

PELİN BOZBULUT

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2021



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

DOKTORA TEZİ

**KANAL TEDAVİSİ TEKRARINDA SOLVENT
KULLANIMININ DENTİN ÇATLAĞI OLUŞUMUNA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

PELİN BOZBULUT

**DANIŞMAN
PROF.DR.FARUK HAZNEDAROĞLU**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
ENDODONTİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2022

İTHAF

Annem ve Babama ithaf ediyorum

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim hayatım süresince bana akademik ve klinik anlamda her konuda yol gösteren, her daim desteğini hissettiğim ve kendisiyle çalışmayı bir şans hissettiğim değerli hocam ***Prof. Dr. Faruk Haznedaroğlu'na***

Eğitim hayatım süresince bilgi ve birikimlerini her zaman paylaştan değerli hocam ***Prof. Dr. Handan Ersev'e,***

Tez çalışmamda bana yardımını hiç esirgemeyen ve vaktini ayıran değerli hocam ***Prof. Dr. Ali Keleş'e,***

Klinik ve akademik anlamdaki sonsuz yardımlarıyla doktora sürecimin her aşamasında emeği olan değerli hocam ***Doç. Dr. Ayça Yılmaz 'a,***

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı'ndaki değerli öğretim üyeleri ***Dr. Selçuk Gökyay, Dr. Emir Dinçol ve Dr. Bülent Yılmaz 'a,***

Tez çalışmamın deneysel analizlerini gerçekleştirdiğim ***İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'ne ve Öğr. Gör. Canan Yalçın 'a,***

Bu maceraya beraber başladığımız ***Dr. Dt. Bulut Hakan Şahin, Dr. Dt. Uğur Aksoy, Dr. Dt. Rüya Uluöz, Dr. Dt. İlkin Şemi, Dr. Dt. Osman Ünlü, Dt. Ayşenur Öztürk, Dt. Meryem Rana Yetişkul ve Dt. Alp Sirman'a,***

Endodonti Ana Bilim Dalı'nda tanıyıp birlikte çalışma şansı elde ettiğim ***Dr. Dt. Gülsüm Kutlu ve bütün bölüm arkadaşlarıma,***

Hayatımda oldukları için kendimi şanslı hissettiğim, iyi ve kötü her günümde yanımda olan dostlarım ***Dr. Dt. Simin Kocaaydın'a, Dt. Elif Güneysu'ya,***

Yazamadığım ama her zaman yanımda olan bütün arkadaşlarıma,

Yapamayacağımı düşündüğüm her an beni yeniden motive eden ve desteğini esirgemeyen ***Mert Zümrütel'e,***

Bugünleri görmesini çok istediğim ama izlediğini bildiğim canım babam ***Ec. Halil Bozbulut'a,*** tanıdığım en güçlü kadın olan canım annem ***Beyhan Bozbulut'a,*** teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BEYAN	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İTHAF	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Endodontik Tedavide Başarı	2
2.1.1. Endodontik Tedavide Başarı Kriterleri.....	3
2.1.2. Endodontik Tedavide Başarısızlık Kriterleri	4
2.2. Kök Kanal Tedavisinin Tekrar Edilmesini Gerektiren Durumlar	7
2.3. Başarısız Kök Kanal Tedavilerinde Mikroflora	8
2.4. Kök Kanal Tedavisini Tekrarlama Yöntemleri	10
2.5. Güta-Perka'nın El Aletleri ile Kanaldan Uzaklaştırılması	11
2.6. Güta-Perka'nın Ultrasonik Yöntemler ile Kanaldan Uzaklaştırılması	11
2.7. Güta-Perka'nın Isı Yardımıyla Kanaldan Uzaklaştırılması.....	11
2.8. Güta-Perka'nın Ni-Ti Döner Alet Sistemleri ile Kanaldan Uzaklaştırılması	11
2.8.1. Kök Kanal Tedavisi Tekrarı İçin Özel Olarak Üretilen Ni-Ti Döner Aletler....	12
2.9. Güta-Perka'nın Kimyasal Yöntemlerle Kanaldan Uzaklaştırılması.....	14
2.9.1. Güta-Perkanın Kanaldan Uzaklaştırılmasında Kullanılan Çözücüler	15
2.10. Dentinin Yapısı.....	17
2.11. Dentin Yapısında Görülen Defektler	17
2.11.1. Kök Kanal Tedavisinde Mekanik Preparasyonun Dentin Dokusu Üzerine Etkileri	18

2.11.2. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan İrrigasyon Ajanlarının Dentin Yapısına Etkisi.....	19
2.11.3. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan Dolgu Yönteminin Dentin Yapısına Etkisi	20
2.12. Kök Kanal Tedavisi Sonrası Dentin Yapısında Oluşan Değişimleri İnceleme Yöntemleri.....	21
2.12.1. Stereomikroskop.....	21
2.12.2. Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM).....	22
2.12.3. Transmisyon Elektron Mikroskobu(TEM).....	22
2.12.4. Transillüminasyon	22
2.12.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (μ BT, Micro-CT)	23
2.13. Bilgisayarlı Tomografi ve Micro-CT Sistemlerinin <i>in-vitro</i> Görüntüleme Sistemlerine Göre Avantajları	23
2.14. Endodonti Pratiğinde Micro-CT.....	24
2.14.1. Micro-CT ile Kök Kanal Preparasyonunun Değerlendirilmesi.....	24
2.14.2. Micro-CT ile Kök Kanal Dolgusunun Değerlendirilmesi	24
3. gereç ve yöntem.....	26
3.1. Örneklerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri.....	26
3.1.1. Radyografik Değerlendirme	26
3.1.2. Görsel Değerlendirme.....	27
3.1.3. Üç Boyutlu Değerlendirme.....	27
3.2. Örnek Dişlerin Çalışma için Hazırlanması.....	27
3.2.1. Değerlendirme Kriterleri	31
3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	31
3.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	31
3.5. Kök Kanallarının Doldurulması	32
3.6. Kanal Tedavisi Tekrarı İşleminin Yapılması	33
3.6.1. Solvent Kullanılan Grupta Kök Kanallarının Boşaltılması	34
3.6.2. Solvent Kullanılmayan Grupta Kök Kanallarının Boşaltılması	35
3.7. Micro-CT Taraması ve Ölçümleri	36
3.7.1. Mikro Çatlakların Ölçülmesi	37
3.7.2. Kanal Dolgu Artıklarının Ölçülmesi	37

3.8. İstatiksel Analiz	38
4. BULGULAR	39
5. TARTIŞMA.....	43
SONUÇLAR	53
KAYNAKLAR.....	54
ETİK KURUL KARARI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	70
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



TABLolar LİSTESİ

Tablo 4-1: Kanal dolum hacimlerinin kural, orta ve apikal seviyelerde karşılaştırılması	39
Tablo 4-2: Kalan artık madde hacminin kural, orta ve apikal seviyelerde karşılaştırılması	40
Tablo 4-3: Artık madde miktarının kural, orta ve apikal seviyelerde yüzde cinsinden karşılaştırılması	40
Tablo 4-4: Her iki grubun süre yönünden karşılaştırılması.....	42



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3-1: Seçilen örneklerin belirlenmesi	27
Şekil 3-2: Seçilen örneklerin distal köklerinin uzaklaştırılması.....	28
Şekil 3-3: Örneklerin kumpas yardımıyla belirli uzunlukta standardize edilmesi	28
Şekil 3-4: Köklerin pembe eriyik muma batırılması	29
Şekil 3-5: Örneklerin akrilik bloklara gömülmesi.....	29
Şekil 3-6: Akrilik bloklara gömülen köklerin bloklardan çıkarılması ve mumun uzaklaştırılması sonrası	30
Şekil 3-7: Köklerin 2. ölçü materyaline gömülmesi.....	30
Şekil 3-8: Kök kanal tedavisi esnasında kullanılan düzenek	32
Şekil 3-9: ProTaper Retreatment Kit.....	34
Şekil 3-10: Solvent kullanılan grupta güta-perkanın kanaldan uzaklaştırılması	35
Şekil 3-11: Solvent kullanılan grupta kanal dolgusu öncesi, sonrası ve retreatment sonrası alınan radyografiler	35
Şekil 3-12: Solvent kullanılmayan grupta güta-perkanın kanaldan uzaklaştırılması	36
Şekil 3-13: Solvent kullanılmayan grupta kanal dolgusu öncesi, sonrası ve retreatment sonrası alınan radyografiler	36
Şekil 4-1: Aynı örnek üzerinde, farklı noktalardan alınan kesitlerin görüntülerinin karşılaştırılması	39
Şekil 4-2: Retreatment öncesi ve sonrası görüntülerinin bilgisayar ortamında üst üste getirilerek artık madde yönünden karşılaştırılması	41
Şekil 4-3: Örnek dişlerin işlem öncesi ve sonrası görüntüleri a: solventsiz, b: solventli grup k: kontrol olarak kullanılan kök kanalı, d: işlem öncesi doldurulmuş hali r: kanal tedavisi tekrarı sonrası kanalın görünümü.....	42

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

μ BT, Micro-CT: Mikrobilgisayarlı tomografi

$^{\circ}$ C: Santigrat derece

in vitro: Laboratuvar koşullarında

in vivo: Canlı koşullarda

p: İstatistiksel anlam değeri

NaOCl: Sodyum hipoklorit

EDTA: Etilen Diamin Tetraasetik Asit

SEM: Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)

