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.^{170, 171} Bununla birlikte, döner alet sistemlerinin yaygın kullanımı sonucunda vertikal kök kırıklarında artış görülmüştür.¹⁷²

Döner aletlerin tasarımsal özellikleri ve üretim metotları klinik performanslarını etkilemektedir.^{173, 174} Döner aletlerin kesme etkinliklerinin; kesit dizaynlarına, sarmal ve meyil açılarına, debris çıkarma kapasitelerine, metalurojik özelliklerine ve aletlerin aktif yüzeylerine bağlı olduğu bilinmektedir.^{171, 175} Ayrıca farklı döner alet sistemlerinin farklı tasarımlara sahip olmaları sebebiyle temas streslerinde de farklılıklar olabileceği bildirilmiştir.¹⁷⁶ Kanal şekillendirme aşamasında meydana gelen yüksek stres yoğunluğu kanalda sapmalara ve sonuçta daha ince dentin kalınlığına sahip alanların oluşmasına neden olmaktadır. Kalınlığı azalan dentin dokusu apikal kırık riskinin de artmasına sebep olmaktadır.¹⁷⁷⁻¹⁷⁹

2002 yılında Walton ve Torabinejad tarafından yapılan bir çalışmada da; kök kanal preparasyonunun kanal aletlerinin ve irrigasyon solüsyonlarının derin penetrasyonuna izin verecek kadar geniş, ancak diş dokusunu zayıflatmayacak ölçüde sınırlı olması gerektiği sonucuna varılmıştır.¹⁷²

2.6.2. 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.¹⁸⁰ Ancak mikrosertlik

değerlerinde gözlenen bu düşüşlerin fazla olması kırılma direncini, kanal dolgu materyallerinin dentin dokusuna adezyonunu ve sızdırmaz tıkama etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir.¹⁸⁰

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.^{153, 181, 182}

2.6.3. Kanal Dolgu Patlarının Kırılma Direncine Üzerine Etkisi

Kök kanal dolgu patlarının kanal dentinine bağlanma özellikleri ve antibakteriyel etkilerini arttırılabilmek amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır. Günümüzde kök kanallarının doldurulmasında sıklıkla geleneksel gütaperka ve kök kanal dolgu patları kullanılmaktadır. Adeziv sistemlerdeki gelişmelerle birlikte kanal dentinine bağlanma, apikal sızıntıyı önleme, monoblok oluşturma, koronal sızıntının önüne geçme ve diş dokusuna dayanımının arttırılması hedeflenmektedir.¹⁸³

Kök kanal dolgu maddeleri, kanalı olumlu etki yaparak dişin kırılma direncini artırabilirler. Günümüzde endodontik tedavide çeşitli kök kanal dolgu patları kullanılmaktadır. Son zamanlarda güncellenen kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patları çeşitli olumlu özellikleri sebebiyle ilgi çekmiş ve dentine bağlanma kapasitelerinin rezin içerikli kanal dolgu patlarıyla benzer olduğu belirtilmiştir.¹⁸⁴ Ayrıca patların dentine bağlanma özelliklerinin artırılması sonucu, patın dentine daha iyi adezyonu sağlanarak, dişin kırılma direncine karşı olumlu tepki göstereceği rapor edilmiştir.¹⁸⁵

Kalsiyum hidroksit, yıllardan beri apikali açık olan dişlerin apeks gelişiminin devam ettirilmesinde, internal veya eksternal rezorbsiyonun gözleendiği dişlerde osteoblastik aktivitenin kazandırılmasında, periapikalinde büyük lezyon bulunan dişlerin

tedavisinde ve özellikle kök kanalında bulunan inatçı enfeksiyonlar karşısında mücadelede medikamanı olarak kullanılmaktadır.¹⁶⁴

Kanal tedavisinin son aşamasında kanalların kanal dolum patı ile doldurulmasının amaçları; kor materyali olan gütaperka ile dentin duvarları arasındaki boşlukları, kor materyallerinin birbirleri arasındaki boşlukları, kanaldaki düzensiz alanları, isthmus kanalları ve apikal bölgedeki olabilecek dallanmaları doldurmaktır. Kök kanal sisteminin başarılı tedavisi için ile sonuçlanması için sızdırmaz ve tümüyle doldurulması en önemli unsurlardan biridir. Ancak klinikte bulunan gütaperka ve kanal patı ile başarılı sonuç elde edilmesi çok zordur. Kanal patı veya rezinin kök kanal dentin duvarlarına iyi şekilde penetre olarak kanalları tamamen kapatması gerekmektedir.¹⁸⁶ Kanal patıları sıklıkla; pat/pat ya da toz/likit halinde karıştırılarak hazırlanan ve akışkan sayılabilecek bir formda kullanılan materyallerdir. Kanal patılarının karıştırıldıktan sonra sertleşerek son şeklini alması, ürün için belirlenmiş farklı müddetlerde olmaktadır.

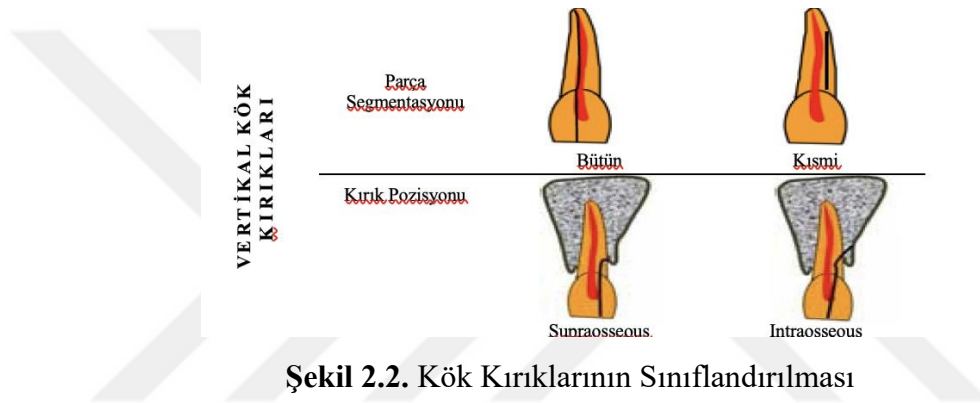
Kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patları içeriklerine bağlı olarak kırılma direnci farklı etkiler gösterebilirler. Dentin yapısında bulunan hidroksiapatit ve kollajen fibril bağları, dentinin elastikiyet modülünü etkiler. Hidroksiapatit ve kollajen fibrilleri arasındaki bağlayıcı görevini, dentinin organik matris içeriğinde bulunan fosfat ve karboksilat grupları görmektedirler. Kök kanal medikamanı olarak kullanılan kalsiyum hidroksit yüksek alkaliteye sahip olduğundan asidik birleşimlerin yapılarını çözerek, bozarak ya da nötralize ederek dentinin yapısını zayıflatmaktadır.^{152, 187} Kloroform, ksilen ve halotan içeriğine sahip kök kanal dolgu patları dentini yumuşatırken, öjenol içeriğine sahip olanlar sertleştirmektedir.¹⁸⁸

2.7. Kök Kırıkları

2.7.1. Vertikal Kök Kırıkları (VKK)

Vertikal kök kırığı (VKK), genellikle iç kanal duvarında başlayan ve dışa doğru

kök yüzeyine uzanan, kökle sınırlı uzunlamasına bir kırık olarak tanımlanır.¹⁸⁹ Vertikal kök kırığı genellikle belirli bir belirti ve semptom göstermez ve bu nedenle diş hekimlerinin bunu anlaması zordur. Önceki çalışmalar¹⁹⁰⁻¹⁹³ Vertikal kök kırığının yaygın klinik semptomlarının, derin lokalize problama kusuru ile birlikte donuk ağrı, şişlik ve sinüs yolu varlığı olduğunu bildirmiştir. Radyografiler, periodontal bağın genişlemesini ve osseöz resorptif defektleri gösterebilir. Klinik ve radyografik bulgular kırığın yaygınlığı ve yeri ile ilişkilidir. Vertikal kök kırığı çoğunlukla yaşlı insanlarda bulunur.¹⁹¹



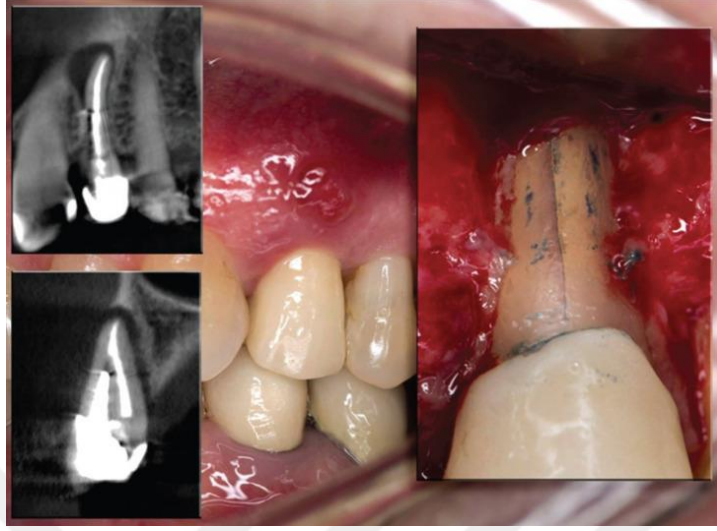
Şekil 2.2. Kök Kırıklarının Sınıflandırılması

Vertikal kök kırığı genellikle endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerde post yerleştirmeli veya yerleştirmesiz oluşur.^{191, 194} Vertikal kök kırıklarının sınıflaması Şekil 2.2.de gösterilmiştir.¹⁹⁵

2.7.1.1. Vertikal Kök Kırıklarının Nedenleri ve Teşhisi

Vertikal kök kırığı; mine, dentin ve pulpayı kapsayan ve dişin uzun aksı boyunca uzanan sonlanmış ya da sonlanmamış kırıklardır.¹⁹⁶ Hiperoklüzyon ve anormal kuvvetler sonucu kanal sisteminde oluşan stres VKK'ya sebep olur.¹⁹⁷ Ayrıca Enstrümantasyon sırasında önemli ölçüde diş yapısı kaybı, uygun olmayan kök kanal aleti kullanımı, kök kanal dolumu esnasında fazla kuvvet uygulanması, kök kanalı içine yerleştirilen postların varlığı ve kama etkisi ve uzun süreli ultrasonik titreşimler bu kırıkların ve çatlakların oluşmasına etki etmektedir.¹⁹⁸ Çiğneme kuvvetleri; tedavi edilmiş dişlerde, tedavi

edilmeyen dişlere göre VKK'nın daha yüksek oranda görülmüştür.¹⁹⁹ Şekil 2.3'de maksiller 1. premolarlarda bulunan VKK vakalarına ait resimler gösterilmiştir.²⁰⁰



Şekil 2.3. Üst 1. premolar dişte görülen VKK

Düz veya ince köklü dişler olan maksilllar ve mandibular 1. premolar, maksilllar molarların mesio-buccal kökleri, mandibular molarların mesial kökleri, mandibular kanin dişler ve daha küçük mesio-distal çaplı dişler kırıklara karşı daha hassastır.²⁰¹ Testori ve ark.¹⁹¹ Kök kanal tedavili dişlerde VKK vakalarının 1. premolarlarda en yüksek oranda olduğu görülürken, Chan ve ark.²⁰² yaptıkları çalışmada en sık karşılaşılan VKK vakalarının birinci molarlarda ve en az görülen vakaların ise anterior dişlerde ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Vital anterior dişlerde VKK vakalarının az rastlanmasının sebebi muhtemelen çiğneme yönünün genelde vertikal olmamasından kaynaklanmaktadır.²⁰¹

Vertikal kök kırığı, restoratif ve endodontik vakalardan sonra diş çekimine neden olan en yaygın üçüncü sebep olarak görülmektedir.^{185, 203} Bu tür kırıkların yaşandığı vakaların büyük çoğunluğunun 40 yaşının üzerindeki hastalarda teşhis edildiği bildirilmiştir.²⁰⁴

Genellikle fraktürler labio-lingual yönde koronalden apikal bölüme kadar devam eder.¹⁹⁷ Vertikal kök kırığındaki en önemli belirti çiğneme esnasında olan keskin ağrıdır. Vertikal kök kırığının klinik görüntüsü periodontal lezyonlara ve apselerle benzerlik

göstermektedir. Fistül varlığı ise VKK'nın başka bir işaretidir. Buna rağmen bazı VKK'lı dişler normal periodontal derinlik gösterdikleri bildirilmiştir.¹⁹³ Vertikal kök kırığına özgü radyografik bulgular; kökün yüzeyine doğru açısal kemik kaybı ve lateral parlaklık, furkasyon bölgesine doğru hale benzeri uzamalardır.¹⁹⁸ Tüm bu bulgular, VKK'nın teşhisinde değerli ip uçları sağlamaktadır.¹⁹⁹

Vertikal kök kırığının teşhisini zorlaştıran faktörler başarısız kök kanal tedavisi veya periodontal hastalıklarda da görülebilen sızı şeklinde veya çiğneme esnasındaki ağrı, mobilite, derin sondalama defektleri, periodontal abse ve periapikal radyolüensler ve semptomlardır.²⁰⁴⁻²⁰⁶ Yanlış teşhis; istemediğimiz bir tedavi yöntemine yol açabilir. Örneğin, periodonsiyumun apikaline kadar zarar veren VKK farklı bir vaka olarak teşhis edilmesi durumunda periodontal tedavi veya kök kanal tedavisinin tekrar edilmesi şeklinde uygun olmayan tedavi yöntemleri yapılabilir.²⁰⁷

Çekilmiş dişlerde kök kırıklarının histolojisini ve patogenezi inceleyen Walton ark.²⁰⁸, kırık hattındaki iritanların, yumuşak dokularda ve alveol kemiğinde iyileştirilemeyen ve tahribata yol açan iltihaplı bir lezyona sebep olabileceğini göstermişlerdir. Böyle bir hasar periodontal problemlerde veya başarısız kök kanal tedavisi gibi vakalarda da görülebilir ve VKK ile karıştırılabilir.²⁰⁷ Kırık tamamen korondan apekse lingualden labiale kadar bitmiş veya devam eden olabilir ve bu durum teşhisi daha zor bir duruma getirir.²⁰⁹ VKK gelişen dişler genellikle kurtarılamaz, restore edilemez olarak görülür.²¹⁰

Vertikal kök vakalarında kesin bir teşhis için bilinen tek bir spesifik işaret, semptom veya radyografik özellik bulunmamaktadır. Vertikal kök kırıklarında teşhis süreci aşağıdaki aşamalardan geçmektedir:²⁰⁷

a) *Hastanın subjektif değerlendirmesi*: Hastanın şikayetleri vakalara göre değişiklik gösteren ağrı, çoğu zaman stabil olmasına rağmen bazı durumlarda dişin

mobilitesi, çiğneme sırasında ağrı, lokalize şişme veya periodontal türü bir apseden çıkan kötü bir tat, koku veya diş eti iltihabı şeklinde kendini gösterebilir.

b) *Objektif pulpa ve periapikal testleri:* Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde pulpa testleri VKK teşhisine katkısı bulunmamaktadır. Perküsyon ve palpasyon gibi periapikal testler de VKK'ların teşhisinde etkisizdir.

c) *Klinik araştırma bulguları:* Genel bir bulgu sinüs tractı veya gingival bir şişmedir.