TEM: Transimüsyon Elektron Mikroskobu

μ m: mikrometre

μ A: mikroamper (elektrik akımı)

kV: kilovolt (elektrik gerilim birimi)

%: Yüzde

Ark: Arkadaşları

ÖZET

Bozbulut, P. (2022). Kanal Tedavisi Tekrarında Solvent Kullanımının Dentin Çatlağı Üzerine Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Amaç: Yetersiz kök kanal tedavisi sonrası enfeksiyon gelişmesi ya da iyileşmemesi durumunda ilk seçenek, kök kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırıp, kök kanallarının yeniden temizlenip, şekillendirilmesi ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması ile kök kanal tedavisinin tekrar edilmesidir (retreatment). Kimyasal çözücüler (solvent), güta-perkayı yumuşatarak kök kanalından kolayca uzaklaştırma amacıyla kullanılırlar. Bu tez çalışmasının amacı, kök kanallarında Ni-Ti retreatment sistemi (ProTaper Retreatment Kit) ile preparasyon yaparak, solvent kullanımının, dentin duvarlarında çatlak oluşumu, kalan madde miktarı ve işlem zamanı üzerindeki etkinliğinin mikrobilgisayarlı tomografi (micro-CT) ile incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada her birinde 10 adet alt büyük azı mezial kökü bulunan iki ayrı deney grubu oluşturulmuştur. Mezial köklerin kanallarından biri AH Plus, güta-perka lateral kondensasyon tekniği ile doldurulmuş, diğer kanal ise boş bırakılarak kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Güta-perkayı uzaklaştırmak için Ni-Ti retreatment eğeler kullanılmıştır. 1.grupta bu işlem sırasında solvent (Guttasolv) kullanılmış, 2. grupta ise kullanılmamıştır. Kök kanalının tüm seviyelerinde çatlak olup olmadığı ve uzaklaştırılamayan madde miktarı micro-CT ile işlem öncesi ve sonrası görüntüler alınarak incelenmiştir. Ayrıca işlem başlanması ile bitişi arasındaki süre ölçülmüştür.

Bulgular: Bulgularımıza göre, solvent kullanılarak veya kullanılmadan retreatment yapılan her iki grupta da örneklerin dentin yüzeylerinde çatlak oluşumu gözlenmemiştir. Her iki grupta da kök kanalında artık madde kalmış ancak aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Solvent kullanılan grupta, çalışma süresi daha uzun bulunmuştur.

Sonuçlar: Çalışmanın sınırları dahilinde, solvent kullanımının çatlak oluşumu üzerine etkisi olmadığı, ideale yakın bir kanal tedavisi yapılsa dahi kanal duvarında artık madde kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: retreatment, solvent, micro-ct, çatlak, dentin

ABSTRACT

Bozbulut, P. (2022). Investigation of the Effect of Solvent Use on Dentin Crack Formation in Retreatment Procedures. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics. Doctorate thesis. İstanbul.

Objectives: The aim of this study was to evaluate the effect of solvent use on crack formation in dentin structure during root canal retreatment with micro-CT.

Materials and Methods: Root canal treatments were performed on the mesial roots of 20 mandibular molars. The teeth were divided in two groups: solvent useds and non-solvent. During treatment, canal preparations was performed using Revo-S files. The root canals were filled by using the lateral compaction technique. During retreatments, Protaper Retreatment files were used in both groups. Guttasolv was used during retreatment in one group. Before and after the initial treatment and retreatment, the teeth were imaged using micro-CT. In addition, the time between the beginning and the end of the procedure was measured.

Results: Crack formation was not observed in either group. Residual filling material remained in the root canal after the procedure in all samples in both groups. In both groups, no statistical significant difference was found in terms of residual matter between the regions according to the results of the measurements made separately in three regions as coronal, middle, and apical regions. The working time was longer in the solvent group.

Conclusions: In conclusion, within the limitations of this *in vitro* study, it could be said that Ni-Ti systems do not cause dentin defects if used with or without a solvent. Even if the retreatment was performed close to ideal, it was determined that residual filling material remained on the canal walls during retreatment.

Clinical Relevance: Using solvent does not decrease the dentin crack formation.

Keywords: Retreatment, dentinal crack, solvent, micro-ct

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisinin amacı, pulpa ve/veya periapikal doku hastalığı olan dişlerin, kök kanal sisteminin temizlenip, şekillendirilip, üç boyutlu olarak doldurularak, çene arkları üzerinde biyolojik olarak uyumlu bir şekilde estetik ve fonksiyonel devamlılığının sağlanmasıdır¹.

Uygun aseptik koşulların sağlanması ve kabul edilen klinik prensiplere uygun yapılması durumunda, endodontik tedavinin başarı oranı oldukça yüksektir. Yapılan uzun dönem takip çalışmalarında başarı oranı %85 ile %90 aralığında gösterilmektedir².

Birincil endodontik tedavinin başarısız olduğu vakalarda, kök kanal tedavisinin tekrarı (retreatment) ilk seçenektir. Bu tedavinin asıl amacı; mevcut olan eski kök kanal tedavisine ait dolgu materyallerinin uzaklaştırılarak, kök kanal sisteminin yeniden temizlenip, şekillendirilip, sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır. Böylece periapikal dokuların sağlığının geri kazandırılması mümkün olabilir³.

Kök kanallarının doldurulması amacıyla pek çok yöntem önerilmiştir. Bunlar arasında en kabul gören yöntem, kanal patları ile güta-perkanın kombine olarak kullanımıdır. Kök kanal tedavisinin tekrarlanması gerektiğinde, mevcut güta-perkanın kök kanal sisteminden uzaklaştırılabilmesi için çeşitli mekanik ve kimyasal yöntemler mevcuttur. Bunlar arasında; Ni-Ti esaslı sistemler, lazer, ısıtılmış plugger, ultrasonik aletleri gibi mekanik yöntemler ve kimyasal çözücüler (solvent) sayılabilir^{3,4}. Solventler, güta-perkayı çözüp yumuşatarak, kök kanallarından uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaları nedeniyle kullanılmaktadır⁵.

Kök kanal tedavisi sırasında yapılan alet işlemlerine ve madde kayıplarına bağlı olarak, dentinde çatlaklar oluşabileceği ve bu çatlakların daha sonra ilerleyerek vertikal kök kırıklarına da neden olabileceği bilinmektedir⁶.

Bu tez çalışmasında, Protaper Universal Retreatment Kiti (PTU-R) kullanılarak kanal tedavisi tekrarı yapılan alt büyük azı dişlerinde, işlem sırasında solvent kullanımının, işlem süresi, kanalda kalan artık madde miktarı ve dentin çatlağı oluşumu üzerindeki etkilerinin mikro bilgisayarlı tomografi (micro-CT) yöntemiyle incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Endodontik Tedavide Başarı

Endodontik tedavide amaç, kök kanal sistemi içerisinde mevcut olan enfeksiyonun kontrol altına alınarak, hastanın genel sağlığını riske atmadan, dışın ağız içerisindeki fonksiyonunu ve bütünlüğünü korumaktır⁷.

Kakehashi ve ark., germ-free fareler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, pulpayı ağız ortamına ekspoze halde bıraksalar da, bakteri olmadığı takdirde pulpanın vitalitesini koruduğunu göstermişlerdir⁸. Möller ve ark., maymun dişlerinde yaptıkları çalışmalarında sadece enfekte devital pulpada periradiküler lezyon geliştiğini, devital ama enfekte olmayan pulpalı dişlerdeyse herhangi bir patolojik değişikliğe rastlamamışlardır⁹. Bu bulgular da mikroorganizmaların, periradiküler lezyonların patogenezinde birincil etken olduğunu göstermektedir.

Kök kanal tedavisinin başarısı için iyi bir mekanik preparasyon yapılması tek başına yeterli değildir. Çünkü kök kanal sistemi son derece karmaşık anatomiye sahiptir. Bu nedenle kök kanalı içerisinde mekanik preparasyon amacıyla kullanılan aletler; isthmuslar, yan kanallar ve dentin kanalcıkları gibi bölgelerde bulunan mikroorganizmalara ve bunlara besin kaynağı oluşturan pulpa artıklarına ulaşamazlar^{2,10}.

Kanal tedavisi, aseptik şartlar altında, kabul gören klinik prensiplere uygun olarak yapıldığı zaman yüksek başarı oranına sahip bir tedavidir². Literatür incelendiğinde, yapılan birçok çalışmanın sonuçlarına göre kök kanal tedavilerindeki başarı oranı ortalama olarak %53 ile %98,7 arasında değiştiği görülmektedir¹¹.

Bu başarı çalışmaları arasında en bilineni, Ingle tarafından yapılan Washington çalışmasıdır¹². Ingle'in yaptığı bu çalışmada, hastalar 6 ay, 1 yıl, 2 yıl ve 5 yıl aralıklarla takip edilmiş ve kontrol radyografileri alınmıştır. Kök kanal tedavisi yapılan 1229 vakadan alınan 2 yıllık takip röntgenlerinde, %91,54 başarı oranı gösterilmiştir. Bu çalışmada çene arkları ile başarı oranları arasında da karşılaştırma yapılmış ve mandibulada yapılan kök kanal tedavilerinin %6,65, maksillada yapılan kök kanal tedavilerinin ise %9,03 oranında başarısızlık gösterdiği belirtilmiştir¹³.

Sjögren ve ark., kök kanal tedavisi yapılmış dişler üzerinde 8-10 yıl takip yaptıkları çalışmalarının ardından, radyografide bulgu vermeyen vital/devital dişlerde tedavinin

başarı oranını %96, periapikal lezyon varlığında ise başarı oranını %86 olarak bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada, retreatment vakalarındaki başarı oranını %68 olarak bildirmişlerdir¹⁴.

Alley ve ark., kök kanal tedavisi yapılmış 350 dişi 4-6 yıl takip ettikleri çalışmalarında, başarı oranını %93 olarak bildirmişlerdir¹⁵. Peters ve ark., kök kanal tedavisi yapılmış 263 dişi 2-4 yıl takip ettikleri çalışmalarında, başarı oranını %87 olarak bildirmişlerdir¹⁶. Lazarski ve ark., kök kanal tedavisi yapılmış 44,613 dişi 2-4 yıl takip ettikleri çalışmalarında, başarı oranını %94 olarak bildirmişlerdir¹⁷. Imura ve ark., tek bir uzman hekim tarafından yapılan 2000 kök kanal tedavisi vakasını takip ettikleri retrospektif çalışmalarında, birincil kök kanal tedavisinin başarı oranını %94, kök kanal tedavisi tekrarının başarı oranını ise %85,9 olarak bildirmişlerdir¹⁸. Farzaneh ve ark, yaptıkları Toronto çalışmasında, kök kanal tedavisi tekrarı vakalarında 4-6 yıllık takip sonrası, klinik ve radyografik olarak vakaların %81'inde tam iyileşme ve vakaların %93'ünde asemptomatik olarak ağızda kalım oranı bildirmişlerdir¹⁹.

Endodontik bir tedavinin başarısı, tedavi edilmiş olan dişlerin öncelikle radyografik bulgularına ve klinik olarak semptom gösterip göstermemelerine göre değerlendirilmelidir^{20,21}.

2.1.1. Endodontik Tedavide Başarı Kriterleri

Kök kanal tedavisinde, histolojik olarak başarının tanımı, periapikal dokularda inflamatuvar hücrelerin yokluğu olarak tanımlanmaktadır. Bununla beraber, tedavi öncesi ve sonrası durumu histolojik olarak değerlendirmek mümkün değildir²².

Avrupa Endodonti Birliği (ESE)'nin 2006 yılında yayımladığı kılavuzda, kök kanal tedavilerinde başarının değerlendirilme kriterleri:

- Dişin semptom göstermemesi (asemptomatik olması)
- Fistül olmaması
- Fonksiyon kaybı olmaması
- Radyografik olarak incelendiğinde lamina dura ve periodontal ligamentin sağlıklı bir görünüm vermesi olarak belirtilmiştir.²³.

Bu kriterlere uyan dişlerin tam iyileşme gösterdiği kabul edilir. Kök kanal tedavisini takip eden 1 yıl içerisinde ise dişin klinik olarak asemptomatik hale geldiği;

ancak radyografik takipte mevcut periapikal lezyonun boyutlarının aynı kaldığı ya da küçülüp tamamen kaybolmadığı vakalar ise tamamlanmayan iyileşme olarak adlandırılmıştır. Bu vakalarda dişlerin kanal tedavisi sonrası 4 yıl boyunca takip edilmesi, 4 yıl sonrasında iyileşmenin gözlenmediği vakaların ise başarısız olarak sınıflandırılması gerektiği bildirilmiştir²³.

Amerikan Endodonti Birliği (AAE)'nin yaptığı sınıflandırmaya göre, klinik semptomu olmayan, fonksiyonda, radyografik görüntüde ya hiç ya da minimal radyolusent görüntü veren vakalar iyileşmiş, periradiküler patolojisi olan asemptomatik ve fonksiyonda olan ya da periradiküler radyografik patoloji bulgusu olsun ya da olmasın semptomatik ama fonksiyonda olan vakalar iyileşmekte olan, tedavi edilmiş ve dentisyondaki amacını koruyan vakalara da fonksiyonel iyileşme adı verilir²⁴.

Radyolojik olarak başarı, radyolusent görüntünün izlenmemesi ya da önceden mevcut olan radyolusent görüntünün kaybolması olarak tanımlanır. Mevcut bir radyolusent görüntünün küçülmesi ya da sabit olarak kalması ise başarı açısından tartışmalı bir konudur²⁵.

Strindberg'in kriterlerine göre, klinik olarak semptom vermeyen, radyografik incelemede periodontal ligamentin genişliğinin normal olduğu, periodontal konturün sınırlarının düzgün ilerlediği, lamina duranın sağlam olduğu bir tedavi başarılı olarak kabul edilir²⁶.

Bu kriterlerin hepsi zaman faktörü ile doğrudan ilişkilidir. Yapılmış olan bir tedavinin başarı ya da başarısızlık açısından değerlendirilmesi için minimum 2-5 yıl arasında postoperatif gözlem yapılması gerektiği bildirilmiştir²⁷.

2.1.2. Endodontik Tedavide Başarısızlık Kriterleri

Kök kanal tedavisi, uygulanan tedavi kabul edilebilir standartların altına düştüğü zaman başarısız olarak kabul edilir^{2,28}.

Avrupa Endodonti Birliği (ESE)'nin kılavuzunda ise başarısızlık kriterleri:

- Dişte ağrı, mobilite, şişlik, fistül gibi klinik semptomların varlığı
- Tedavi sonrası alınan radyografide yeni bir radyolusent alan görülmesi ya da mevcut olan radyolusent görüntünün büyümesi
- 4 yıllık takip sonrası mevcut lezyonun sınırlarının sabit kalması

- Kök kanalında rezorbsiyon görülmesi olarak belirtilmiştir.

Kanal tedavisi sonrası başarısızlık; uygun olmayan kuronal restorasyonlar, eksik veya taşkın kanal dolgusu gibi nedenlerden kaynaklanan apikal periodontitis enfeksiyonunun kontrol altına alınamamasına bağlı olarak ortaya çıkar^{11,29}.

Amerikan Endodonti Birliği (AAE)'nin yaptığı sınıflandırmaya göre, fonksiyonda olmayan, radyografik bulgusu olan ya da olmayan semptom gösteren dişler iyileşmemiş olarak kabul edilir²⁴.

Strindberg'in kriterlerine göre; klinik semptomların mevcut olması, radyografide değişmeyen lezyon görüntüsü, yeni bir lezyon görüntüsünün oluşması, devamlılığı olmayan ya da belirsiz izlenen lamina dura görüntüsü varlığında yapılan kök kanal tedavisi *başarısız* olarak kabul edilir. Radyografide kesin olarak belirsiz ya da teknik olarak yetersiz radyografiler, 1mm'den az radyolusent görüntü ve hafif bozulmuş lamina dura görüntüsü ise, kesin olmayan iyileşme olarak nitelendirilir²⁶.

Kök kanal tedavisinin tekrar edilmesi kararı alınmadan önce başarısızlığın sebebinin belirlenmesi ve ona göre bir tedavi planı hazırlanması gerekmektedir²⁷. Yapılan birincil kök kanal tedavisindeki başarısızlıkları, hastaya ve iatrojenik nedenlere bağlı olmak üzere iki başlık altında toplayabiliriz.

2.1.2.1. Hasta Kaynaklı Başarısızlık Nedenleri

Kök kanal sisteminin kompleks yapısı, kanal tedavisinin başarısında çok önemli bir rol oynamaktadır³⁰. Dişin anatomik yapısının yanında, pulpanın ve periapikal dokuların patolojik durumu, mevcut lezyonun büyüklüğü, hastanın genel sağlık durumu, endodontik tedavi esnasında kanal preparasyonunun hastaya bağlı kısıtlamalarla yeterli derecede yapılamaması (ağız açıklığının kısıtlı olması, öğürme refleksi vb.), kökün apikal kısmına ulaşmayı engelleyen kalsifikasyonların varlığı, kökün apikale ulaşmanın mümkün olmadığı aşırı eğri köklerin veya dallanmaların varlığı, derin kök çürükleri, kuronal bölgenin düzgün bir restorasyon yapılamayacak kadar harap olması, oklüzal travma ve brüksizm gibi nedenler de kök kanal tedavisinin başarısız olmasına neden olabilir^{27,31,32}.

Maksiller lateral dişlerde kök kanal tedavisinin başarısızlığı, anatomik yapıya bağlı olarak açıklanabilir. Pucci ve Reig yaptıkları çalışmalarında, maksiller lateral dişlerin %49,2'sinde apikalin distale eğim gösterdiğini belirtmişlerdir³³.

Washington çalışmasında, mandibular 1. premolar dişlerin başarısızlık oranı %11,45 iken 2. premolar dişlerin başarısızlık oranı %4,54 olarak belirtilmiştir¹³. Bunun sebebi de yine Pucci ve Reig tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre iki diş grubunun arasında mevcut olan anatomik farklılıklara bağlanmıştır. Pucci ve Reig'in yaptıkları çalışmalarında, mandibular 1. premolarların %26,5'inde dallanmalar, apikal bölgede çatallanmalar, bifurkasyon ve trifurkasyonlar olduğu gösterilmiştir. Mandibular 2. premolar dişlerin ise %11,5'inde 2 kanal ağzı ve 2 apikal foramen olduğu gösterilmiştir³³.

Liu ve ark., yaptıkları retrospektif kohort çalışmasında, genç hastalarda ve düşük kuren-kök oranına sahip dişlerde kök kanal tedavisinin başarısının anlamlı olarak daha yüksek olduğunu söylemişlerdir³⁴.