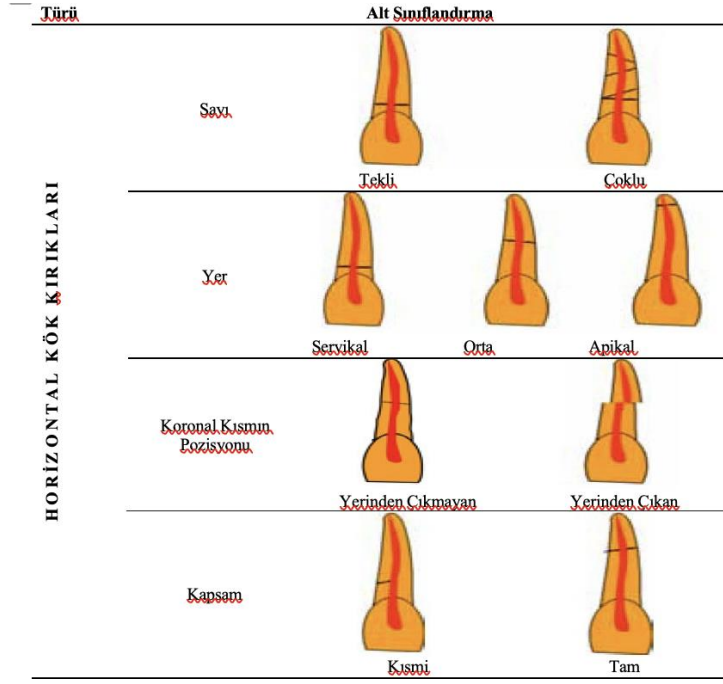
d) *Radyografik bulgular:* Radyografiler kemik rezorpsiyonlarının oldukça kapsamlı türlerini göstermeye yardımcı olur.²⁰⁵ Bu rezorptif lezyonlar dişin içinde olmasındansa dişle bitişiktir. Az bir olasılıkla küçük kılcak radyolusens kırık çizgisi kökte görülebilir. Periodontal veya endodontik iltihaplı rezorptif lezyonlar gibi diğer vakalara sıklıkla benzediğinden, VKK'ların spesifik radyografik bulguları çoğu zaman yoktur.²¹¹ Güncel çalışmasında Karygiann ve ark.²¹² VKK vakalarının çoğunda her hangi bir patolojik kemik değişimi görülmediğini göstermişlerdir. VKK'ların en sık görülen radyografik özelliği resim 2.3'de görülen J şeklinde hale görüntüsüdür. Mandibular molarlarda, furkasyonda radyolusens bir alan sıklıkla görülür ve bu durum diğer periapikal ve lateral değişimlerle beraber görülür.²⁰⁶

Ayrılmış kök segmentleri radyografilerde çok az sıklıkla görülür. Kök kırığında belirgin bir ayrılma olmasında, kökler arasını kapsayan ve segmentleri ayıran iltihaplı doku olan geniş bir radyolusens bölge görülür(resim 2.3).²¹³

e) *Dental geçmiş:* Dişi etkileyen geçmişteki tedavi metot ve şekillerinin göz önüne alınması teşhis için önemlidir, çünkü VKK'lar spontan olarak görülmezler. Sıklıkla VKK'lar endodontik tedavi gören dişlerde görülmektedir ve/veya kök ile ilgili cerrahi operasyonlarda fark edilirler.²¹²

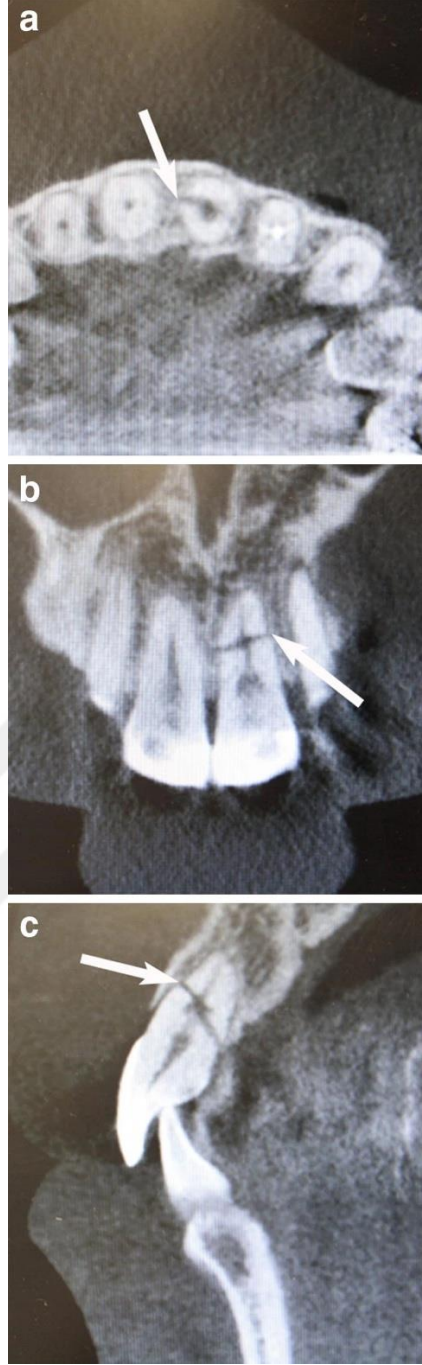
2.7.2. Horizontal Kök Kırıkları (HKK)

Horizontal Kök Kırıkları, diğer dental travma çeşitlerine göre çok sık görülmemektedir ve görülme sıklığı %5 ile %7 arasındadır.^{204, 214} Horizontal Kök Kırıkları genellikle genç yetişkinlerin anterior dişlerinde travmatik yaralanmalar sonucunda görülmektedir.²¹⁵



Şekil 2.3. Horizontal kök kırıkları sınıflandırması

Travmaya bağlı görülen horizontal kök kırıkları, apikal, orta ve koronal üçlüde görülebilirler.²¹⁶ Bu kırık çeşitleri şekil 2.3 de gösterilmiştir.²⁰⁰ Genellikle orta üçlüde görülür, koronal ve apikal üçlüde görülen kırıkları bu sırayı takip eder. Kök kırıkları yaralanmalardan hemen sonra yada rutin diş muayenesinden sonra tespit edilir.²¹⁷



Şekil 2.4. Üst santral dişte görülen horizontal kök kırığı

Horizontal kök kırıkları kökün farklı noktalarında görülebilir ve bunlar Şekil 2.4’de belirtilmiştir.^{218, 219}

Horizontal kök kırığı vakalarında teşhiste aşağıdaki aşamalar izlenir: ²²⁰

- a) *Görsel bulgular:* Koronaldeki parça yer değiştirmiş yada yerinden çıkmış olabilir. Kuronda, gri yada kırmızı renklenme olabilir ve sulkusta kanaman

olabilir

- b) *Perküsyon*: Diş perküsyona karşı hassas olabilir
- c) *Mobilite*: Koronal parçada mobilite görülebilir
- d) *Canlılık testi*: Pulpanın canlılık testi, geçici veya daimi olumsuz bir sonuç gösterebilir. Bu yüzden pulpa canlılığı takip edilmelidir. Dişin damarsal durumu pulse oksimetri²²¹ veya Laser Doppler Flowmetry²²² ile değerlendirilebilir.
- e) *Radyografik bulgular*: Radyografide genellikle kırık hat görünür durumdadır. Apikal parça sabittir koronal parça ise genellikle yerinden çıkar²²³. Durumun daha iyi tespit edilebilmesi için çeşitli radyografiler (periapikal, oklüzal, açılı periapikal filmler) alınmalıdır.

Kök kırığının tedavi planlamasında kırığın konumunun ve apikal parça ile olan alakasına bağlıdır. Alveol kretin altındaki kök kırıklarının koruyucu tedavisi fragmanların immobilasyonunu, dislokasyonlarını, oklüzyondan düşürmeyi gerektirir. Daha üst seviye diş tedavileri kök kanal tedavisi, splintleme, endodontik implantlar ve restoratif tedavi yöntemlerini beraberinde getirebilir.²²⁴

2.8. Endodontik Tedavide Kırılma Direnci

Materyaller sıkışmaya neden olan bir dış kuvvete maruz kaldıkları zaman buna tepki olarak bir iç kuvvet oluştururlar. Bu kuvvet, yük gelmeye başladığında oluşmaktadır. Kırılma direnci, araştırılan materyalin fiziksel olarak sağlamlılığının test edildiği, bunun yanında araştırmacıların materyallerde öngörülen performansları tartışıldığı sık kullanılan bir değerlendirme metodudur. Diş hekimliğinde bu test simanların, kompozit rezinlerin, amalgamların, porselenlerin sağlamlığını ölçmek ve kanal içi medikamentlerin, kanal içi irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkilerinin ölçülmesi sebebiyle kullanılmaktadır. Bu testler, titizlikle

yürütülmelidir, çünkü örnek materyal ile test cihazı arasındaki bölge düzgün olmadığı durumda lokalize stres bölgeleri meydana gelmekte ve bu durumda güvenilirlik olumsuz etkilenmektedir. Kırılma direnci testinde kuvvet uygulayacak materyallerin ISO 9917-1'e göre uygun olması gereklidir.²²⁵

Bu çalışmanın amacı, ozonlu su dahil olmak üzere kök kanal tedavisinde kullanılan farklı final irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma dayanıklılığı üzerine etkilerini karşılaştırmaktır.



3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulunun 04.06.2021 tarihli 38 numaralı yazısıyla onaylanmıştır.

3.1. Çalışmanın Deney Akışı

- Çalışmada kullanılacak alt 1. premolar dişlerinin toplanması
- Dişlerin koronal yüzeylerinden plak ve kalıntıların temizlenmesi,
- Çalışmada kullanılacak olan dişlerin kök boyunu 13 mm sabitlemek için kuron kısmından kesilmesi ve kök kanal kemomekainik yapılması
- Dişlerin akrilik rezin içine gömülmesi
- Hazırlanan örneklerle basma dayanım testi yapılması
- İstatistiksel analiz.

3.2. Çalışmada Kullanılacak Dişlerin Dahil Edilme Kriterleri ve Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamız ortodontik ve periodontal nedenlerle çekilmiş toplam 100 adet tek köklü alt 1. premolar diş ile yapılmıştır. Atatürk Üniversitesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi kliniğinde onam alınmış hastalardan çekilen dişler günlük solüsyonları değiştirilerek toplamıştır. Dişlerin üzerindeki doku eklentileri periodontal küret, polisaj fırçası ve pomza ile uzaklaştırılmıştır. Toplanan dişler timol solüsyonunda bekletilerek dezenfekte edilmiştir.

Dişlerin koronal kısmından, köklerin her biri 13 mm uzunlukta olacak şekilde elmas diskle kesilerek uzaklaştırıldı. Stereomikroskop altında kök yüzeyleri incelenerek, yüzeylerde kırık veya çatlak olmadığı doğrulandı. Elde edilen kökler, mezio-distal çapı 3.2 ± 0.2 mm ve bukkio-lingual çapı 5.5 ± 0.5 mm olacak biçimde standardize edildi. Çekilen dişler endodontik tedavileri yapılana kadar serum fizyolojik içinde bekletilmiştir.

Kök uzunluğu 13 mm'den (± 1 mm) daha uzun olan , kök yüzeyinde çatlaklar görülen, radyografi alındıktan sonra 2 kanala sahip olduğu testip edilen, kök kanal anatomisi normal seyrinde olmayan ve kalsifiye kök görüntüsü izlenen dişler çalışma dışında tutulmuştur.

Güç analizi (G*power 3.1.9.4 yazılımı (Heinrich-Heine Dusseldorf University, Dusseldorf, Almanya)) test gücü 89, etki büyüklüğü 0.4 ve hata payı 0.05 olacak şekilde beş grup içinde örneklem büyüklüğünün minimum 99 örnek olması gerektiğini göstermiştir.

3.3. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Bu tez çalışmasının, 3 çalışma ve 2 kontrol olmak üzere toplam 5 grup ile yürütülmesi planlanmıştır. Çalışmaya her grupta n=20 adet olmak üzere toplam 100 adet insan daimi alt 1. premolar dişi dahil edilmiştir. Çalışmada kullanılan son irrigasyon solüsyonlar;

1. serum fizyolojik standart %0.9 izotonik sodyum klorür
2. % 17 E.D.T.A.
3. % 2.5'lik sodyum hipoklorit
4. 15µg/ml ozonlu sudur.