2.1.2.2. İatrojenik Kaynaklı Başarısızlık Nedenleri

Hatalı endikasyon, hekimin tecrübesi, endodontik tedavi esnasında oluşabilecek kök perforasyonu, gözden kaçırılmış kanallar, kısa kalınmış kanal dolguları, yetersiz dolum yapılmış kanallar, zayıf kuronal restorasyonlar ve buna bağlı kuronal mikrosızıntı, yetersiz irrigasyon, periapikal dokulara kök kanal dolgusu taşırılması, hatalı restorasyon yapılması ve buna bağlı oklüzal travma, endodontik tedavi öncesinde periodontal durumun hatalı değerlendirilmesi, enstrümantasyon sırasında kök kanalında alet kırılması, apikalden dışarıya materyal, debris, yıkama solüsyonu veya mikroorganizma taşırılmasına bağlı oluşabilecek alerjik reaksiyonlar, aşırı preparasyon, hatalı post uygulaması sırasında kanalda oluşabilecek vertikal veya horizontal kırıklar, kanal tedavisi sonrası gelişebilen internal veya eksternal rezorbsiyonlar başarı oranını düşürebilir^{27,30,31}.

Ingle'in Washington çalışmasında, hatalı vaka seçiminin, 104 vakada %22,12 oranında başarısızlığa sebep olduğunu, bunun yanında prosedürel hataların başarısızlık vakalarının %14,42'sini oluşturduğu belirtilmiştir¹³.

McCaul ve ark., 20 diş üzerinde başarı oranını araştırdıkları çalışmalarında, endodonti üzerine uzmanlaşmış hekimlerin, pratisyen diş hekimlerine göre daha stabil bir başarı oranı gösterdiğini bildirmişlerdir²⁵.

Alley ve ark., kanal tedavisi yapılmış 350 diş üzerinde başarı oranını takip ettikleri çalışmalarında, endodonti üzerine uzmanlaşmış hekimlerin başarı oranının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir¹⁵.

Ray ve Trope; 1010 kök kanal tedavisi görmüş diş üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal tedavisinin başarısının , iyi yapılmış bir kuronal restorasyona bağlı olduğunu bildirmişlerdir ³⁵.

Sjögren ve ark., nekroze pulpalı dişler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, kök kanal dolgusunun, alınan radyografide apikale 2 mm kala sonlandığı vakalarda başarı oranını %94, başarısız olan kök kanal tedavilerine yapılan retreatment sonrası da kök kanal dolgusunun apikale 2mm kala sonlandığı vakalarda ise %67 olarak bildirmişlerdir¹⁴.

2.2. Kök Kanal Tedavisinin Tekrar Edilmesini Gerektiren Durumlar

Yapılan kök kanal tedavisi sırasında karşılaşılan çeşitli anatomik kompleksitelere, iatrojenik hatalara ve konak savunmasındaki yetersizliklere bağlı nedenlerle tedavi başarısızlığa uğrayabilir ve bu durumda kanal tedavisinin tekrarlanması gerekebilir. İyi yapılmış bir kanal tedavisinde, periapikal dokuda iyileşme ve yeni kemik oluşumu görülür. Radyolusent görünümün ortadan kaybolmadığı, kemikte iyileşmenin gözlenmediği durumlar ise başarısız olarak tanımlanır. Çoğunlukla uygulanan tedavinin yetersiz olduğu durumda, endodontik tedavi başarısızlığa uğrar. En sık karşılaşılan problemler; mikrobiyal eliminasyonun yeterince yapılamaması, gözden kaçırılan kanalların varlığı, hatalı kavite tasarımı, yetersiz mekanik preparasyon, yetersiz irrigasyon, hermetik olmayan kanal dolgusu, yapılan daimi /geçici restorasyonun yetersizliğidir. Bu hususlara en üst düzeyde özen gösterilmiş olsa da bazen kök kanal anatomisinin komplike yapısı tedavinin başarısızlığına neden olabilir^{20,28}.

Kök kanal tedavisinin tekrarı, başarılı sonuçlar veren bir tedavi olmasına rağmen, birincil kanal tedavisine kıyasla daha düşük bir iyileşme oranı gösterir^{27,36}. Bergenholtz³⁷, Allen³⁸, Sjögren¹⁴, Friedman³⁹ gibi araştırmacılara göre, birincil tedavinin başarısız olduğu vakalarda, kök kanal tedavisinin tekrarı başarı sonuçlar vermektedir.

Liu ve ark., yaptıkları retrospektif kohort çalışmasında, kök kanal tedavisi tekrarı yapılan 63 vakanın, 49 tanesinin başarılı iyileşme gösterdiğini, 14 tanesinin ise başarısız

iyileşme gösterdiğini söylemişler ve kök kanal tedavisi tekrarının başarı oranını %77.8 olarak belirtmişlerdir³⁴.

Radyografide tespit edilen lezyonun büyüklüğü, mevcut kök kanal dolgusunun kalitesi, post varlığı gibi faktörler tedavi kararını etkilemektedir²².

2.3. Başarısız Kök Kanal Tedavilerinde Mikroflora

Nekroze olmuş pulpada, farklı tipteki bakterilerin mevcut olduğu bilinmektedir⁴⁰. İntrarakiküler mikroorganizmaların apikal periodontitiste, esas etiyolojik etken olması nedeniyle endodontik tedavinin amacı enfeksiyona yol açan etmenleri kanaldan uzaklaştırıp tekrardan enfeksiyon oluşmasını engellemektir. Mikroorganizmaların ve yan ürünlerin kök kanal sistemi içerisinde kolonize olması, periradiküler lezyonların patogeneğinde önemli bir rol oynamaktadır. Vakaların çoğunda, dişler radyografik olarak başarılı bir şekilde kök kanal dolgusu görüntüsüne rağmen kök kanal tedavisinin başarısızlığa uğramasının nedeni, kök kanal sisteminin apikal bölgesinde, isthmus ve dentin tübüllerinde kalan inatçı mikroorganizmalar olarak gösterilmektedir^{2,28,41,42}.

Sjögren ve ark., 55 apikal periodontitis vakası üzerinde 5 yıl takip yaptıkları çalışmalarında, kemomekanik preparasyon sonrası 22 kök kanalında mikroorganizma saptamışlardır. Negatif kültür elde edilen vakalarda başarı oranını %94 bildirirken, pozitif kültür elde edilen vakalarda başarı oranını %68 olarak bildirmişlerdir⁴³.

Endodontik tedavi yapılmış bir dişte başarısızlık oluşmasının sebebi, kök kanal tedavisi sonrasında, kanal sisteminde patojen özelliği olan mikroorganizmaların çoğalması, buna bağlı olarak kendilerinin ve meydana getirdikleri yan ürünlerin periapikal dokulara ulaşarak o bölgede yeni bir lezyon oluşturması ya da mevcut lezyonun devamına yol açmasıdır. Yapılan ilk kök kanal tedavisi sonrasında kanal sistemi içerisindeki mevcut bakteri sayısı büyük oranda azalmasına rağmen, bazı bakteriler devamlılığını sürdürebilir ve mevcut ölü hücreler ile periapikal doku sıvılarından beslenmeye devam ederek varlıklarını sürdürürler⁴⁴.

Yapılan endodontik tedavi sonrası devam eden periradiküler lezyonlar, kök kanalına yerleşmiş olan dirençli mikroorganizmaların yetersiz kemomekanik preparasyon nedeniyle uzaklaştırılamadığı durumlarda *inatçı intrarakiküler enfeksiyonlar* olarak isimlendirilirler. Tedavi öncesi kök kanal sisteminde bulunmayan fakat kök kanal tedavisini takiben yapılan restorasyonun sızdırması ya da aseptik koşulların

sağlanamaması nedeniyle kanala yerleşen mikroorganizmaların olduğu durumlarda ise *sekonder intraradiküler enfeksiyonlar* olarak isimlendirilirler⁴⁵.

Kök kanal tedavisinin başarısız olduğu vakalarda, tek bir bakteri türünden bahsetmek mümkün olmamaktadır. Sekonder ya da inatçı enfeksiyona bağlı kök kanal tedavisi tekrarı vakaları ile birincil endodontik tedavi vakaları arasında mikrobiyata arasında fark mevcuttur. Birincil endodontik tedavi vakalarında, gram negatif zorunlu anaerob mikroorganizmalar baskındır. Sekonder veya inatçı enfeksiyon vakalarında ise, gram pozitif anaerob mikroorganizmalar baskındır²⁸.

Enterococcus faecalis, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, staphylococcus ve candida türleri, sekonder enfeksiyonların ayırıcı mikroorganizma türleridir⁴⁶.

Barboso ve ark., yaptıkları çalışmalarında, kök kanal tedavisi başarısız olmuş 20 apikal periodontitis vakasında, kök kanal tedavisi tekrarı aşamalarında örnek olarak PCR tekniği ile inceleme yapmışlar ve sonucunda *E. faecalis* 'in baskın bakteri türü olduğunu göstermişlerdir. İkinci dominant bakteri türü olarak da *Porphyromonas gingivalis*'i göstermişlerdir⁴⁷.

Sundqvist ve ark., 54 vaka üzerinde retreatment yaptıkları çalışmalarında, ağırlıklı olarak gram pozitif anaerob mikroorganizmaların baskın olduğunu, en çok izole edilen bakterinin ise *E.faecalis* olduğunu bildirmişlerdir².

Nekroze dişlerin florasının az bir kısmını oluşturmalarına rağmen, inatçı periapikal lezyonların etyolojisinde *E.faecalis* önemli bir rol oynar⁴⁵. *E.faecalis* bakterisine bağlı enfeksiyonun tedavisini güçleştiren en büyük etkenlerden biri de bu bakterinin dentin tübülleri içerisinde 400-1000 µm arasında ilerleyebilmesidir⁴⁸.

Waltimo ve ark., çalışmalarında, inatçı kök kanalı enfeksiyonlarının %7'sinde bakterilerin yanında ya da saf kültür olarak mantarların da varlığını bildirmişlerdir⁴⁹.

Candidalar, başarısız kök kanal tedavilerinde, birincil enfeksiyona kıyasla daha sık görülmektedirler. En sık rastlanan türü ise *C. albicans*'tır⁵⁰.

Sundqvist ve ark., birincil kök kanal tedavisinin başarısız olduğu dişlerde yaptıkları çalışmalarında, *C.albicans* 'ın %8 oranında görüldüğünü bildirmişlerdir².

Siquearia ve ark., sıgır dişlerinde yaptıkları çalışmalarında, 5 ayrı mantar türü içerisinde, dentinde kolonize olabilen ve dentin kanallarına penetrasyon özelliği tek candida türünün *C. albicans* olduğunu, dolayısı ile endodontik enfeksiyonlarda en çok görülen mantar türü olduğunu bildirmişlerdir⁵¹.

Bir veya daha fazla mikroorganizmanın bir araya gelerek oluşturduğu biofilm, kendini oluşturan hücreleri dış faktörlerin yaratabileceği etkilerden koruyan bir yapıya sahiptir⁵². Biofilm içindeki mikroorganizmalar arasındaki etkileşim, konak savunmasından kurtulmada en önemli mekanizmadır⁵⁰.

C.albicans 'ın dentine ve biofilme tutunabilmesi, çeşitli yüzeylerde biofilm oluşturabilmesi antimikrobiyal ajanlara direncini arttırmaktadır. Dentinde smear tabakasının olduğu durumlarda, farklı candida formlarının biofilm oluşturduğu bilinmektedir⁵⁰.

E. faecalis, biofilm oluşturma yeteneğine sahip bir bakteridir. Besin açısından zengin bir ortamda ürediği takdirde, sınırları belli olmayan bir biofilm oluşturduğu bilinmektedir⁵³.

2.4. Kök Kanal Tedavisini Tekrarlama Yöntemleri

Başarılı bir kök kanal tedavisi tekrarı yapılabilmesi için ilk olarak, önceki tedavide gözden kaçmış olma olasılığı olan kanalların tespitini, dişte bulunma ihtimali olan çatlak veya kırık gibi problemlerin saptanmasını kolaylaştırmak için, mevcut olan kuronal restorasyon uzaklaştırılmalıdır. Bir yandan da var olan restorasyon klinik ve radyografik olarak yeterli bir görüntü veriyorsa, bu restorasyonun korunması tedavi sırasında asepsinin sağlanması, rubber-dam uygulamasını kolaylaştırması ve seans aralarında dişe destek olması açısından uzaklaştırılmayabilir. İkinci aşama olarak da ise kök kanalları içerisinde bulunan dolgu maddeleri uzaklaştırılmalıdır^{44,54}.

Kanal patları ile birlikte kök kanallarından en sık uzaklaştırılan dolgu materyali, kök kanal dolgusunda en kabul gören ve yaygın olarak kullanılan güta-perkadır⁵⁵. Kanal içerisinde bulunan mevcut güta-perkayı kanaldan uzaklaştırmak, yapılan tedavinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır⁵⁴. Kanal dolgusunun, kök kanallarından uzaklaştırılabilir oluşu, kullanılan dolgu maddesinin özelliğine, yoğunluğuna, uygulanan yöntem, kanalın anatomisine ve dolgunun kanal içerisindeki yoğunluğuna göre değişebilir^{20,42,55}. Bu amaçla el eğeleri, döner alet sistemleri, ısı iletimi sağlayan aletler, kimyasal çözücüler, lazerler ve ultrasonik cihazlardan faydalanılabilir^{42,56,57}.

Güta-perkanın kanaldan ideale en yakın şekilde uzaklaştırılabilmesi için farklı tekniklerin kombine bir şekilde uygulanması gerektiği düşünülmektedir^{55,58}. Tedavi planı oluşturulurken, kök kanalı içerisinde mevcut güta-perkanın kondensasyon seviyesine uygun yöntem seçimi yapılır⁵².

2.5. Güta-Perka'nın El Aletleri ile Kanaldan Uzaklaştırılması

Güta-perkanın zayıf kondanse edilmiş kabul edildiği vakalarda, dolgu materyali ile kök duvarı arasında boşluk mevcuttur. Eğenin bıçakları, zayıf kondanse edilmiş olan güta-perkanın içine saplanıp, alet geri çekilerek tek parça halinde güta-perka çıkartılmaya çalışılır. Bu geri çekme esnasında hareketi sırasında Hedström eğeler tercih edilir⁵⁵. Daha sonra kanal boyuna ulaşabilmek için, mevcut kanal dolgusunun yanından eğe ile geçilerek apikale ulaşılması hedeflenir. Bunu yapmak için ise K-file eğelerden ve reamerlardan faydalanılır. Önceki tedaviden periapikal dokuya taşmış bir güta-perka mevcut ise, onu çıkartmak için yine bu yöntemden faydalanılır. Zaman alıcı olmasına rağmen sık kullanılan yöntemlerden biridir^{55,59}.

2.6. Güta-Perka'nın Ultrasonik Yöntemler ile Kanaldan Uzaklaştırılması

Kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında piezoelektrik ultrasonik sistemlerden faydalanılır. Ultrasonik eğelerdeki enerji sayesinde oluşan ısı, güta-perkanın yumuşamasına neden olarak güta-perkayı kuronale doğru uzaklaştırır. Bu amaç için özel olarak üretilen aletler mevcuttur^{60,62}.

2.7. Güta-Perka'nın Isı Yardımıyla Kanaldan Uzaklaştırılması

Isı yardımıyla uzaklaştırma yönteminde, ısıtılmış bir plugger kullanılabileceği gibi Touch-N-Heat 5004 (Kerr Corp, Glendora, CA) ya da System-B (Analytic-Endodontics, Orange, CA) gibi güç kaynağına bağlı bir plugger sayesinde kök kanal sistemindeki güta-perka parçalar halinde ısı ile yumuşatılarak uzaklaştırılır. Eğimli ve çapın küçük olduğu kanallarda, aletin ucu yeterince ilerleyemediği için başarılı olamasa da geniş ve düz kanallarda etkili bir sistemdir. Isıtılan aletin ucu kanala sokulur ve kanal içerisinde soğutulur. Soğuyan aletin ucuna yapışan güta-perkalar aletin geri çekilmesi ile parçalar halinde gelir. Güta-perka parçaları gelmediği noktaya dek bu işlem uygulanır. Arta kalan parçalar ise el aleti ya da döner alet ile kanal sisteminden uzaklaştırılır. Isı ile kök kanal sistemi içerisinde işlem yapılırken, periodontal ligament zarar vermemek açısından kısa süreli çalışılmalı ve kanalın eğimli kısımlarında çalışılmamasına özen gösterilmelidir^{52,55,63}.

2.8. Güta-Perka'nın Ni-Ti Döner Alet Sistemleri ile Kanaldan Uzaklaştırılması

Kök kanal tedavisinde kullanılan döner aletler, nitinol diye adlandırılan nikel titanyum alaşımlardır. Kök kanal tedavisi için özel olarak tasarlanmış bu alaşımların

%56'sı nikel, %44'ü ise titanyum olacak şekildedir. Bazı alaşımlar az miktarda kobalt içermektedirler⁶⁴.

Ni-Ti döner aletler, güta-perkanın uzaklaştırılmasında, el aletlerine nazaran hekimlere uygulama kolaylığı sağlaması, eğimli anatomik yapıya sahip kök kanallarında paslanmaz çelik eğelerin yarattığı olumsuzlukları yaratmaması, kanal temizliği açısından el aletleri ile karşılaştırılabilir sonuçlar vermesi nedeniyle klinik pratiğinde tercih edilmektedir⁶⁵.

Yapılan *ex-vivo* çalışmaların sonucunda, Ni-Ti döner alet sistemlerinin güta-perkaların kanaldan uzaklaştırılmasında etkili oldukları, tedavi süresini kısalttıkları ve kullanımlarının güvenli olduğu bildirilmiştir^{22,28,30}.

Ni-Ti enstrümanlar bükülme ve torsiyon kuvvetlerine karşı daha yüksek elastik kabiliyet gösterirler. Aynı zamanda kırılmaya karşı daha büyük bir dirence sahiptirler. K-file el eğelerine kıyasla kanalın merkezinde kalma konusunda daha başarılıdır^{69,70}.

İlk etapta Ni-Ti sistemlerin kök kanalı şekillendirilmesi için üretilmiş olan sistemleri kök kanal tedavisi tekrarı sırasında kullanılmış olsa da daha sonra ihtiyaca yönelik olarak bu tedaviye özel olarak üretilen Ni-Ti sistemler klinisyenlerin kullanımı için piyasaya sunulmuştur⁶⁵.