Çalışma grupları şu şekilde oluşturulmuştur:

Grup 1: Sağlam alt 1. premolar dişler(Negatif kontrol)

Grup 2: Serum fizyolojik irrigasyonu (Pozitif kontrol)

Grup 3: %2.5'lik NaOCl, %17 EDTA, Serum fizyolojik

Grup 4: %2.5'lik NaOCl, %17 EDTA, Serum fizyolojik(5 ml), %2.5'lik NaOCl irrigasyonu

Grup 5: %2.5'lik NaOCl, %17 EDTA, Serum fizyolojik(5 ml), 15µg/ml Ozonlu Su

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılacak irrigasyon solüsyonu, döner alet sistemi ve uygulanacak dişlerinin tablosu

Kullanılan İrrigasyon Solüsyonu	Kullanılan Döner Alet Sistemi	Çalışmada Kullanılacak Diş
Negatif kontrol grubu		
Pozitif kontrol grubu	Reciproc 25+Reciproc 40	Mandibular 1. premolar
%2.5'lik NaOCl+ %17 EDTA+ Serum Fizyolojik	Reciproc 25+Reciproc 40	Mandibular 1. premolar
%2.5'lik NaOCl+ %17 EDTA+ Serum Fizyolojik + %2.5'lik NaOCl	Reciproc 25+Reciproc 40	Mandibular 1. premolar
%2.5'lik NaOCl+ %17 EDTA+ Serum Fizyolojik +Ozonlu Su	Reciproc 25+Reciproc 40	Mandibular 1. premolar

20 diş negatif kontrol grubu için ayrıldı ve bu dişlere herhangi bir işlem yapılmadı. Geriye kalan diğer dişlere giriş kavitesi açıldıktan sonra 15 numara K-file kullanılarak ucu apekte belirinceye kadar kök kanalında ilerletildi. Kanal boyu tespit edildi ve bu boydan 1mm kadar kısa olacak şekilde çalışıldı. Kök kanallarının enstürmantasyonu Reciproc(VDW GmbH, Munich) 25 ve 40 nolu eğelerle yapıldı ve her 3 gagalama hareketinden ve eğe değişiminden sonra Max-i Probe enjeksiyon iğnesi (Dentsply Rinn, York, PA, ABD) yandan perfore enjeksiyon iğnesi ile 2.5ml serum fizyolojik solüsyonu kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra final irrigasyonuna geçilmiş ve burada kullanılan irrigasyon solüsyonları Tablo3.1.'de verilmiştir. Final eğelemeden sonra gruplarda belirtilen irrigasyon solüsyonları her biri 5ml/dk olacak şekilde irrigasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kanallar paper pointle (DiaRoot, Diadent, Burnaby, Canada) kurulandıktan sonra, kanal dolgu patı (Seal Apex, KERR,) ile 40/06 master kon ve lateral konlar (DiaRoot, Diadent, Burnaby, Canada) kullanılarak soğuk lateral kondensasyon tekniği ile doldurulmuştur. Kanal dolgu patı iki hafta süreyle 37°C' de %100 nemli ortamda sertleşmesi için bekletildi.



Şekil 3.1. Kök kanal dolumunda kullanılan kanal dolgu patı



Şekil 3.2. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner alet sistemi



Şekil 3.3. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner alet eğeleri



Şekil 3.4. Kök kanal irrigasyonunda kullanılan yandan perforire irrigasyon iğnesi

Ozonlu su hazırlanırken İ-MODE ozon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.10). Kök kanalları prepare edilirken, cihazda doz $15\mu\text{g/ml}$ ve süre 4 dk / sn olacak şekilde ozonlu su hazırlanmıştır. Hazırlanan taze solüsyon bekletilmeden irrigasyonda kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Ozon uygulamasında kullanılan İ-MODE ozon cihazı

Endodontik tedavisi tamamlanan her bir örneğin kök yüzeyi ilave silikon ölçü maddesi (Zhermack SpA – Via Bovazecchino, 100 – 45021 Badia Polesine (RO), Italy.) ile periodontal ligament (PDL) simülasyonu sağlamak amacıyla kaplanmıştır. Bu işlem yapılırken dişlerin 10mm’lik bölümü eritilmiş muma daldırıldı ve yaklaşık 0,2-0,3mm’lik PDL boşluğu elde edildi. Dişler, 3mm’lik bölümleri dışarıda kalacak şekilde akrilik bloklara gömüldü. Polimerizasyon esnasında dişler çıkarıldı ve yüzeylerinde bulunan mum artıklar temizlendi. Sonra dişler polivinil siloksan ölçü maddesi ile kaplanıp tekrar akrilik bloklara gömüldü.



Şekil 3.6. Çalışmamızda periodontal ligamenti taklit etmek amacıyla kullanılan ölçü maddesi

3.4. Kırılma Dayanım Testinin Yapılması

Instron Universal Test Makinesinin üst hareketli koluna paslanmaz çelikten yapılmış yuvarlak künt çubuk sabitlenmiştir. Örneklerin konulduğu parça da test cihazının alt kısmına yerleştirilmiştir. Dişlerde uygulanan kuvvetin iletim aksını standartize edebilmek için yerleştirilen paslanmaz çelik küre çubuk örneklerin tam ortasına gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Örneklerin uzun aksı yere dik olacak şekilde konumlandırıldıktan sonra kuvvet bu aksa yukarıdan tam dik olacak şekilde ayarlanmıştır. Cihaz 1 mm/dk hızına ayarlanarak kırılma oluşana kadar kuvvet uygulanmıştır. Oluşan değerler Newton(N) cinsinden kaydedilmiştir.

3.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi SPSS 20 (IBM, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin dağılımını ve varyansların homojenliğini tespit etmek Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. İrrigasyon solüsyonlarının dişin basma dayanımına etkilerinin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Favorable(tamir edilebilen) kırık tipi

servikal 3'lünün üzerinde yer alırken, katastropik(tamir edilemeyen) kırık tipi orta veya apikal 3'lüde yer almıştır.



Şekil 3.7. Çalışmamızda kullanılan Universal Test Cihazı



Şekil 3.8. Çalışmamızda kırma testi için kullanılan 3,6 mm çapa sahip küre şeklindeki paslanmaz çelik uç



Şekil 3.9. Periodontal ligamenti simülasyonu sağlamak için kök yüzeyi kaplanan alt 1. premolar diş



Şekil 3.10. Akrilik bloklara gömülen örnekler



4. BULGULAR

Farklı irrigasyon prosedürlerinin kök dentini kırılma dayanımı üzerinde etkisinin incelendiği çalışmamızda Kruskal Wallis test sonuçlarına göre en yüksek kırılma dayanımı değeri Grup 1’de (negatif kontrol) (1206.5), en düşük kırılma dayanım değeri Grup 4’de (740.75) izlenmiştir. Gruplar arası değerlendirmede Grup 1 (negatif kontrol) diğer tüm gruplarla istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir($p<0.00$). Grup 4 ve Grup 5 arasında da istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur($p<0.00$).

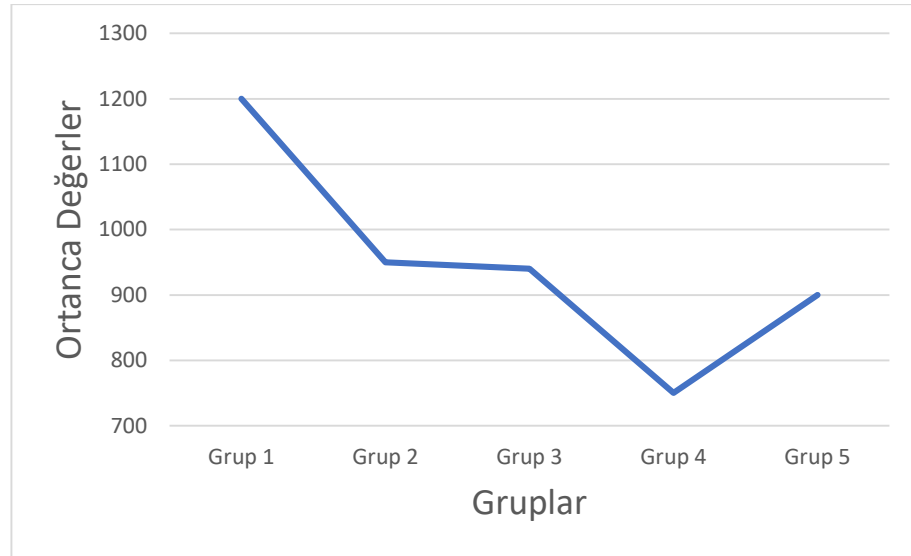
Tablo 4.1. Kruskal Wallis test sonuçları

	Kırılma
Chi-Square	34.009
df	4
Asymp. Sig.	.000

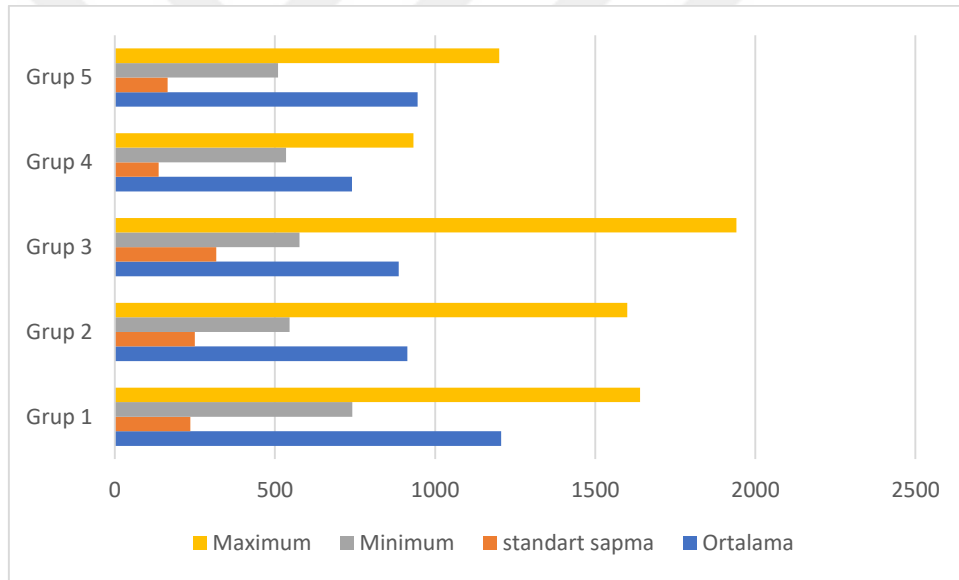
Tablo 4.2. Gruplara göre örneklerde görülen kök dentin direnci bulguları (Newton).

Gruplar	Ortanca Değer	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Grup 1 (Negatif Kontrol) ^a	1206,5	235,7	741,2	1640
Grup 2 (Pozitif Kontrol) ^b	913,8	249,7	545,2	1600
Grup 3(NaOCl, EDTA, SF) ^{b,c}	886	316,4	577	1941
Grup 4 (NaOCl, EDTA, SF, NaOCl) ^c	740,7	137	534,2	932,4
Grup 5 (NaOCl, EDTA, SF, OS) ^b	945,5	164,4	510	1200

Farklı küçük harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir($p<0.05$)



Şekil 4.1. Grupların ortanca kırılma direnç değerlerini gösteren grafik



Şekil 4.2. Grupların maksimum, minimum ve ortalama değerlerini gösteren grafiksel dağılımı

Sample1-Sample2	Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Grup 4-Grup 3	3,600	,058	,578
Grup 4-Grup 2	3,600	,058	,578
Grup 4-Grup 5	10,000	,002	,016
Grup 4-Grup 1	25,600	,000	,000
Grup 3-Grup 2	,400	,527	1,000
Grup 3-Grup 5	3,600	,058	,578
Grup 3-Grup 1	10,000	,002	,016
Grup 2-Grup 5	,400	,527	1,000
Grup 2-Grup 1	10,000	,002	,016
Grup 5-Grup 1	10,000	,002	,016

Şekil 4.3. Kruskal Wallis testine göre gruplar arası karşılaştırmalar. Grup 1: negatif kontrol; Grup 2: pozitif kontrol Grup 3:NaOCl, EDTA, Serumm Fizyolojik; Grup 4:NaOCl, EDTA, Serum Fizyolojik, NaOCl; Grup 5:NaOCl, EDTA, Serum Fizyolojik, Ozonlu Su

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavide başarı; kök kanal sistemin tamamen temizlenmiş, dezenfekte edilmiş ve üç boyutlu olarak doldurulmuş olması olarak kabul edilebilir.²²⁶ Aynı zamanda tedavinin uygun araçlarla kısa sürede ve ideal şekilde bitirilmesi de kriterler arasındadır. Kök kanal sistemi kompleks bir yapıya sahiptir ve etkin bir şekilde tedavi edilebilmesi için farklı birçok materyal kullanılmaktadır. Araştırmacılar kısa sürede ve daha etkili tedaviyi sağlamak adına yeni teknikler bulmaya çalışmışlardır.²²⁷

Bu çalışmada amacımız, endodontik tedavide kullanılan farklı final irrigasyon protokollerinin kırılma dayanımı üzerine etkisini incelemektir. Günümüze kadar endodontik tedavi ile ilgili yapılmış olan in vitro çalışmalarda, genellikle insan dişleri kullanılmış olup,^{228, 229} bununla birlikte bazı çalışmalarda çekilmiş koyun²³⁰⁻²³³ ve sığır dişleri²³⁴ de tercih edilmiştir. Ancak, yapılan çalışmalarda farklı yöntemlerin kullanılması ve farklı yapıya ve morfolojiye sahip hayvan dişlerinin kullanılması, klinik koşullar ile kıyaslandığında tutarlı sonuçların elde edilmesini mümkün kılmamıştır.²³⁵ Yapısal ve morfolojik özelliklerin aynı olması ve klinik şartları ile benzer sonuçlar alınabilmesi amacıyla yaptığımız çalışmada insan mandibular 1. premolar dişlerinin kullanılması tercih edilmiştir.

Örneklerinin standardizasyonunu sağlamak amacıyla yapılan in vitro çalışmalarda, kullanılacak dişler tek kanallı, tek köklü ve kök uçları kapanmış dişler olarak seçilmiştir; kriterleri sağlamayan dişlerse çalışmalara dahil edilmemiştir. Bunlara ek olarak diğer kriterlerse dişlerde çalışma sonuçlarını etkileyecek herhangi bir defekt (kron, çürük veya kök çatlağı, kırığı ya da kök rezorbsiyonu) olmaması da aranmıştır.^{228, 232, 234}

Çalışmalarda kullanılacak dişlerin seçilmesi için sahip olması gereken özellikler, yukarıda belirtilen ve benzer çalışmalarda uygulanan protokoller dikkate alınarak belirlenmiştir.

İn vitro çalışmalarda aranan örneklem sayısının hemen elde edilememesi dişlerin çekimden sonra hemen kullanılamamalarına bu da çekilmiş olan dişlerin deney sürecine kadar kabul gören bir saklama prosedürü uygulanmasını gerektirmektedir. Bu amaç doğrultusunda çeşitli solüsyonlar kullanılmıştır. Çekilmiş dişlerin muhafaza edildiği saklama solüsyonlarının, substratın bozulmasını engellerken aynı zamanda dişlerden gelişebilecek enfeksiyon riskini önleyebilecek özellikleri taşıması istenmektedir.²³⁶ Yapılan in vitro çalışmalarda, resilon kök kanal dolgu sisteminin kullanıldığı örneklerin bekletilmesi için kullanılan saklama solüsyonları genellikle: serum fizyolojik²³⁷⁻²⁴⁴ ve % 0,5'lik kloramin-T'dir.²⁴⁵⁻²⁴⁷ Çalışmamızda referans alınan diğer çalışmalara dayanarak serum fizyolojik, saklama solusyonu olarak tercih edilmiştir. Ayrıca dişlerin dehidratasyonun da engellenebilmesi ve çalışmamızda mikrooragnizma üzerine bir parametre bulunmaması da tercihimizde etkili olmuştur.