2.8.1. Kök Kanal Tedavisi Tekrarı İçin Özel Olarak Üretilen Ni-Ti Döner Aletler

2.8.1.1. R-Endo Sistemi

Kök kanal tedavisi tekrarı için ilk üretilen Ni-Ti döner alet sistemi olma özelliği taşımaktadır. 5 kanal aletinden oluşan bir sistemdir. Sistemde standart redüksiyonlu angulduruva ve InGet angulduruvaya uygun olarak tasarlanmış aletleri mevcuttur.

- **Rm:** %4'lük taper açısına sahip, 25 numaralı paslanmaz çelik el eğesidir. Kuronaldeki dolgu maddesinin sert katmanını delip bir sonraki aletin daha rahat ilerleyebilmesini sağlamak için kullanılır. Kesici özellik gösteren bölümün uzunluğu 12 mm'dir. Kök kanalının apikaline doğru basınç uygulanarak çeyrek tur bir dönüş yapılır. Böylece sonrasında kullanılacak olan aletlerin kanalın merkezinde kalması sağlanmış olur.
- **Re:** %12'lik taper açısına sahip, 25 numaralı Ni-Ti döner alet eğesidir. Kesici özellik gösteren kısmın uzunluğu 10 mm'dir. Kanalın giriş kavitesinin duvarlarını düzeltmeye yardımcı olur. Kanal girişinde mevcut olan sarkık dentini uzaklaştırır.

Üretici firmanın önerdiği 300-400 rpm’de basınç uygulamadan, dirençle karşılaşılana dek pulpa odasının takribi 1-3 mm altına kadar, çevresel eğeleme hareketi yapılarak kullanılır.

- **R1:** %8’lik taper açısına sahip, 25 numaralı Ni-Ti döner alet eğesidir. Kesici özellik gösteren kısmın uzunluğu 10 mm’dir. İleri-geri hareketlerle kuronal 1/3’teki dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında kullanılır.
- **R2:** %6’lık taper açısına sahip, 25 numaralı Ni-Ti döner alet eğesidir. Kesici özellik gösteren kısmın uzunluğu 12 mm’dir. Kanalin orta 1/3 ‘lük kısmından, apikal 1/3’lük kısmın başlangıcına kadar olan dolgu maddesini uzaklaştırılmasında kullanılır.
- **R3:** %4’lük taper açısına sahip, 30 numaralı Ni-Ti döner alet eğesidir. Kesici özellik gösteren kısmın uzunluğu 16 mm’dir. Apikal 1/3 ‘lük kısımda olan dolgu maddesinin kanaldan uzaklaştırılması ve o bölgenin şekillendirilmesi için ileri-geri hareketlerle kullanılır.
- **Rs:** %4’lük taper açısına sahip 30 numaralı döner alet eğesidir. Kesici özellik gösteren kısmın özelliği 12 mm’dir. İsteğe bağlı olarak kullanılır^{65,71}.

2.8.1.2. Protaper Universal Retreatment Ni-Ti Sistemi(PTU-R)

Kanal dolgu maddesini sökmek için özel olarak üretilmiş olan sistemde D1-D2-D3 olmak üzere üç adet ege mevcuttur.

- **D1 egesi,** aktif uca sahip ve kanalın kuronal 1/3’lük bölümündeki dolgu maddesini uzaklaştırmada kullanılır. Uzunluğu 16 mm olan ve %9’luk taper açısına sahip 30 numaralı egedir. Sap kısmında beyaz bir halka bulunmaktadır.
- **D2 egesi,** kanalın orta bölümündeki dolgu maddesini boşaltmak için kullanılır. Uzunluğu 18 mm olan ve %8’lik taper açısına sahip 25 numaralı egedir. Sap kısmında beyaz iki adet halka bulunmaktadır.
- **D3 egesi,** apikal 1/3’lük kısımda kalan dolgu maddesini uzaklaştırmada kullanılır. Uzunluğu 22 mm olan ve %7’lik taper açısına sahip 20 numaralı egedir. Sap kısmında üç adet beyaz halka bulunmaktadır^{71,72}.

2.8.1.3. Mtwo-R Ni-Ti Sistemi

Kanal dolgu maddesini sökmek için 2 adet kanal aletinden oluşan sistemdir. Bu sistemde kanal aletlerinin kesiti “S” şeklindedir. Bu sayede aşırı keskin bıçaklara sahiptir. Kanal duvarlarına minimum temas sağlanarak güvenilir ve hızlı bir preparasyon sağlanır

aynı zamanda debrisin dışarıya çıkabilmesi için yeterli boşluk sağlanmış olur. Dar kanallarda kullanılmak üzere 15 numara ve geniş kanallarda kullanılmak üzere 25 numara, %5'lik taper açısına sahip ve uzunluğu 21 mm boy uzunluğuna sahip aletlerdir^{65,71,72}.

2.8.1.4. D-Race Sistemi

DR1 ve DR2 olmak üzere iki ege sisteminden oluşur.

- **DR1**, %10 taper açısına sahip 30 numaralı döner alet egesidir. 15 mm uzunluğuna sahip olup aktif ucu 8 mm'dir. Kural 1/3'teki kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında kullanılır.
- **DR2**, %4 taper açısına sahip 25 numaralı döner alet egesidir. 25 mm uzunluğunda ve pasif uçludur. Orta ve apikal 1/3 'teki kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında kullanılır^{65,71,72}.

2.9. Güta-Perka'nın Kimyasal Yöntemlerle Kanaldan Uzaklaştırılması

Güta-perkanın kök kanal sisteminden uzaklaştırılması esnasında perforasyon, fraktür veya transportasyon gibi komplikasyonlar oluşabilmektedir. Bu amaçla mekanik yöntemlerle kombine olarak kimyasal çözücülerin kullanılması güta-perkayı yumuşatır böylece transportasyon, perforasyon, kanal içerisinde alet kırılma riski gibi komplikasyonların önüne geçilebilir, dişin dentin yapısında oluşabilecek hasarlar engellenebilir. Aynı zamanda güta-perkanın yumuşamasına bağlı olarak işlemler hızlanır ve eğimli kök kanallarında da daha rahat çalışılabilir^{39,41}.

İdeal bir güta-perka çözücüsü, hızlı bir şekilde etki gösterip güta-perkayı yumuşatabilmeli ya da çözebilmeli, ideal bir biyouyumluluk göstermelidir. Bu amaçla ksilen, kloroform, ökaliptol, halotan, metil kloroform, turpentin, portakal yağı gibi çeşitli maddeler kullanılmaktadır^{55,75}.

Dotto ve ark., 33 tanesi *in-vitro*, 3 tanesi *in-vivo* olmak üzere 36 tane yayını inceledikleri literatür taramasında, solvent kullanımının kök kanallarından güta-perka uzaklaştırma konusunda kullanımının anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir⁷⁶.

2.9.1. Güta-Perkanın Kanaldan Uzaklaştırılmasında Kullanılan Çözücüler

- **Kloroform**

Oldukça etkili, hızlı etki eden, sıklıkla tercih edilen kimyasal bir güta-perka çözücüsüdür. Bütün çözücüler gibi toksik etki gösterir ve periapikal dokulara taşırıldığı zaman zararlı etkisi vardır. Ülkemizde de kimyasal üretici firmalar tarafından üretildiği için temin edilmesi kolaydır. Çabuk buharlaşma özelliği gösterir. Uzun süreli ve yüksek miktardaki kullanımı karsinogenik etki yaratacağı için çeşitli sağlık uluslararası kuruluşları tarafından onaylanmamıştır. Bu sebeple bazı ülkelerde kullanımı uygun değildir. U.S. Food and Drug Administration (FDA) tarafından kloroformun 2B grubunda karsinogen olduğu bildirilmiş ve 1976 yılında ilaç ve kozmetik sanayisinde kullanımı yasaklanmıştır. Diş hekimliğinde kullanımına yönelik herhangi bir kısıtlayıcı yasak yoktur⁷⁷.

Karsinogenik etkisi olması haricinde bir diğer dezavantajı, kloroformun güta-perkayı yumuşattıktan sonra, kanal yüzeyinde ince bir tabaka halinde yumuşamış güta-perka filmi bırakmasıdır. Periapikal dokulara zararlı olması nedeniyle uygulama esnasında apikalden taşırılmamasına dikkat edilmeli, pulpa odasının tamamı doldurulmadan sadece kanal girişlerine enjektör ucundan damla şeklinde kullanılmalıdır^{66,78,77}.

- **Metil kloroform**

Güta-perkanın çözülmesinde kloforma en yakın seçenek olarak gösterilir. Kloforma göre daha az toksik özellik gösterir, yanıcı ve karsinogen özelliği bulunmaz⁷⁸. Wennberg ve Orstavik'in yaptıkları çalışmada çözücü etkisinin kloforma göre daha az, ksilen ve ökaliptole göre ise daha fazla olduğu ve kloroforma iyi bir alternatif olduğu bildirilmiştir⁷⁹.

- **Benzen**

Etkili bir kimyasal çözücü olarak kabul edilmesine rağmen oldukça yanıcı bir özelliğe sahiptir. Deneysel olarak karsinogenik özellik gösterir. Sürekli olarak küçük dozlarda maruz kalınmasına bağlı olarak ölümcül hasara yol açabilen hematolojik bozukluklara neden olduğu bildirilmektedir^{80,81}.