Periodontal ligament (PDL) dokusu, dişlere gelen kuvvetlerin dağılmasını sağlayarak stresi dağıtır ve dişin kırılmaya karşı direncinin artmasını sağlar.²⁴⁸ PDL belirli limitlerde sıkışabildiği gibi belirli oranda elastiklik özelliğide gösterebilmektedir. Çiğneme kuvveti 70N'a ulaştığında PDL 0.3-0.15mm kadar sıkışır. Gelen kuvvetler karşısında periodontal lifler maksimum dayanım noktasına geldiği zaman sertleşerek kuvveti kemiğe iletmekte ve böylece gerilimde kök yüzeyine yayılmaktadır.^{249, 250}

Kırılma direncinin incelendiği çalışmalarda örnekler hazırlanırken dişlerin kırılma direnci testi için akrile gömülmesinde PDL simülasyonunun yapılması önerilmektedir ve bu amaçla PDL dokusunun elastik modülüne (0,12-0,96 MPa) yakın değerde olması sebebiyle elastomerik materyaller tercih edilmektedir.²³⁴ Bu bilgilere dayanarak araştırmamızda PDL simülasyonu amacıyla silikon elastomeri kullanılmıştır.

Araştırmamızda gruplar belirlenirken deney grubundaki işlem yapılmış dişlerde sağlam dişlere kıyasla oluşan değişikliklerin belirlenebilmesi amacıyla öncelikle sağlam

dişlerin bulunduğu bir negatif kontrol grubu oluşturulmuştur. Yapığımız bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre en yüksek kırılma direnci negatif kontrol grubunda elde edilmiştir. Literatürdeki benzer araştırmalar incelendiğinde çalışmamıza benzer olarak herhangi bir işlem uygulanmayan dişlerin kırılma direncinin diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir ve bu sonuçlar bizim çalışmamızla da uyumludur.

Reciproc sistemlerinde kök kanal şekillendirmesi, birden çok eğenin kullanıldığı döner sistemlerden farklı olarak tek eğe ile tamamlanır. Kök kanallarında fazla eğe kullanılması kök kanal duvarlarında oluşan hasarda artışa neden olabilir.²⁵¹ Aynı zamanda resiprokasyon hareketi devamlı dönme hareketine göre daha az dentin çatlağına neden olur.²⁵² Aksoy ve ark.²⁵³ farklı eğe sistemlerinin dentin çatlağı oluşturma oranını mikro bilgisayarlı tomografi ile incelemiş ve Reciproc Blue eğesinin herhangi bir dentin çatlağına neden olmadığını göstermişlerdir. Bu nedenle biz de çalışmamızda daha az dentin çatlağına neden olan Reciproc Blue eğesini kullandık.

Kanal dentin kalınlığı köklerin kırılma direncini önemli ölçüde etkilemektedir.^{161,} ^{254, 255} Okitsu ve ark.²⁵⁶ yaptıkları çalışmada daha büyük minör apikal çapa sahip dişlerin daha küçük minör apikal çapa sahip dişlere oranla daha düşük kırılma direnci göstermiştir. Aynı şekilde takara hiro ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 80 nolu apikal çapa sahip dişlerin 40 nolu apikal çapa sahip dişlere oranla daha düşük kırılma direnci olduğunu göstermiştir.²⁵⁴ Bizde çalışmamızda literatürde uygun bir şekilde reciproc 40/06 eğe ile preperasyonunu tamamladık.

Endodontik tedavi uygulanmış dişlerde kök dentininin kırılmaya karşı dayanıklılığı açısından preparasyon yöntemi, irrigasyon solüsyonları, kanal içi ilaç kullanımını, post kullanımı ve kanal dolumu aşamaları önemlidir. Bilindiği üzere kök kanal irrigasyonunda kullanılan solüsyonlar antimikrobiyal etkinliklerinin olmasının yanında kök dentininde erozyona sebep olabilirler. Endodontik tedavide çoğunlukla

kullanılan şelasyon ajanı olan EDTA kök dentininde çözülmeye neden olarak kırılma direncini etkileyebilir. Ayrıca, şelatörlerin düşük konsantrasyonlarda⁵ veya daha kısa uygulama sürelerinde²⁵⁷ kullanılmasıyla erozyonun önlenilebileceği gösterilmiştir. Ancak literatürdeki bir çalışmada, %17 EDTA'nın dentin üzerindeki eroziv etkisi 10 dakikalık bir uygulamadan sonra saptanmıştır. Bu durum dentin mikrosertliğinde azalmaya ve sonuç olarak daha düşük kırılma değerlerine neden olabilir.²⁵⁸ Yine aynı çalışmada %17'lik EDTA'nın 1 ve 10 dakikalık uygulamalarının sonucunda en yüksek kırılma direncinin 1 dakikalık uygulanmasında elde edildiği gösterilmiştir.²⁵⁹ EDTA, NaOCl ile sinerjistik olarak kullanıldığında en güçlü etkisini gösterir.²⁶⁰ NaOCl'den sonra, son yıkama solüsyonu olarak şelasyon ajanı kullanıldığında erozyon tespit edilmezken²⁶¹ önce EDTA ardından %5.25 NaOCl kullanıldığında, peritübüler ve intertübüler dentin erozyonu tespit edilmiştir.²⁶² Bizde çalışma gruplarımızda en yüksek kırılma direnci değerlerini grup 3 (NaOCl, EDTA, Serum Fizyolojik) ve grup 5 (NaOCl, EDTA, Serum Fizyolojik, Ozonlu Su) gruplarında elde ettik. Bu durum bu irrigasyon protokollerinin smear tabakasını dentin yüzeyinde eroziv etkisi olmaksızın etkili bir şekilde ortadan kaldırılmasıyla açıklanabilir. Smear tabakasının uzaklaştırılması ile birlikte kök kanal patları dentin tübüllerine bağlanma gücü artmış bu durum kırılma direnci üzerinde olumlu yönde etkilemiş olabilir.²⁶³

İrrigasyon solüsyonu olarak kullanılan NaOCl ile işlemten sonra dentin sertliğinde meydana gelen önemli değişiklikler, bu kimyasal maddenin dentin yapılarının organik ve inorganik içeriği üzerindeki etkilerini gösterir. NaOCl'in %1, %2,5, %5,25 ve %6'lık konsantrasyonları kullanıldığında kök dentinin mikrosertliğinde azalmalar olduğu bildirilmiştir.²⁶⁴ NaOCl kullanımının kanal tedavisinden sonra dişlerin sertliğinde meydana gelen değişikliklerle ilgili bir başka sonuç da dişlerin kırılma eğilimidir.²⁶⁵ Yapılan bir çalışmada 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 gösterilmiştir.²⁶⁵ Değerlendirilen makalelerin sonuçlarına dayanarak, NaOCl'nin sertlik, elastik modül ve eğilme mukavemeti gibi mekanik özellikleri etkilediği sonucuna varılmıştır. Makalelerde farklı metodolojiler kullanılmış, ancak hepsi NaOCl irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında bir tür kök dentin değişiklikleri göstermiştir.²⁶⁶ Marending ve ark.¹⁵⁵, 2 saat %5'lik NaOCl'ye maruz kaldıktan sonra dentin yüzeyinde makroskopik olarak görülebilen çatlaklar meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada çatlak oluşumuna daha az sebebiyet vermesi açısından ve klinik rutinde kullanılan %2.5'luk NaOCl kullandık. Sonuçlarla uyumlu olarak en düşük kırılma direnci dayanımı değerini Grup 4 (NaOCl, EDTA, SF, NaOCl)'de tespit ettik.

Ozon, esas olarak güçlü bakterisidal etkisi ve düşük sitotoksitesi nedeniyle endodontide gelişmekte olan ve gelecek vaat eden bir dezenfektandır. Daha yüksek konsantrasyonlarda bakterisidal etkisi çok daha hızlıdır ve çoğu dezenfektandan 1000 kat daha güçlüdür. Tek bir ozon molekülü, 3000-10.000 klor molekülüne eşdeğerdir ve bu sayede mikroorganizmalar üzerinde yaklaşık 3500 kat daha hızlı etki eder.²⁶⁷ Ozonoliz ile bakteri hücre zarlarına zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda hücre içi proteinlerin oksidasyonuna neden olarak organel fonksiyon kaybına yol açar. Mikrobiyal hücrelere karşı seçici etkiye sahiptir ve bu nedenle insan hücrelerini etkilemez, bu da minimum sitotoksite ve oral dokularla yüksek biyouyumluluk ile sonuçlanır.²⁶⁸

Ozonlu suyun dişin kırılma direnci etkisi üzerine literatürde herhangi bir çalışma olmaması nedeniyle çalışmamız ile önceki çalışmalar arasında doğrudan bir karşılaştırma yapılamamaktadır. Literatürde ozonlu su ile yapılmış çalışmalar smear tabakasının uzaklaştırılması ve bağlanma dayanımıyla ilgili çalışmalardır. Murugesan ve ark.²⁶⁹ yaptıkları bir çalışmada ozonlu suyun final irrigasyonu olarak tek başına kullanımında

smear tabakasını kaldırmada etkisiz olduğunu ancak NaOCl ve EDTA ile birlikte kullanımında smear tabakasını kaldırma etkinliğinin arttırabileceğini belirtmişlerdir.

Aynı şekilde Shoukheba ve ark.²⁷⁰ farklı irriganların smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerine baktıkları çalışmalarında ozonun ilave bir irrigan olarak kullanılmasını önermişlerdir. Renovato ve ark.¹⁰⁰ NaOCl'den sonra ozonlu suyun kullanımının smear tabakasını uzaklaştırdığını ve dentinde herhangi bir erozyona neden olmadığı bildirilmiştir. Aynı zamanda, başka bir çalışmada NaOCl ile birlikte kullanılan ozonlu suyun smear tabakasını uzaklaştırmada ve adezivlerin bağlanma gücünü arttırmada etkili olduğu gösterilmiştir.²⁷¹

Ozonlu su, yüzeye daha fazla kalsiyum bağlayarak simanın bağlanma dayanımını iyileştirir.²⁷² Bu sonuç ozonun antioksidan özelliği ile açıklanabilir. Ozon, moleküler oksijenin (O₂) diğer oksijen molekülleri ile reaksiyona girebilen serbest oksijene ayrışmasıyla üretilir. Oksijenin salınmasıyla beraber temizlenen dentin tübüllerine simanlar mekanik olarak daha iyi bağlanır.²⁷³ Biz de çalışmamızda ozonlu su uygulanan grupta yüksek kırılma direnci değerleri elde ettik. Bu durum ozonun smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırmasına, muhtemel dentinde erozyona yol açmamasına ve kök kanal patının dentin tübüllerine daha iyi adapte olarak mekanik bir kitlenme sağlamasıyla açıklanabilir. Daha önce yapılan çalışmalar, ozonlu suyun, self-etching adeziv sistemlerinin bağlanma kuvvetini etkilemeden dentin temizliğini desteklediğine dair benzer sonuçlar bildirmiştir.^{100, 274}

Atabek ve ark.'nın²⁷¹ oksidatif irriganların dentin yüzeyine etkilerini inceleyen çalışmalarında 200 saniye ozon uygulaması sonucu dentindeki kollojenlerde yıkım olduğunu gösterdiler. Bu nedenle çalışmamızda literatüre uygun şekilde 60 sn ozonlu su ile kök kanal irrigasyonu yapıldı.

Huth ve ark.²⁷⁵ ozonun patojenler üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, ozonlu suyun, 5 µg/ml'e kadar olan konsantrasyonlarda kullanıldığında *E. faecalis* ve *C. albicans*'ı tamamen elimine ettiğini, daha düşük konsantrasyonlar (2,5 ve 1,25 µg/ml) önemli ölçüde azalttığını ancak tamamen ortadan kaldırmadığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada, 20 µg/ml konsantrasyona sahip ozonlu suyun 1 dakikada, *P.aeruginosa* ve *C. albicans* biyofilmlerini bütünüyle yok ettiğini göstermiştir. Çalışmamızda bu değerleri dikkate alarak çalışmamızda 15µg/ml konsantrasyona sahip ozonlu suyu elde edip kullandık.

Ozonlu suyun dezavantajı, kimyasal kararsızlığı ve üretimi için ozon cihazına ihtiyaç duymasıdır. Skowron ve ark.²⁷⁶ hazırlandıktan hemen sonra kullanılan ozonlu suyun test edilen tüm izolat antimikrobiyal testleri için etkili olduğunu bildirmiştir. Ancak ozonlu suyun 1 ve 2 saat saklanması sonrası aktivitesi azalmıştır. Çalışmamızda ozonlu suyu elde ettikten hemen sonra taze bir şekilde kullandık.

Literatürde smear tabakasının yeterince uzaklaştırılabilmek amacıyla şelat ajanının kullanımı için optimum süre açısından fikir birliği yoktur.²⁷⁷ Bu çalışmada da literatürdeki diğer araştırmalara^{58, 59} paralel şekilde kullanılan ajanlar 1 dakikalık uygulamalar şeklinde kullanılmıştır. Endodontik tedavide kök kanallarının dezenfeksiyonu için birçok farklı irrigasyon solüsyonu kullanılmaktadır, fakat bu solüsyonlar dentinde kimyasal ve yapısal değişikliklere neden olabilmektedir. Kanal tedavisinin kök kanal şekillendirilmesi esnasında oluşan smear tabakası kanal duvarı ile kanal dolgusu arasında bir bariyer gibi davranır.²⁷⁸

Enjektör ile irrigasyon klinik rutinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.²⁷⁹ Çalışmamızda, küçük çapları nedeniyle apikal 1/3'e girebilen ve aynı zamanda irriganın kanal duvarına etkin temasını artırarak smear tabakasını uzaklaştıran ve şiddetli geçişi engelleyen yandan perfore irrigasyon iğneleri kullanıldı.

Kanal dolgu maddelerin hem dişleri kuvvetlendirebilmesi hem de mikrosızıntıyı engellemesi için dentinine bağlanmaları gerekmektedir. Bu maddelerin, dentini ve kanal dolgu patını birbirine bağlanmasıyla meydana gelen bu yapıya “monoblok” ismi verilmektedir. Koronal ve apikal tıkama yöntemlerindeki gelişmeler, kanal dolgu maddelerinin intraradiküler dentinle monoblok bir yapının meydana gelmesini sağlayarak, ideal bir kök kanalı dolgusunun yapılmasını amaçlamaktadır.²⁸⁰ Bu amaç doğrultusunda kullanılan kök kanal dolgu maddesi olan güta-perka doku uyumlu olması, toksik olmaması ve ihtiyaç duyulduğunda kanaldan uzaklaştırılabilmesi sebebiyle birçok klinisyen tarafından tercih edilen bir materyaldir.²⁸¹ Alternatif kanal dolgu maddeleri, yapısal sistemleri, ve özellikleri ile birçok çalışmada karşılaştırılmıştır.²⁸² Bununla beraber fiziksel özellikleri nedeniyle güta-perka, kök dentinine adezyonu sağlanamamakta ve kanal dolgu patı ile beraber kullanılması gerekmektedir.²⁸³

Çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılması ya da kanal dolgusuna etkisi tartışmalı bir konudur. Torabinejad ve ark.’nın²⁸⁴ yaptıkları çalışmalarında smear tabakasının uzaklaştırılmasının dentin kanallarının açılmasına neden olduğunu ve smear tabakasında bulunan bakterilerin de bu uzaklaştırma esnasında dağıldığını böylece daha çok kolonize olabildiklerini bildirmiştir. Yine farklı çalışmalar da smear tabakasının dentin kanallarında tıkamaya neden olarak bakteri ve ürünlerinin geçişini engelleyeceğini savunmuşlardır.²⁸⁵⁻²⁸⁷ Fakat smear tabakasının inorganik bileşenleri NaOCl’nin tek başına kullanımı ile uzaklaştırılamamaktadır.²⁶⁴ NaOCl ve EDTA’nın kombine kullanımının smearı uzaklaştırmada etkili olduğu bildirilmiştir.⁵ EDTA inorganik içeriği uzaklaştırırken uzun süre dentin yüzeyine uygulanması dentinde erzyona neden olacağı için mikosertliğin azalmasına neden olabilir.^{5, 58} Mikrosertlik değerlerindeki azalma dişlerin kırılma direncini etkileyebilir.²⁸⁸ Bu durumun önüne geçmek için EDTA düşük konsantrasyonlarda ve daha kısa sürelerde uygulanması gerekmektedir.^{5, 257} Farklı

konsantrasyonlardaki EDTA'nın (%15, %10, %5, %1) kök kanallarına etkisini incelemişler ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında aralarında bir fark olmadığını, erozyon konusunda en az erozyonun %1' lik EDTA kullanımında olduğunu bildirmiştir.²⁵⁷ Uzunoğlu ve ark.²⁸⁹ farklı süre ve konsantrasyonlarda EDTA kullanılmasının dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkisini incelemişler , 1 dk.'lık kullanımında % 17'lik EDTA'nın dişlerin kök kırılma direncini azaltmadığını, hatta arttırdığını bildirmiştir. EDTA'nın kırılma direncini artırması smear tabakasının etkin şekilde uzaklaştırılarak kök kanal dolumunda kullanılan patların dentin tübüllerine penetre olması ile açıklanabileceğini düşünmekteyiz.

Literatürdeki bilgiler ışığında çalışmamızda kök dolgu malzemesi olarak Sealpex'i kullandık. Çoğunluğu in vitro boya penetrasyonu ve bakteriyel sızıntı testlerini içeren, farklı kök kanal dolgu patlarının sebep olduğu sızıntıları karşılaştırmak için birçok deney yapılmıştır . Boya sızıntı çalışmalarında Sealapex, ZOE, AH 26 ve Ketac-Endo kök kanal dolgu maddeleri ile karşılaştırıldığında, Sealapex 30. günden 32. haftaya kadar sızıntı açısından önemli bir fark göstermemiştir.²⁹⁰⁻²⁹² Bir bakteriyel sızıntı tespiti çalışmasında Sealapex, AH 26'dan daha yavaş bakteri penetrasyonu sergilemiştir.²⁹³

Kalsiyum hidroksit bazlı patların canlı doku ile doğrudan temas üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan hayvan deneyleri, olumlu sonuçlar göstermiştir. Sıçanlarda deri altı kalsiyum hidroksit implantları kalsifiye, kemik benzeri bir doku reaksiyonu göstermiştir.²⁹⁴ Sealapex'in kök kanal sistemlerinde bulunan birçok anaerobik ve aerobik bakteriler üzerine etkisinin varlığı gösterilmiştir.^{295, 296, 297} Ayrıca biyouyumluluk karşılaştırması için denekler üzerinde yapılan bir çalışmada, Sealapex, 6, 15 ve 80. günlerde, Grossman's sealer ve Hypocal ile karşılaştırıldığında, daha hafif inflamatuvar reaksiyonlar vermiştir.²⁹⁸ Literatürde yapılan çalışmalarda da Jain ve arkadaşları endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direncini araştırdıkları

çalışmalarında kontrol grubunda kanalları Sealapex kullanarak doldurmuşlardır.²⁹⁹ Bir diğer çalışmada, Varma ve ark. kök kanal tedavili dişlerin kırılma direncini incelemişler ve Sealpex'i de kullanmışlardır.³⁰⁰ Bizde klinik rutinimizde kullandığımız için Sealapex'i tercih ettik.

Kırılmaya direnci ölçmek için literatürdeki çalışmalarda; sonlu elemanlar analizi^{301, 302}, universal test cihazı^{303, 304} ve fotoelastik analiz metodunun³⁰⁵ kullanıldığı görülmektedir. Yapılandırılmalarındaki zorluk ve yüksek maliyetleri nedeniyle üç boyutlu fotoelastik modeller daha az kullanılmaktadır.³⁰⁶ 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.³⁰⁷ Sonlu elemanlar analizi dental mekanik süreçleri tam olarak simüle edememektedir. Bütün yükleme periyodu boyunca model bozulmamış olarak kalmakta,³⁰⁸ yıkıcı kuvvetler tam olarak ölçülememekte ve kullanılan yöntem ile materyal özelliklerine göre değerler değişebilmektedir.³⁰⁹ Bu nedenlerle araştırmamızda kırılma esnasında uygulanan kuvvetinin kaydedilmesi amacıyla universal test cihazı tercih edilmiştir.

Kırılma direnci testlerinde kırma test cihazının kuvvet uygulayacak ucu ve bu ucun büyüklüğü önemlidir. Çalışmalarda okluzal kuvvet uygulamalarında çelik küre uçlar tercih edilmiş, kürenin değdiği noktaların ve küre büyüklüğünün etkisi araştırılmıştır. Stampalia ve ark.³¹⁰ 3,9-5 mm çapa sahip küreleri, Burke ve ark.³¹¹ 4 mm çapa sahip kürelerin kullanımını uygun bulmuşlardır. Nasr ve Kader³¹² farklı nikel-titanyum döner alet eğelerinin kırılma direnci üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmasında kırılma dayanım testinde 3,6 mm çaplı küreler kullanmışlardır. Çalışmamızda akrilik bloklara gömülen dişlere kuvvet uygulamak için 3,6 mm çapında çelik küre kullanılmıştır.

Bununla beraber kırma testlerindeki bir diğ er parametre örneklere kuvvet uygularken cihazın ucunun geliş hızıdır ve normal çiğneme fonksiyonunu taklit edebilmek için 1mm/1dk hızın yeterli olacağı belirtilmiştir.^{184, 313, 314} çalışmamızda küre ucun dişler üzerine geliş hızını diğ er çalışmalardaki gibi 1mm/dk olacak şekilde tercih edilmiştir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- 1- Kök kanal tedavisi uygulanan dişlerde kırılma direnci azalmaktadır. Bu azalma kullanılan irrigasyon solüsyonlarına göre değişiklik gösterebilmektedir.
- 2- Kullanılan farklı final irrigasyon solüsyonlarından ozonlu su, dişlerin kırılma direnci üzerine daha az etki etmiştir.
- 3- Sodyum hipokloritin final irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığı prosedürlerde kırılma direncinin daha fazla azaldığı görülmektedir.

Bu in vitro çalışmada farklı final irrigasyon solüsyonlarının dişlerin kırılma direnci üzerine etkisi incelenmiştir. Kırılma direnci irrigasyon solüsyonlarından etkilenmekte ve ozonlu su bu direncin azalmasını daha az etkilerken NaOCl bu direncin azalmasını daha çok etkilemiştir. Kanal tedavili dişlerin kırılma direncinin azaldığı bilinmektedir. Kalan koronal doku miktarına göre bu kırılma direncinin daha az azalması için solüsyon tercihi bu bilgilere dikkat edilerek yapılabilir. Koronel doku miktarı çok daha fazla kaybedilen dişlerin endodonti tedavisinde ozonlu su tercih edilebilir. Fakat solüsyon seçiminde daha kesin bilgiler edinmek için daha çeşitli solüsyonların, farklı şekillendirme tekniklerinin ve farklı irrigasyon prosedürlerinin de dahil edildiği geniş çalışma gruplarında yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmamızın bu çalışmalara yol göstermesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

1. Arslan D. Kök kanallarına farklı güçlerde uygulanan ktp lazerin smear tabakası, sıcaklık değişimi ve e. faecalis üzerine etkisinin in vitro olarak incelenmesi. 2013.
2. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2002, 94: 658-666.
3. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1983, 55: 307-312.
4. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International endodontic journal*, 2010, 43: 2-15.
5. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*, 2002, 28: 17-19.
6. Kaptan F, Güven E, Topcuoglu N, Yazici M, Külekçi G. In vitro assessment of the recurrent doses of topical gaseous ozone in the removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in root canals. *Nigerian journal of clinical practice*, 2014, 17: 573-578.
7. Silveira AMV, Lopes HP, Siqueira Jr JF, Macedo SB, Consolaro A. Periradicular repair after two-visit endodontic treatment using two different intracanal medications compared to single-visit endodontic treatment. *Brazilian dental journal*, 2007, 18: 299-304.
8. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 281-290.
9. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinics of North America*, 1967, 11: 723-744.

10. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. *Essential endodontology*, 1998: 242-269.
11. Bergenholtz G, Hörsted-Bindslev P, Reit C. *Textbook of endodontology*. Bask1. John Wiley & Sons, 2013.
12. Karunakaran J, Kumar SS, Kumar M, Chandrasekhar S, Namitha D. The effects of various irrigating solutions on intra-radicular dentinal surface: An SEM analysis. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 2012, 4: S125.
13. Zaparolli D, Saquy PC, Cruz-Filho AM. Effect of sodium hypochlorite and EDTA irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars. *Brazilian dental journal*, 2012, 23: 654-658.
14. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppini-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry*, 2009, 37: 903-908.
15. Kolenbrander PE, Palmer RJ, Periasamy S, Jakubovics NS. Oral multispecies biofilm development and the key role of cell–cell distance. *Nature Reviews Microbiology*, 2010, 8: 471-480.
16. Pereira T, Dijkstra R, Petridis X, Sharma P, van de Meer W, van der Sluis L, de Andrade F. Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules. *International endodontic journal*, 2021, 54: 112-129.
17. Ricucci D, Siqueira Jr JF. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *Journal of Endodontics*, 2010, 36: 1277-1288.
18. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*, 2010, 54: 291-312.

19. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 2006, 32: 389-398.
20. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, 1995, 21: 592-593.
21. Olivieri JG, Font MG, Stöber E, de Ribot J, Mercadé M, Duran-Sindreu F. Effect of manual dynamic activation with citric acid solutions in smear layer removal: A scanning electron microscopic evaluation. *Journal of dental sciences*, 2016, 11: 360-364.
22. Chubb DWR. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Australian Endodontic Journal*, 2019, 45: 5-11.
23. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 2012, 27: 74-102.
24. Boutsoukis C, Kishen A. Fluid dynamics of syringe-based irrigation to optimise anti-biofilm efficacy in root-canal disinfection. *Roots*, 2012, 4: 22-31.
25. Berman LH, Hargreaves KM. *Cohen's pathways of the pulp expert consult*. Baski. Elsevier Health Sciences, 2015.
26. Pataky L, Iványi I, Grigár Á, Fazekas Á. Antimicrobial efficacy of various root canal preparation techniques: an in vitro comparative study. *Journal of endodontics*, 2002, 28: 603-605.
27. Stojcic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of endodontics*, 2010, 36: 1558-1562.
28. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*, 2008, 58: 329-341.

29. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1971, 31: 96-103.
30. Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *British medical journal*, 1915, 2: 318.
31. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*, 2002, 13: 113-117.
32. Segura JJ, Jiménez-Rubio A, Guerrero JM, Calvo JR. Comparative effects of two endodontic irrigants, chlorhexidine digluconate and sodium hypochlorite, on macrophage adhesion to plastic surfaces. *Journal of endodontics*, 1999, 25: 243-246.
33. Eun HC, Lee AY, Lee YS. Sodium hypochlorite dermatitis. *Contact dermatitis*, 1984, 11: 45-45.
34. Habets J, Geursen-Reitsma A, Stolz E, Van Joost T. Sensitization to sodium hypochlorite causing hand dermatitis. *Contact dermatitis*, 1986, 15: 140-142.
35. Gomes B, Ferraz C, ME V, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*, 2001, 34: 424-428.
36. Radcliffe C, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh 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*. *International endodontic journal*, 2004, 37: 438-446.

37. Walimo T, Ørstavik D, Siren E, Haapasalo M. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International endodontic journal*, 1999, 32: 421-429.
38. Wong DT, Cheung GS. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *Journal of endodontics*, 2014, 40: 825-829.
39. Rôças IN, Siqueira Jr JF. Identification of bacteria enduring endodontic treatment procedures by a combined Reverse Transcriptase–Polymerase Chain reaction and Reverse-Capture Checkerboard approach. *Journal of endodontics*, 2010, 36: 45-52.
40. de Sermeño RF, da Silva LAB, Herrera H, Herrera H, Silva RAB, Leonardo MR. Tissue damage after sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009, 108: e46-e49.
41. Gernhardt C, Eppendorf K, Kozlowski A, Brandt M. Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant. *International endodontic journal*, 2004, 37: 272-280.
42. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Walimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2002, 94: 756-762.
43. ALAÇAM T. Endodonti. 2012.
44. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*, 2003, 36: 810-830.
45. Spencer NC, Sunday JJ, Erifeta O, Georgina O, Agbor AA, Esosa US, Jenevieve O. Comparative stabilizing effects of some anticoagulants on fasting blood glucose

- of diabetics and non-diabetics, determined by spectrophotometry (glucose oxidase). *Asian Journal of Medical Sciences*, 2011, 3: 234-236.
46. Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, Bryan TE, Sidow SJ, Loushine RJ, Ling J-q, Pashley DH, Tay FR. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *Journal of endodontics*, 2010, 36: 105-109.
 47. Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 1999, 25: 431-433.
 48. Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 2005, 10: 103-122.
 49. Şen B, Wesselink P, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International endodontic journal*, 1995, 28: 141-148.
 50. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of endodontics*, 1987, 13: 147-157.
 51. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International endodontic journal*, 2003, 36: 411-415.
 52. Gomes B, Souza S, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, Valdrighi L, Souza-Filho F. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *International endodontic journal*, 2003, 36: 267-275.
 53. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 966-969.