- **Ksilen/ksilol**

Yüksek düzeyde toksisitesi olan ve karsinojenik olduğu bilinen göre daha yavaş buharlaşan kimyasal çözücüdür^{79,80}.

- **Halotan**

Yanıcı etkisi olmayan uçucu anesteziik maddedir. Solunumu baskılayıcı özelliği vardır. Düşük toksisiteye sahip olduğu ileri sürülmesine rağmen yapılan araştırmalarda fare fibroblastları üzerinde kloform ile aynı düzeyde toksisiteye neden olduğu bildirilmiştir. Güncel materyal olarak kullanımı uygun gösterilse de etkinliği kloforma kıyasla daha azdır^{68,82}.

- **Ökalyptol**

Okalyptus yağından elde edilir. Kimyasal formülü “1,8-cineole”dir. Kloforma kıyasla iritatan etkiye sahiptir. Antibakteriyel özelliğe sahiptir. Çözücü etkisi kloforma kıyasla daha zayıftır. Isıtılması ile etkinliği artırılabilir. Yutulduğu takdirde toksik etki gösterir⁷⁸.

- **Portakal Yağı**

Tıbbi ürünlerin içerisine aroma ve güzel bir koku vermesi amacıyla katıldığı bilinen, alkolde çözünebilen bir esansiyel yağ asididir. Aynı zamanda balgam söktürücü etkisi vardır. Kloroforma alternatif olarak etkisi araştırılmaktadır. Sitotoksitesinin kloroforma göre daha az olduğu, kloroform kadar olmasa da güta-perka üzerinde çözücü etkisi olduğu bildirilmiştir⁸³. Wourms ve ark., 31 ayrı maddenin güta-perka üzerindeki çözünürlüğünü karşılaştırdıkları çalışmalarında, portakal yağının 37 °C’de güta-perkayı çözebildiğini ancak kloroform kadar etkili olmadığını belirtmişlerdir⁸¹.

- **Turpentin**

Çam ağacının özünden elde edilen organik bir çözücüdür⁸⁴. Kaplowitz'in yaptığı çalışmasında, 37°C'de güta-perkayı 15 dakika süresinde tamamen çözebildiği bildirilmiştir⁸⁵.

- **EndoSolv-R ve EndoSolv-E (Endoco, Memphis, TN)**

Sert olan kanal patını yumuşatmada kullanılırlar. R harfi rezin esaslı kanal patları için, E harfi ise öjenol esaslı kanal patlarını belirtmek içindir⁷⁸.

2.10. Dentinin Yapısı

Dentin, dişin esas hacmini oluşturan, mine ve pulpa yapıları arasında bulunan, avasküler ve demineralize bir bağ dokusudur. Mine dokusuna göre daha elastik bir özellik göstermektedir. Bu özelliği sayesinde altında bulunduğu mine dokusuna destek olur ve kırılmaya karşı direnç gösterir.

Olgunlaşmış dentinin kimyasal yapısına bakıldığında zaman %70 inorganik, %20 organik materyal ve %10 sudan oluştuğu görülmektedir. İnorganik komponenti esas olarak hidroksiapatit kristallerinden, organik komponenti ise tip-1 kollajen fibrilleri, fosfoproteinler ve çeşitli plazma proteinlerinden oluşmaktadır. İçerisinde bulunan minerallerin %56'sı ise kollajen içinde bulunmaktadır. İnorganik mineral kısmın dentin dokusuna kuvvet verdiği, organik kollajen kısmın ise sertlik verdiği düşünülmektedir. Yapısı itibarı ile kemik dokusuna göre biraz daha sert, ancak mine dokusuna göre daha yumuşak ve elastiktir. Yapılar arasındaki mineralizasyon farkı sayesinde radyografik görüntülerde dokular ayırt edilebilmektedirler^{86,87}.

2.11. Dentin Yapısında Görülen Defektler

Dişlerde görülen defektler çatlak çizgileri (craze lines), çatlaklar (tamamlanmış/tamamlanmamış) ve kırık olarak üç ana kategoride sınıflandırılırlar.

Çatlak çizgileri; dentin yüzeyine ulaşmayan, sadece mine seviyesinde sınırlanmış olan mikro çatlaklardır. Travmaya bağlı veya kendiliğinden oluşabilmektedirler. Genellikle yetişkin bireylerin posterior dişlerinde seyredilmektedir. Çoğunlukla klinik olarak semptomsuz olarak seyredilirler. Estetik olarak herhangi bir şikayet ortaya çıkarmadıkları sürece tedavi gerektirmezler⁸⁸.

Çatlak; çatlak çizgilerinin daha derine ilerleyerek dentin yapısını da içine alması ile oluşan kırık durumudur. Genellikle bu çizgiler mezial kenardan distale doğru uzanır

ve marjinal kenarı da içerisine alır. Boyama veya transilüminasyon ile teşhis edilebilirler. Çoğunlukla klinik olarak semptomsuz ilerlerken bazı vakalarda şiddetli ağrı duyusu oluşturabilirler. Çatlak barındıran dişler uzun süre bu şekilde ağız içinde varlığını sürdürebileceği gibi oklüzal erken kontakt gibi uyaranlara bağlı olarak dişin kırılmasına yol açabilirler. Kırığın konumu ve boyutu ise dişin tedavi edilebilirliğini etkiler⁸⁸.

Kırık diş; var olan kırık hattının dişin bir yüzeyinden öteki yüzeyine ilerlemesine bağlı dişin ikiye ayrılması ile sonuçlanan klinik durumdur. Kırık hattının fazla oblik olduğu koşullarda küçük olan kırık parça dişten uzaklaştırılabilir ve diş restore edilebilmektedir. Kırık hattı kemi seviyesine yaklaştığı veya pulpa odasını da içerisine aldığı durumda dişin prognozu başarılı olamayacak ve diş restore edilemeyecektir⁸⁸.

Kök kanal dentinindeki tamamlanmış veya tamamlanmamış dentin çatlakları; vertikal kök kırığına yol açabilir ve buna bağlı olarak diş kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle, endodontik tedavi esnasında kullanılan medikamentler, kullanılan yıkama solüsyonları ve materyallerin dentin yapısının fiziksel özelliklerine etkilerinin belirlenmesi ve tedavi planının ona göre yapılması önem taşımaktadır^{89,90}.

2.11.1. Kök Kanal Tedavisinde Mekanik Preparasyonun Dentin Dokusu Üzerine Etkileri

Dentinin elastik modülü ve kırılma dayanımı; dişin gelişimini tamamlamamış olmasına veya dişteki harabiyet nedeniyle oluşan sert doku kaybına bağlı olarak değişir. Vital pulpa dokusunun kaybına bağlı meydana gelen dehidrasyon dişin dayanımını etkiler. Vital pulpada %90'dan fazla su bulunmaktadır. Dentin tübüllerinde serbest bulunan su ve vital pulpa, dentinin viskoelastikliyini artırır. Suyun dentin tübüllerindeki hareketi ile gelen kuvvetlerin absorbe edilmesini sağlar. Bir anlamda pulpa dokusunda bulunan su, kırık oluşumundan önce bariyer görevini üstlenir. Bu da suyunu kaybetmemiş hidrate dentinde daha az çatlak oluşmasını ve oluşan çatlağın ilerleme hızının daha yavaş olmasını sağlar^{87,91,92}.

Reeh ve ark., yaptıkları çalışmada endodontik tedavi prosedürlerinin dentinin sertliğini sadece %5 oranında azalttığını, ancak oklüzal kavite preparasyonunun dentin sertliğine etkisinin %20 olduğunu, MOD kavitelerde ise bu oranın %63'e çıktığı bildirilmiştir⁹³.

Kanal tedavisinde enstrümantasyonun amacı; mikroorganizmaların, debrisin kanal uzaklaştırılması ve kanal çapı ve formunun hermetik bir dolum yapılması için uygun hale getirilmesidir. Bu prosedür dentin yapısına çatlak veya kırık oluşturarak zarar

verebilmektedir. Kök kırıklarına neden olan majör iki faktör olduğu bilinmektedir. Bunlardan birincisi köke uygulanan kuvvetler ikincisi ise dişin karakteristik özellikleri olarak gösterilir^{36,94}.

Endodontik tedavi görmüş bir dişin sonrasında kalan diş dokusu miktarı kritik önem taşır. Giriş kavitesi hazırlanırken pulpa tavanının kaldırılması buna bağlı diş dokusunun bütünlüğünün bozulması dişin oklüzal kuvvetler karşısında daha fazla esnemesine yol açar. Kök kanal preparasyonu yapılırken kullanılan Ni-Ti enstrümanlar dentine ve kök duvarına zarar verebilmektedir. Ancak kök kanal preparasyonunun aşırı genişletmeden kaçınıldığı müddetçe dişin sağlamlığını sadece %5 oranında azalttığı görülmüştür. Özellikle enfekte olan dişlerin tedavisinde, kaldırılan dentin miktarı ile oklüzal kuvvetlere dayanabilecek yeterli miktardaki dentin kalınlığı arasında denge olması gerektiği bildirilmiştir^{93,56,95}.

Kök kanal preparasyonu sırasında gereksiz miktarda uzaklaştırılan dentin, diş dokusunu zayıflatmakta ve kök kırığına yol açmaktadır⁹⁴.