54. Vianna ME, Gomes BP. Efficacy of sodium hypochlorite combined with chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009, 107: 585-589.
55. Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 993-997.
56. Machado-Silveiro L, González-López S, González-Rodríguez M. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *International endodontic journal*, 2004, 37: 365-369.
57. Scelza MFZ, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2003, 95: 234-236.
58. Yamada RS, Armos A, Goldman M. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. *J Endodon*, 1983, 9: 137-142.
59. Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 2009, 35: 1573-1576.
60. Ferrer-Luque CM, Arias-Moliz MT, González-Rodríguez MP, Baca P. Antimicrobial activity of maleic acid and combinations of cetrime with chelating agents against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of endodontics*, 2010, 36: 1673-1675.
61. Ballal NV, Kundabala M, Bhat S, Rao N, Rao BS. A comparative in vitro evaluation of cytotoxic effects of EDTA and maleic acid: root canal irrigants. *Oral Surgery*,

- Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009, 108: 633-638.
62. Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, Grandini S, Yau JY, Mazzoni A, Donnelly A. Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 970-975.
63. Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 173-176.
64. 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.
65. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *Journal of endodontics*, 2003, 29: 233-239.
66. Chandra S KG. *Endodontic Practice*, 2011.
67. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 1091-1093.
68. Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of Endodontics*, 2007, 33: 852-855.
69. Seal G, Ng YL, Spratt D, Bhatti M, Gulabivala K. An in vitro comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hypochlorite irrigation

- on *Streptococcus intermedius* biofilms in root canals. *International endodontic journal*, 2002, 35: 268-274.
70. Steinberg D, Heling I, Daniel I, Ginsburg I. Antibacterial synergistic effect of chlorhexidine and hydrogen peroxide against *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of oral rehabilitation*, 1999, 26: 151-156.
 71. Kaufman AY. Facial emphysema caused by hydrogen peroxide irrigation: report of case. *Journal of endodontics*, 1981, 7: 470-472.
 72. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of endodontics*, 2003, 29: 170-175.
 73. Beltz RE, Torabinejad M, Pouresmail M. Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. *Journal of endodontics*, 2003, 29: 334-337.
 74. Saini R. Ozone therapy in dentistry: A strategic review. *Journal of natural science, biology, and medicine*, 2011, 2: 151.
 75. Stübinger S, Sader R, Filippi A. The use of ozone in dentistry and maxillofacial surgery: a review. *Quintessence international*, 2006, 37.
 76. Bocci VA. Scientific and medical aspects of ozone therapy. State of the art. *Archives of medical research*, 2006, 37: 425-435.
 77. Seidler V, Linetskiy I, Hubáľková H, Stanková H, Smucler R, Mazánek J. Ozone and its usage in general medicine and dentistry. A review article. *Prague Med Rep*, 2008, 109: 5-13.
 78. Celiberti P, Pazera P, Lussi A. The impact of ozone treatment on enamel physical properties. *American journal of dentistry*, 2006, 19: 67.

79. S. D. Application of Ozone Therapy in Dentistry. *Indian Journal of Dental*

Advancements

, 2011.

80. Bhateja S. The miraculous healing therapy–“Ozone therapy” in dentistry. *Indian Journal of Dentistry*, 2012, 3: 150-155.
81. Markovic A, Todorovic L. Effectiveness of dexamethasone and low-power laser in minimizing oedema after third molar surgery: a clinical trial. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2007, 36: 226-229.
82. Sujatha B, Kumar M, Pratap G, Vardhan R. Ozone therapy–A paradigm shift in dentistry. *Health Sci*, 2013, 2: 1-10.
83. Nogales CG, Ferrari PH, Kantorovich EO, Lage-Marques JL. Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dent Pract*, 2008, 9: 75-84.
84. Garg R, Tandon S. Ozone: A new face of dentistry. *Int J Dent Sci*, 2009, 7.
85. Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: a systematic review of literature. *Journal of dentistry*, 2008, 36: 104-116.
86. Randa E, Heba H, Mai Y. < The> effectiveness of ozone gas as a bleaching agent and its influence on the enamel surface roughness. 2005.
87. Huth KC, Jakob FM, Saugel B, Cappello C, Paschos E, Hollweck R, Hickel R, Brand K. Effect of ozone on oral cells compared with established antimicrobials. *European journal of oral sciences*, 2006, 114: 435-440.
88. Kshitish D, Laxman VK. The use of ozonated water and 0.2% chlorhexidine in the treatment of periodontitis patients: A clinical and microbiologic study. *Indian Journal of Dental Research*, 2010, 21: 341.

89. Arita M, Nagayoshi M, Fukuizumi T, Okinaga T, Masumi S, Morikawa M, Kakinoki Y, Nishihara T. Microbicidal efficacy of ozonated water against *Candida albicans* adhering to acrylic denture plates. *Oral microbiology and immunology*, 2005, 20: 206-210.
90. Oizumi M, Suzuki T, Uchida M, Furuya J, Okamoto Y. In vitro testing of a denture cleaning method using ozone. *Journal of medical and dental sciences*, 1998, 45: 135-139.
91. Murakami H, Mizuguchi M, Hattori M, Ito Y, Kawai T, Hasegawa J. Effect of denture cleaner using ozone against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *E. coli* T1 phage. *Dental materials journal*, 2002, 21: 53-60.
92. Knežević A, Tarle Z, Negovetić Mandić V, Prskalo K, Pandurić V, Janković B. Primary fissure carious lesion reversal using ozone. *Acta stomatologica Croatica*, 2007, 41: 31-38.
93. Maslennikov OV, Kontorshchikova CN, Gribkova IA. Ozone Therapy In Practice Health Manual. 2008.
94. Grootveld M, Baysan A, Sidiqui N, Sim J, Silwood C, Lynch E. History of the clinical applications of ozone. *Ozone: the revolution in dentistry*. London: Quintessence Publishing Co, 2004: 23-30.
95. Paraskeva P, Graham NJ. Ozonation of municipal wastewater effluents. *Water environment research*, 2002, 74: 569-581.
96. Restaino L, Frampton EW, Hemphill JB, Palnikar P. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Applied and environmental microbiology*, 1995, 61: 3471-3475.

97. Nagayoshi M, Fukuizumi T, Kitamura C, Yano J, Terashita M, Nishihara T. Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Oral microbiology and immunology*, 2004, 19: 240-246.
98. Mohammadi Z, Shalavi S, Soltani MK, Asgary S. A review of the properties and applications of ozone in endodontics: an update. *Iranian endodontic journal*, 2013, 8: 40.
99. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1971, 32: 271-275.
100. Renovato S, Santana F, Ferreira J, Souza J, Soares C, Estrela C. Effect of calcium hydroxide and endodontic irrigants on fibre post bond strength to root canal dentine. *International endodontic journal*, 2013, 46: 738-746.
101. Moraes MM, Coelho MS, Nascimento WM, Nogales CG, de Campos FUF, de Jesus Soares A, Frozoni M. The antimicrobial effect of different ozone protocols applied in severe curved canals contaminated with *Enterococcus faecalis*: ex vivo study. *Odontology*, 2021, 109: 696-700.
102. ZE. N. Metakrilat Esaslı Kanal Dolgu Patının Koronal Mikrosızıntısının ve Kök Kanalına Bağlanma Dayanımının İn Vitro Koşullarda İncelenmesi. *Doktora Tezi Hacettepe Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü* 2010.
103. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1974, 37: 954-961.
104. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha: III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1974, 38: 109-114.

105. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1985, 59: 285-296.
106. Hargreaves K, Cohen S. Cohen's pathways of the pulp. Lin ML, Huang GT-J, Pathobiology of the Periapex. In: Kerns DG, Glickman GN, Endodontic and Periodontal Interrelationships. 10th ed. Mosby Elsevier, 2011: 540-545.
107. Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL, Lewis AG, Thomas L. Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 1975, 1: 136-140.
108. Short RD, Dorn SO, Kuttler S. The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: an SEM study. *Journal of endodontics*, 2003, 29: 670-673.
109. Kolokuris I, Arvanitoyannis I, Robinson C, Blanshard JM. Effect of moisture and aging on gutta-percha. *Journal of endodontics*, 1992, 18: 583-588.
110. Marciano J, Michalesco PM. Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications. *Journal of endodontics*, 1989, 15: 149-153.
111. Jasper E. Adaptation and tissue tolerance of silver root canal fillings. *Journal of Dental Research*, 1941, 20: 355-360.
112. Seltzer S, Green DB, Weiner N, DeRenzis F. A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1972, 33: 589-605.

113. Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH. Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 944-947.
114. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 391-398.
115. Grossman L. Obturation of the root canal. *Endodontic practice*, 1988: 242-270.
116. Lin J. Intracanal medicaments revisited. *New Zealand Endodontic Journal*, 2006, 34: 4-15.
117. Langeland K. Root canal sealants and pastes. *Dental Clinics of North America*, 1974, 18: 309-327.
118. ÇALT TARHAN S, UZUNOĞLU ÖZYÜREK E. Kök kanal dolgu maddeleri. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics*, 2010, 1.
119. MK Ç. Endodontide tanı ve tedaviler. *Nobel Tıp Kitabevleri*, 2006: 463-506.
120. Grossman LI. An improved root canal cement. *The Journal of the American Dental Association*, 1958, 56: 381-385.
121. Sousa-Neto MD, Passarinho-Neto JG, Carvalho-Júnior JR, Cruz-Filho AM, Pécora JD, Saquy PC. Evaluation of the effect of EDTA, EGTA and CDTA on dentin adhesiveness and microleakage with different root canal sealers. *Brazilian dental journal*, 2002, 13: 123-128.
122. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials*, 2001, 17: 512-519.
123. Leonardo MR, Leal JM, Simões Filho AP. Pulpectomy: Immediate root canal filling with calcium hydroxide: Concept and procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1980, 49: 441-450.
124. Ingle JJ. Obturation of the radicular space. *Endodontics*, 1994: 228-319.

125. Goldberg F, Gurfinkel J. Analysis of the use of Dycal with gutta-percha points as an endodontic filling technique. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1979, 47: 78-82.
126. Byström A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*, 1985, 1: 170-175.
127. Manhart MJ. The calcium hydroxide method of endodontic sealing. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1982, 54: 219-224.
128. Stock C. Calcium hydroxide: root resorption and perio-endo lesions. *British dental journal*, 1985, 158: 325-334.
129. Torneck C, Moe H, Howley T. The effect of calcium hydroxide on porcine pulp fibroblasts in vitro. *Journal of Endodontics*, 1983, 9: 131-136.
130. Tronstad L, Andreasen J, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 1981, 7: 17-21.
131. Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Palo RM, Iglesias EF. Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals. *Journal of endodontics*, 2009, 35: 1270-1273.
132. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Lorencetti KT, Silva SRC. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microscopy research and technique*, 2012, 75: 781-790.
133. Goel S, Tewari S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009, 108: 465-470.

134. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of endodontics*, 1995, 21: 277-280.
135. Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Cytotoxicity of resin-, zinc oxide–eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *International endodontic journal*, 2002, 35: 153-158.
136. Kumar VR, Bahuguna N, Manan R. Comparison of efficacy of various root canal irrigation systems in removal of smear layer generated at apical third: An SEM study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 2015, 18: 252.
137. Geistfeld R. Effect of prepared cavities on the strength of teeth. *Oper Dent*, 1981, 6: 2-5.
138. Joynt R, Wieczkowski Jr G, Klockowski R, Davis E. Effects of composite restorations on resistance to cuspal fracture in posterior teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1987, 57: 431-435.
139. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of Endodontics*, 1989, 15: 512-516.
140. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1992, 67: 458-467.
141. Jameson M, Hood J, Tidmarsh B. The effects of dehydration and rehydration on some mechanical properties of human dentine. *Journal of biomechanics*, 1993, 26: 1055-1065.

142. Kahler B, Swain MV, Moule A. Fracture-toughening mechanisms responsible for differences in work to fracture of hydrated and dehydrated dentine. *Journal of biomechanics*, 2003, 36: 229-237.
143. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1994, 71: 565-567.
144. Mondelli J, Steagall L, Ishikiriama A, de Lima Navarro MF, Soares FB. Fracture strength of human teeth with cavity preparations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1980, 43: 419-422.
145. Wendt Jr S, Harris B, Hunt T. Resistance to cusp fracture in endodontically treated teeth. *Dental Materials*, 1987, 3: 232-235.
146. Grimaldi JR. *Measurement of the Lateral Deformation of the Tooth Crown Under Axial Compressive Cuspal Loading: Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Dental Surgery in Conservative Dentistry, University of Otago*. Baski. University of Otago, 1971.
147. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Dental Traumatology*, 1985, 1: 176-179.
148. Kinney JH, Nalla RK, Pople JA, Breunig TM, Ritchie RO. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. *Biomaterials*, 2005, 26: 3363-3376.
149. Bang G, Ramm E. Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odontologica Scandinavica*, 1970, 28: 3-35.
150. Porter AE, Nalla RK, Minor A, Jinschek JR, Kisielowski C, Radmilovic V, Kinney JH, Tomsia AP, Ritchie RO. A transmission electron microscopy study of mineralization in age-induced transparent dentin. *Biomaterials*, 2005, 26: 7650-7660.

151. Bajaj D, Sundaram N, Nazari A, Arola D. Age, dehydration and fatigue crack growth in dentin. *Biomaterials*, 2006, 27: 2507-2517.
152. 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: 113-119.
153. Sim T, Knowles J, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International endodontic journal*, 2001, 34: 120-132.
154. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International endodontic journal*, 2002, 35: 934-939.
155. Marending M, Luder H, Brunner T, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *International endodontic journal*, 2007, 40: 786-793.
156. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics*, 2011, 37: 1437-1441.
157. Batur YB, Erdemir U, Sancakli HS. The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology*, 2013, 29: 461-464.
158. Zarei M, Afkhami F, Malek Poor Z. Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: an in vitro study. *Dental Traumatology*, 2013, 29: 156-160.
159. Said F, Moskovitz M. Effect of Calcium Hydroxide as a Root Canal Dressing Material on Dentin Fracture Strength In Primary Teeth—In Vitro Study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2018, 42: 146-149.

160. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of Endodontics*, 1992, 18: 332-335.
161. Çobankara FK, Üngör M, Belli S. The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture. *Journal of Endodontics*, 2002, 28: 606-609.
162. Wu M-K, Van Der Sluis L, Wesselink P. Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. *Journal of dentistry*, 2004, 32: 265-268.
163. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1972, 34: 661-670.
164. Doyon GE, Dumsha T, von Fraunhofer JA. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 2005, 31: 895-897.
165. Soares CJ, Santana FR, Silva NR, Preira JC, Pereira CA. Influence of the endodontic treatment on mechanical properties of root dentin. *Journal of Endodontics*, 2007, 33: 603-606.
166. Kishen A, Murukeshan V, Krishnakumar V, Asundi A. Analysis on the nature of thermally induced deformation in human dentine by electronic speckle pattern interferometry (ESPI). *Journal of dentistry*, 2001, 29: 531-537.
167. 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: 70.

168. Ankrum MT, Hartwell GR, Truitt JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved roots of molars. *Journal of Endodontics*, 2004, 30: 234-237.
169. Kim H, Kim H, Lee C, Kim B, Park J, Versluis A. Mechanical response of nickel–titanium instruments with different cross-sectional designs during shaping of simulated curved canals. *International endodontic journal*, 2009, 42: 593-602.
170. Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2001, 91: 715-718.
171. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*, 2005, 10: 30-76.
172. Walton RE. Cleaning and shaping. *Principles and practice of endodontics*, 2002: 206-238.
173. Koch K, Brave D. Real world endo: design features of rotary files and how they affect clinical performance. *Oral health*, 2002, 92: 39-49.
174. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*, 2004, 30: 559-567.
175. Schäfer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel–titanium instruments. *Journal of Endodontics*, 2008, 34: 198-200.
176. Necchi S, Taschieri S, Petrini L, Migliavacca F. Mechanical behaviour of nickel–titanium rotary endodontic instruments in simulated clinical conditions: a computational study. *International endodontic journal*, 2008, 41: 939-949.
177. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 1997, 23: 533-534.

178. Versluis A, Messer H, Pintado M. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *International endodontic journal*, 2006, 39: 931-939.
179. Bier CAS, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu M-K. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *Journal of Endodontics*, 2009, 35: 236-238.
180. Cruz-Filho AMd, Paula EAd, Pécora JD, Sousa-Neto MDd. Effect of different EGTA concentrations on dentin microhardness. *Brazilian dental journal*, 2002, 13: 188-190.
181. Ari H, Erdemir A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *Journal of Endodontics*, 2005, 31: 187-189.
182. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Saquy PC, Pécora JD. Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *Journal of Endodontics*, 2001, 27: 183-184.
183. Alaçam T. Kök Kanallarının İrrigasyonu, Endodonti. *Özyurt Matbaacılık: Ankara*, 2012: 529-588.
184. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*, 2004, 135: 646-652.
185. Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *International endodontic journal*, 1999, 32: 283-286.
186. SÜBAY DRK, FERAH F. ENDODONTİ ANABİLİM DALI ENDODONTİ PROGRAMI.

187. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatology*, 2002, 18: 134-137.
188. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *Journal of Endodontics*, 1996, 22: 23-26.
189. Walton RE, Torabinejad M. Cracked tooth and vertical root fracture. *Principles and practice of endodontics*, 1996, 2: 487.
190. Pitts DL, Natkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *Journal of endodontics*, 1983, 9: 338-346.
191. Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *Journal of endodontics*, 1993, 19: 87-90.
192. D.D.S.Milton Siskin D.D.S. MSTJLAP, Department of Endodontics)abD.D.S., M.S.Frank Meister Jr.(Assistant Professor, Department of Periodontics)abB.S, D.D.S.Harold Gerstein(Professor and Chairman, Department of Endodontics)abD.D.S., M.Sc.D.E. Esch Davies(Associate Professor and Chairman, Department of Periodontics)abD.D.S.Mary Ann Tilk(Associate Professor, Department of Endodontics)ab. Alveolar bone loss associated with vertical root fractures: Report of six cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1978, Volume 45, Issue 6.
193. Meister Jr F, Lommel TJ, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1980, 49: 243-253.
194. Dang DA, Walton RE. Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader design. *Journal of endodontics*, 1989, 15: 294-301.

195. Malhotra N, Kundabala M, Acharaya S. A review of root fractures: diagnosis, treatment and prognosis. *Dental update*, 2011, 38: 615-628.
196. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 1160-1163.
197. Kajan ZD, Taromsari M. Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofacial Radiology*, 2012, 41: 3-10.
198. Satterthwaite JD, Stokes AN. Dentinal crack incidence following ultrasonic vibration to intra-radicular posts. *The New Zealand Dental Journal*, 2004, 100: 105-109.
199. Corbella S, Del Fabbro M, Tamse A, Rosen E, Tsesis I, Taschieri S. Cone beam computed tomography for the diagnosis of vertical root fractures: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 2014, 118: 593-602.
200. García-Guerrero C, Mendoza-Beltrán W, Roldan-Roldan M, Villa-Machado P, Restrepo-Restrepo F. Vertical root fractures: A time-dependent clinical condition. A case-control study in two colombian populations. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 2021, 13: e1104.
201. Dhawan A, Gupta S, Mittal R. Vertical root fractures: An update review. *Journal of Restorative Dentistry*, 2014, 2: 107.
202. Chan C-P, Lin C-P, Tseng S-C, Jeng J-H. Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth A survey of 315 cases in Chinese patients. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1999, 87: 504-507.

203. Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *Journal of endodontics*, 2011, 37: 1512-1515.
204. Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *Journal of Endodontics*, 2001, 27: 46-48.
205. Rivera EM, Walton RE. Longitudinal tooth fractures. *Torabinejad M, Walton RE. Endodontics; principles and practice. 4th ed. St. Louis: Saunders Elsevier*, 2009: 108-128.
206. Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *Journal of Endodontics*, 1999, 25: 506-508.
207. Walton RE, Tamse A. Diagnosis of vertical root fractures. İçinde: *Vertical root fractures in dentistry*, Springer, 2015: 49-65.
208. Walton RE, Michelich RJ, Smith GN. The histopathogenesis of vertical root fractures. *Journal of endodontics*, 1984, 10: 48-56.
209. A. T. Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth. In: J. Ingle, L. Backland, J. Baumgartner, eds. *Ingle's Endodontics*, 2008.
210. L. Berman LB, S. Cohen, eds. Intra-Alveolar Root Fractures. . *A Clinical Guide to Dental Traumatology*, 2006.
211. Rivera E, Walton R. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *Am Assoc Endodontists Colleagues for Excellence News Lett*, 2008, 2: 1-19.
212. Karygianni L, Kregel M, Winter M, Stampf S, Wrbas K. Comparative assessment of the incidence of vertical root fractures between conventional versus surgical endodontic retreatment. *Clinical oral investigations*, 2014, 18: 2015-2021.

213. Moule AJ, Kahler B. Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Australian dental journal*, 1999, 44: 75-87.
214. Andreasen JO, Hjorting-Hansen E. Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg*, 1967, 25: 414-426.
215. Wang P, Lv H, Sun H, Lin Y, He W. Horizontal root fractures in posterior teeth: a case series. *Dental Traumatology*, 2011, 27: 152-155.
216. Cohen S BR. Pathways of the Pulp. *The Mosby Co*, 1976.
217. Calışkan M, Pehlivan Y. Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Dental Traumatology*, 1996, 12: 129-136.
218. Berman LH, Blanco L, Cohen S. *A Clinical Guide to Dental Traumatology-E-Book*. Baskı. Elsevier Health Sciences, 2006.
219. Mizuhashi F, Ogura I, Sugawara Y, Oohashi M, Mizuhashi R, Saegusa H. Diagnosis of root fractures using cone-beam computed tomography: difference of vertical and horizontal root fracture. *Oral Radiology*, 2021, 37: 305-310.
220. Hegde MN DR, Shetty S. . Horizontal Root Fracture: Diagnosis, Prevention and Management-a Review. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Research*, 2013.
221. Ebihara A, Tokita Y, Izawa T, Suda H. Pulpal blood flow assessed by laser Doppler flowmetry in a tooth with a horizontal root fracture. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1996, 81: 229-233.
222. Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 531-535.
223. Andreasen JO, Bakland LK, Flores MT, Andreasen FM, Andersson L. *Traumatic dental injuries: a manual*. Baskı. John Wiley & Sons, 2011.

224. Pan CS, Walker RT. Root fractures: a case of dental non-intervention. *Dental Traumatology*, 1988, 4: 186-188.
225. 9917-1: II. dentistry-water-based cements—part 1: powder/liquid acid–base cements. . Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2007.
226. Takeda F, Hatashima T, Eto J, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Er: YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Dental Traumatology*, 1998, 14: 270-273.
227. Pecora JD, Brugnera-Júnior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er: YAG laser application. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2000, 26: 277-281.
228. Hemalatha H, Sandeep M, Kulkarni S, Yakub SS. Evaluation of fracture resistance in simulated immature teeth using Resilon and Ribbond as root reinforcements—an in vitro study. *Dental Traumatology*, 2009, 25: 433-438.
229. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ. Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 350-353.
230. Andreasen JO, Munksgaard EC, Bakland LK. Comparison of fracture resistance in root canals of immature sheep teeth after filling with calcium hydroxide or MTA. *Dental Traumatology*, 2006, 22: 154-156.
231. Hatibovic-Kofman S, Raimundo L, Chong L, Moreno J, Zheng L In *Mineral trioxide aggregate in endodontic treatment for immature teeth*, 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, (editör).^(editörler). IEEE: 2006; 2094-2097.

232. Hatibović-Kofman Š, Raimundo L, Zheng L, Chong L, Friedman M, Andreasen JO. Fracture resistance and histological findings of immature teeth treated with mineral trioxide aggregate. *Dental Traumatology*, 2008, 24: 272-276.
233. Wilkinson KL, Beeson TJ, Kirkpatrick TC. Fracture resistance of simulated immature teeth filled with resilon, gutta-percha, or composite. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 480-483.
234. Bortoluzzi E, Souza E, Reis JdS, Esberard R, Tanomaru-Filho M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *International endodontic journal*, 2007, 40: 684-691.
235. Cauwels RG, Pieters IY, Martens LC, Verbeeck RM. Fracture resistance and reinforcement of immature roots with gutta percha, mineral trioxide aggregate and calcium phosphate bone cement: a standardized in vitro model. *Dental Traumatology*, 2010, 26: 137-142.
236. GÖKAY O, YILMAZ F, AKIN S. Saklama solusyonlarının kompozit rezinlerin mikrosızıntısı üzerine etkileri. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, 1998, 4: 41-47.
237. Baba SM, Grover SI, Tyagi V. Fracture resistance of teeth obturated with Gutta percha and Resilon: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 2010, 13: 61.
238. Biggs SG, Knowles KI, Ibarrola JL, Pashley DH. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 759-761.
239. Bodrumlu E, Tunga U. Apical leakage of Resilon obturation material. *J Contemp Dent Pract*, 2006, 7: 45-52.

240. Bodrumlu E, Tunga U. Coronal sealing ability of a new root canal filling material. *Journal of the Canadian Dental Association*, 2007, 73.
241. Böttcher DE, Hirai VH, Neto UXDS, Grecca FS. Effect of calcium hydroxide dressing on the long-term sealing ability of two different endodontic sealers: an in vitro study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2010, 110: 386-389.
242. Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M. Comparison of the area of resin-based sealer and voids in roots obturated with Resilon and gutta-percha. *Journal of endodontics*, 2007, 33: 1338-1341.
243. Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. *Brazilian oral research*, 2008, 22: 211-215.
244. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 642-645.
245. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *Journal of endodontics*, 2006, 32: 879-881.
246. Shokouhinejad N, Sharifian MR, Jafari M, Sabeti MA. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany self-etch and gutta-percha/AH26 after different irrigation protocols. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2010, 110: e88-e92.
247. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak Y-F, Lai C-NS, Raina R, Williams MC. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots

- filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *Journal of endodontics*, 2005, 31: 514-519.
248. Rees J. An investigation into the importance of the periodontal ligament and alveolar bone as supporting structures in finite element studies. *Journal of oral rehabilitation*, 2001, 28: 425-432.
 249. Nishimura Y, Tsubota Y, Fukushima S. Influence of cyclic loading on fiber post and composite resin core. *Dental materials journal*, 2008, 27: 356-361.
 250. CORRÊA-FARIA P, de Alcântara CEP, CALDAS-DINIZ MV, Botelho AM, Tavano KTA. “Biological restoration”: root canal and coronal reconstruction. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2010, 22: 168-177.
 251. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu M-K. Damage to root dentin during retreatment procedures. *Journal of Endodontics*, 2011, 37: 63-66.
 252. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu M-K, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *Journal of Endodontics*, 2013, 39: 1054-1056.
 253. Aksoy Ç, Keriş EY, Yaman SD, Ocak M, Geneci F, Çelik HH. Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi Systems on dentinal microcrack formation using micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 2019, 45: 338-342.
 254. Hanada T, Quevedo CGA, Okitsu M, Yoshioka T, Iwasaki N, Takahashi H, Suda H. Effects of new adhesive resin root canal filling materials on vertical root fractures. *Australian Endodontic Journal*, 2010, 36: 19-23.
 255. Sornkul E, Stannard JG. Strength of roots before and after endodontic treatment and restoration. *Journal of Endodontics*, 1992, 18: 440-443.

256. Okitsu M, Takahashi H, Yoshioka T, Iwasaki N, Suda H. Effective factors including periodontal ligament on vertical root fractures. *Dental materials journal*, 2005, 24: 66-69.
257. Şen BH, Ertürk Ö, Pişkin B. The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009, 108: 622-627.
258. Seghi R, Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *Journal of Dental Research*, 1992, 71: 1340-1344.
259. Çobankara FK, Adanır N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *Journal of Endodontics*, 2004, 30: 406-409.
260. Heling I, Chandler N. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International endodontic journal*, 1998, 31: 8-14.
261. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod*, 2011, 37: 1437-1441.
262. Baldasso FER, Roleto L, Silva VDd, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Brazilian oral research*, 2017, 31.
263. Vilanova W, Carvalho-Junior J, Alfredo E, Sousa-Neto M, Silva-Sousa Y. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *International endodontic journal*, 2012, 45: 42-48.
264. Oliveira LD, Carvalho CAT, Nunes W, Valera MC, Camargo CHR, Jorge AOC. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root

- canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2007, 104: e125-e128.
265. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J*, 2001, 34: 120-132.
 266. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppini-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent*, 2009, 37: 903-908.
 267. Padmakumar I, Hinduja D, Mujeeb A, Kachenahalli Narasimhaiah R, Kumar Saraswathi A, Mirza MB, Robaian A, Basheer SN, Karobari MI, Scardina GA. Evaluation of Effects of Various Irrigating Solutions on Chemical Structure of Root Canal Dentin Using FTIR, SEM, and EDS: An In Vitro Study. *J Funct Biomater*, 2022, 13.
 268. Sinha N, Asthana G, Parmar G, Langaliya A, Shah J, Kumbhar A, Singh B. Evaluation of Ozone Therapy in Endodontic Treatment of Teeth with Necrotic Pulp and Apical Periodontitis: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*, 2021, 47: 1820-1828.
 269. Murugesan K, Vishwanath S, Kadandale S, Thanikachalam Y, Parthasarathy R, Ilango S. Comparative Evaluation of Smear Layer Removal in Apical Third Using Four Different Irrigants With Ultrasonic Agitation: An In Vitro Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis. *Cureus*, 2022, 14.
 270. Shoukheba MYM, Ali SYA, Gamal SMM. Ozonated olive oil gel versus nano-silver mouthwash in root biomodification: A scanning electron microscopic study. *Journal of International Oral Health*, 2021, 13: 298.

271. Atabek D, Bodur H, Yalçın G, Kalayci Ş. Effects of oxidative irrigants on root dentin structure: Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy study. *Oral Health and Dental Management*, 2014, 13: 753-756.
272. Schilke R, Lisson JA, Bauß O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Archives of oral biology*, 2000, 45: 355-361.
273. Schmidlin PR, Zimmermann J, Bindl A. Effect of ozone on enamel and dentin bond strength. *Journal of Adhesive Dentistry*, 2005, 7.
274. Kıvanç BH, Arısu HD, Özcan S, Görgül G, Alaçam T. The effect of the application of gaseous ozone and ND: YAG laser on glass-fibre post bond strength. *Australian Endodontic Journal*, 2012, 38: 118-123.
275. Huth KC, Quirling M, Maier S, Kamereck K, Alkhayer M, Paschos E, Welsch U, Miethke T, Brand K, Hickel R. Effectiveness of ozone against endodontopathogenic microorganisms in a root canal biofilm model. *International endodontic journal*, 2009, 42: 3-13.
276. Skowron K, Wałęcka-Zacharska E, Grudlewska K, Białucha A, Wiktorczyk N, Bartkowska A, Kowalska M, Kruszewski S, Gospodarek-Komkowska E. Biocidal effectiveness of selected disinfectants solutions based on water and ozonated water against *Listeria monocytogenes* strains. *Microorganisms*, 2019, 7: 127.
277. Ballal NV, 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. *Journal of Endodontics*, 2010, 36: 1385-1388.
278. Okşan T, Aktener B, Şen B, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International endodontic journal*, 1993, 26: 301-305.

279. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of endodontics*, 2009, 35: 791-804.
280. Ray H, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International endodontic journal*, 1995, 28: 12-18.
281. Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *Journal of Endodontics*, 2004, 30: 436-440.
282. Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J. Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *Journal of Endodontics*, 2006, 32: 341-344.
283. Skinner RL, Himel VT. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *Journal of Endodontics*, 1987, 13: 315-317.
284. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*, 1990, 16: 566-569.
285. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *Journal of endodontics*, 1994, 20: 78-82.
286. Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primack PD, Simpson MD. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of endodontics*, 1994, 20: 83-86.
287. Safavi KE, Spngberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of endodontics*, 1990, 16: 207-210.
288. Moshaverinia A, Brantley WA, Chee WW, Rohpour N, Ansari S, Zheng F, Heshmati RH, Darr JA, Schricker SR, Rehman IU. Measure of microhardness,

- fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer dental cements. *Dental Materials*, 2010, 26: 1137-1143.
289. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *Journal of endodontics*, 2012, 38: 1110-1113.
 290. Hovland EJ, DUMSHA TC. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. *International endodontic journal*, 1985, 18: 179-182.
 291. Jacobsen EL, BeGole EA, Vitkus DD, Daniel JC. An evaluation of two newly formulated calcium hydroxide cements: a leakage study. *Journal of Endodontics*, 1987, 13: 164-169.
 292. Sleder FS, Ludlow MO, Bohacek JR. Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. *Journal of Endodontics*, 1991, 17: 541-543.
 293. Yücel AÇ, Güler E, Güler AU, Ertuş E. Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 2006, 32: 890-893.
 294. Mitchell DF, Shankwalker GB. Osteogenic potential of calcium hydroxide and other materials in soft tissue and bone wounds. *Journal of Dental Research*, 1958, 37: 1157-1163.
 295. Estrela C, Bammann LL, Estrela CRdA, Silva RSd, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. 2000.
 296. Al-Khatib ZZ, Baum RH, Morse DR, Yesilsoy C, Bhambhani S, Furst ML. The antimicrobial effect of various endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1990, 70: 784-790.

297. Barkhordar RA. Evaluation of antimicrobial activity in vitro of ten root canal sealers on *Streptococcus sanguis* and *Streptococcus mutans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1989, 68: 770-772.
298. Yesilsoy C, Koren LZ, Morse DR, Kobayashi C. A comparative tissue toxicity evaluation of established and newer root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1988, 65: 459-467.
299. Jain M, Mittal A, Dhaundiyal A, Sharma N, Siddiqui T, Kelkar V. Comparative evaluation of three different intraorifice barrier on fracture resistance of endodontically treated teeth: an in vitro study. *Indian Journal of Dental Sciences*, 2020, 12: 77.
300. Varma KR, Mittal K. Fracture resistance of root filled teeth with different obturating materials—An ex vivo evaluation. *Endodontology*, 2012, 24: 43.
301. Dartora NR, de Conto Ferreira MB, Moris ICM, Brazão EH, Spazin AO, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT, Gomes EA. Effect of intracoronary depth of teeth restored with endocrowns on fracture resistance: in vitro and 3-dimensional finite element analysis. *Journal of Endodontics*, 2018, 44: 1179-1185.
302. Zhang F, Reveron H, Spies BC, Van Meerbeek B, Chevalier J. Trade-off between fracture resistance and translucency of zirconia and lithium-disilicate glass ceramics for monolithic restorations. *Acta biomaterialia*, 2019, 91: 24-34.
303. Çiçek E, Yılmaz N, Koçak MM, Sağlam BC, Koçak S, Bilgin B. Effect of mineral trioxide aggregate apical plug thickness on fracture resistance of immature teeth. *Journal of Endodontics*, 2017, 43: 1697-1700.
304. Mergulhão V, De Mendonça L, De Albuquerque M, Braz R. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with different methods. *Operative dentistry*, 2019, 44: E1-E11.

305. Bighetti Toniollo M, Paula Macedo A, Pupim D, Zapparoli D, da Gloria Chiarello de Mattos M. Finite Element Analysis of Bone Stress in the Posterior Mandible Using Regular and Short Implants, in the Same Context, with Splinted and Nonsplinted Prostheses. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 2017, 32.
306. Al-Omiri MK, Mahmoud AA, Rayyan MR, Abu-Hammad O. Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview. *Journal of Endodontics*, 2010, 36: 1439-1449.
307. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *International Journal of Prosthodontics*, 2001, 14.
308. Li X, Marasteanu M In *Evaluation of the low temperature fracture resistance of asphalt mixtures using the semi circular bend test*, Association of Asphalt Paving Technologists-Proceedings of the Technology Sessions, AAPT 2004, (editör).^(editörler). 2004; 401-426.
309. Ron AC, Karthik J, Pai VS, Vedavathi B, Nadig RR. Fracture resistance of simulated immature teeth rehabilitated with different restorative materials: A three-dimensional finite element analysis. *Endodontology*, 2017, 29: 11.
310. Stampalia L, Nicholls J, Brudvik J, Jones D. Fracture resistance of teeth with. resin-bonded restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1986, 55: 694-698.
311. Burke F, Wilson N, Watts D. The effect of cavity wall taper on fracture resistance of teeth restored with resin composite inlays. *Operative dentistry*, 1993, 18: 230-236.
312. Abou El Nasr HM, Abd El Kader KG. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *Journal of endodontics*, 2014, 40: 849-851.

313. Hürmüzlü F, Kiremitçi A, Serper A, Altundaşar E, Sıso ŞH. Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with ormocer and packable composite. *Journal of endodontics*, 2003, 29: 838-840.
314. Naumann M, Metzdorf G, Fokkinga W, Watzke R, Sterzenbach G, Bayne S, Rosentritt M. Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post-endodontic restorations: a structured review. *Journal of oral rehabilitation*, 2009, 36: 299-312.



EKLER

EK-1. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Adı Soyadı: Ahmet KORKMAZ Doğum tarihi: Doğum Yeri: Medeni Hali: Uyruğu: Adres: Tel: Faks: E-mail:
Eğitim
Lise: Lisans: Yüksek lisans: Doktora:
Yabancı Dil Bilgisi
İngilizce: Almanca: Rusça:
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar
İlgi Alanları ve Hobiler

EK-2. ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU



SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Health Sciences

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU¹

Öğrencinin Adı ve Soyadı	Ahmet KORKMAZ
Öğrencinin Numarası	
Ana Bilim Dalı	Endodonti
Öğrencinin Kayıtlı Olduğu Program Türü	Doktora

Yukarıda bilgileri verilen tezin intihal tespit yazılımıyla (Turnitin) yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdaki gibidir. Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi hâlde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Bölümler	Benzerlik Oranı	Maksimum Benzerlik Oranları
I. Giriş	%0	% 15
II. Genel Bilgiler	%18	% 35
III. Materyal ve Metod	%11	% 35
IV. Bulgular	%14	% 15
V. Tartışma	%5	% 20

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Ahmet KORKMAZ	Prof. Dr. Meltem ÇOLAK
29.12.2022	29.12.2022

¹ Bu form bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp Tez Savunması Jüri Öneri Formu'yla birlikte Ana Bilim Dalı Başkanlığı aracılığıyla ÜBYS üzerinden Enstitüye iletilmelidir.

EK-3. ETİK KURUL ONAY FORMU



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Sayı : 46

03.12.2020

ENDODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

03.12.2020 tarih ve 15 sayılı yazınız ekinde gönderilen Prof. Dr. Meltem ÇOLAK başkanlığında Arş. Gör. Dt. Dt. Ahmet KORKMAZ'ın birlikte hazırladıkları "*İki Farklı Final İrrigasyon Protokolünün Kırılma Direnci Üzerine Etkisi*" başlıklı Doktora Tezine ait etik kurul başvurusu kurulumuz tarafından incelenmiş olup, konu ile ilgili alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi arz ve rica ederim.



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Sayı : 46

03.12.2020

ENDODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

03.12.2020 tarih ve 15 sayılı yazınız ekinde gönderilen Prof. Dr. Meltem ÇOLAK başkanlığında Arş. Gör. Dt. Dt. Ahmet KORKMAZ'ın birlikte hazırladıkları "*İki Farklı Final İrrigasyon Protokolünün Kırılma Direnci Üzerine Etkisi*" başlıklı Doktora Tezine ait etik kurul başvurusu kurulumuz tarafından incelenmiş olup, konu ile ilgili alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi arz ve rica ederim.



Sayı : 38

04.06.2021

ENDODONTİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

20.05.2021 tarih ve 12 sayılı yazınız ekinde gönderilen ve Prof. Dr. Meltem ÇOLAK danışmanlığında yürütülecek olan ve Arş. Gör. Dt. Dt. Ahmet KORKMAZ'ın birlikte hazırladıkları "*İki Farklı Final İrrigasyon Protokolünün Kırılma Direnci Üzerine Etkisi*" konulu doktora tezi başlığı "*Farklı Final İrrigasyon Protokollerinin Kırılma Direnci Üzerine Etkisi*" olarak değiştirilen Doktora tezine ait etik kurul başvurusu kurulumuz tarafından incelenmiş olup, konu ile ilgili alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi arz ve rica ederim.



T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
ETİK KURULU

Oturum Tarihi: 04/06/2021

Oturum Sayısı: 06/ 2021

KARAR

SORUMLU ARAŞTIRMACI	<i>Prof. Dr. Meltem ÇOLAK Arş. Gör. Dt. Dt. Ahmet KORKMAZ</i>
Araştırmanın Açık Adı	<i>Farklı Final İrrigasyon Protokollerinin Kırılma Direnci Üzerine Etkisi</i>
Karar No	38.
Alınan Karar	Prof. Dr. Meltem ÇOLAK danışmanlığında yürütülecek olan ve Arş. Gör. Dt. Dt. Ahmet KORKMAZ'ın birlikte hazırladıkları " <i>İki Farklı Final İrrigasyon Protokolünün Kırılma Direnci Üzerine Etkisi</i> " konulu doktora tezi başlığı " <i>Farklı Final İrrigasyon Protokollerinin Kırılma Direnci Üzerine Etkisi</i> " olarak değiştirilmesi amacıyla Doktora Tezi Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan 19 Ağustos 2011 tarih ve 28030 sayılı "Klinik Araştırmalar Hakkındaki Yönetmelik" hükümlerine bağlı kalınarak yapılmak şartıyla; kabul edilmesinde bilimsel ve etik açıdan sakınca olmadığına mevcudun oybirliği ile karar verildi.

EK-4. TEZ ADI DEĞİŞİKLİĞİ BİLDİRİM FORMU

	
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Graduate School of Health Sciences	
TEZ ADI DEĞİŞİKLİĞİ BİLDİRİM FORMU	
Öğrencinin Adı ve Soyadı	Ahmet KORKMAZ
Ana Bilim Dalı	Endodonti
Öğrencinin Kayıtlı Olduğu Program Türü	Doktora
Endodonti Ana Bilim Dalı Başkanlığına	
Danışmanlığınızı yürüttüğüm ve yukarıda bilgileri yazılı olan bilim dalımız öğrencisinin Tez adı aşağıda belirtilen şekilde değiştirilmiştir. Bilgilerinize arz ederim. 29.12.2022	
Değişiklik Türü	Tez Adı Değişikliği ☒
Tezin Eski Adı	İki Farklı Final İrrigasyon Protokolünün Kırılma Direnci Üzerine Etkisi
Tezin Yeni Adı	Farklı Final İrrigasyon Protokollerinin Kırılma Direnci Üzerine Etkisi
Tezin İngilizce Adı	Effect of Different Final Irrigation Protocols on Fracture Strength
Değişikliğin Gerekçesi	Danışman hoca önerisi doğrultusunda