2.11.2. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan İrrigasyon Ajanlarının Dentin Yapısına Etkisi

Kök kanal tedavisinde başarıya ulaşmak için en önemli faktörlerden birinin mikroorganizmaların, yan ürünlerinin ve debrisin uzaklaştırılması olduğu bilinmektedir. Bu amaçla yapılan mekanik preparasyon yetersiz kalmakta ve kimyasal solüsyonlar ile irrigasyon ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu irrigasyon solüsyonları kanal içindeki mikroorganizmaları yok etmenin yanı sıra, preparasyon esnasında meydana gelen smear tabakasının da duvarlardan uzaklaştırılmasını bu sayede dentin tübüllerinin açılıp kanal dolgu maddesinin daha iyi penetre olmasını sağlarlar. Fakat bu amaçla kullanılan solüsyonların dentinin mineral yapısında ve organik içeriğinde yapısında çeşitli düzensizliklere yol açmaktadır⁹⁶.

Sodyum hipoklorit (NaOCl), organik doku çözücü etkisi sayesinde kök kanal tedavisinde pulpa dokusunu, bakterileri ve onlara bağlı ürünleri uzaklaştırmak amacı ile en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur⁹⁷. %0,5–5,25 aralığında çeşitli konsantrasyonlarda piyasada kullanımına uygun olarak bulunmaktadır. Terapötik etkisini arttırmak ve kullanım süresini kısaltmak amacıyla yüksek yoğunluğa sahip olan formları tercih edilmeye başlanılmıştır.

Pascon ve ark., yaptıkları literatür taramasında yüksek konsantrasyonlardaki NaOCl kullanımının dentinin pürüzlülüğünü, elastik modülünü, sertliğini, kırılmaya ve esnemeye olan direncini etkilediği böylece kırık oluşumunu etkilediğini göstermektedir⁹⁸.

NaOCl, smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırmada ve yüksek yüzey gerilimi yüzünden dentin tübüllerinde bulunan bakterilere yeterince etki edememektedir. Bu amaçla etilendiamin tetraasetik asit (EDTA), sitrik asit, laktik asit, poliakrilik asit gibi ilave bir solüsyona ihtiyaç duyulmaktadır⁹⁹.

EDTA, şekillendirme sırasında kanal duvarında biriken smear tabakasını ve inorganik artıkları uzaklaştırmak için kullanılan irrigasyon solüsyonudur⁵². Kanal içerisinde uzun süreli kullanımı dentin yapısını erozyona uğratar. Bu sebeple uzun süreli kullanımından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir¹⁰⁰.

Çalt ve Serper, yaptıkları çalışmalarında EDTA'nın 10 dakika süresince kanal içerisinde kullanımının peritübüler ve intertübüler dentini erozyona uğrattığını belirtmişlerdir¹⁰¹.

Uzunoğlu ve ark., yaptıkları çalışmalarında farklı konsantrasyon ve sürelerde kullandıkları EDTA solüsyonunun dişin kırık direncini etkilediğini belirtmişlerdir¹⁰².

2.11.3. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan Dolgu Yönteminin Dentin Yapısına Etkisi

Kök kanal dolgusunda en sık başvurulanan yöntem kanal patı ile güta-perkanın beraber kullanılan soğuk lateral kondensasyondur. Günümüzde en çok kabul gören yöntem olmasına rağmen boşluk kalması, uygulanan spreader kuvvetine bağlı olarak kırık oluşması ve kanal duvarlarına güta-perkanın yeterince penetre olmaması gibi dezavantajları mevcuttur. Lateral kondensasyon tekniğinde apikal bölgede dentin yüzeyine kuvvet gelebilir bu da dentin yapısında hasara ve buna bağlı olarak kök kırığına yol açabilmektedir. Güta-perkanın lateral kondensasyonu, vertikal kök kırığının etyolojik faktörlerinden biri olarak gösterilmektedir¹⁰³.

Wilcox ve ark., yaptıkları çalışmalarında lateral kondensasyon esnasında köke uygulanan kuvvetlerin meydana getirdiği defekt ve mikro çatlakların kökte vertikal kök kırığına dönüşme potansiyeli mevcut olduğunu bildirmişlerdir⁹⁴.

Shemesh ve ark. yaptıkları çalışmalarında lateral kondensasyon tekniği ile doldurdukları kök kanallarında görülen defekt sayısının, lateral kondensasyon uygulanmayanlara göre çok daha fazla olduğunu belirtmişlerdir¹⁰⁴.

2.12. Kök Kanal Tedavisi Sonrası Dentin Yapısında Oluşan Değişimleri İnceleme Yöntemleri

Kök kanalından gereksiz miktarda dentin kaldırılması, uzun dönemde dişte vertikal kırık gelişimine sebep olabilmekte ve buna bağlı diş kayıpları yaşanabilmektedir. Bu sebeple bu alanda yapılacak olan çalışmalar dişlerin uzun dönem prognozu için önem taşımaktadır¹⁰⁵.

Kök kanallarının şekillendirilmesi sonrası meydana gelen değişiklikleri değerlendirirken ele alınan kriterler kök kanal tedavisi tekrarı sonrasında kanal dentinindeki değişiklikler, kök kanalında artık kalan dolgu materyali miktarı, kanalda meydana gelen transportasyon, kaldırılan dentin miktarını ve dentin çatlağı gelişimidir¹⁰⁶.

Farklı endodontik prosedürlerin dentin yapısındaki çatlak oluşumu üzerindeki etkilerini değerlendirmek için çok sayıda metodolojik yaklaşım kullanılmıştır¹⁰⁷.

Yapılan çalışmalarda dentinde gelişen çatlakları incelemek ve ilerleyişini karşılaştırmak için elektronik ve optik sistemlerin beraber kullanılmasıyla yüksek büyütme oranlarında üzerinde analiz yapılabilen görüntülerin elde edilebildiği cihazlar kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan başlıca görüntüleme yöntemleri olarak Stereomikroskop, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM), Transillüminasyon ve Micro-CT sayılabilir.

2.12.1. Stereomikroskop

Yapılan çalışmalarda, incelenen örnekler, deneylerin tamamlanması sonrasında belirlenen kesitlerde, dentin yapısına zarar vermemek ve ortaya minimal ısı açığa çıkarmak adına su soğutması altında düşük hızda ince bir elmas bir testere yardımıyla horizontal doğruda kesilir ve elde edilen kesitler stereomikroskop altında incelenir. Stereomikroskoplar, sabit bir dürbün mantığı ile çalışıp 3 boyutlu görüntü elde etmemizi sağlayan mikroskop türüdür. Düşük büyütmeyle derinlikli görüntü elde edip, gözle görülen cisimlerin yüzeylerini incelemek için kullanılır. Kullanılan mikroskoba bağlı olarak istenilen büyütmede görüntüler alınarak bilgisayar ortamında analiz edilebilir^{73,108}.

Kesit alma işlemi esnasında kurondan apikale doğru, kanal duvarındaki debrisin incebilmesi, işlemin tekrarlanabilir olmaması ve madde kaybına yol açması gibi dezavantajları vardır. Özellikle çatlak inceleyen çalışmalarda, bu tekniğin bir örnekten belirli aralıklarla belirli sayıda kesit alınabilir olması, kök boyunca mevcut olan bazı çatlakların gözden kaçmasına sebebiyet verebilir¹⁰⁹.

2.12.2. Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM)

SEM, numunenin yüzeyinin odaklanmış bir elektron demetiyle taranması sonucu görüntü elde edilen bir mikroskop türüdür. Elektronlar, numunenin üzerindeki atomlarla etkileşerek numunenin yüzey topografisi ve kompozisyonu hakkında bilgi içeren sinyaller üretir. Çoğunlukla apikal rezeksiyon ve çatlak ilişkisini inceleyen çalışmalarda, apikal bölgedeki çatlak varlığını tespit etmede kullanılan bir yöntemdir¹⁰⁹.

Taranacak olan örneklerden yatak ve dikey yönde kesitler alınır ve daha sonra örnekler vakum yardımı ile kurutulur. Kurutulan örnekler yapı ve kalınlıklarına göre farklı sürelerde altın-palladyum ile kaplanır ve incelenir. SEM ile yapılan incelemelerde kanal duvarlarında kalan artık dolgu maddesi detaylı olarak belirlenebilir. Bunun yanı sıra smear tabakası ve dentin tübülllerinde kalan kanal dolgusu da belirlenebilir⁸³.

Örnekler SEM prosedürleri için hazırlandığı esnada uygulanan dehidrasyon ve kurutma prosedürleri sert dokularda artefakta neden olabilmektedir. Yine bu yöntemin tekrarlanılabilir olmaması gibi dezavantajları mevcuttur¹⁰⁹.

2.12.3. Transmisyon Elektron Mikroskobu(TEM)

TEM, odaklanmış yüksek enerjili bir elektron demeti ile yüksek büyütme ve yüksek çözünürlük ile, örnekleri mikro yapısal olarak incelememize izin verir. Görüntüler, elektron ışını altında ışınlanarak elde edildiği için, ön hazırlık olarak, örneklerden kesit alınması sırasında hatalı sonuçlar görülebilir. Bu inceleme yönteminde, hatalı pozitif mikro çatlak görülme ihtimali daha azdır. TEM ile yapılan dentin çatlağı araştırması sayısı, SEM'e oranla daha azdır.

2.12.4. Transillüminasyon

Vücudun bir alanından ya da organdan geçen ışığın yansıması ile anormalliklerin tespitinde kullanılır. Dentin yüzeyinde çatlak oluşum incelenirken, dişte mevcut olan kırık hattının üzerinde açık ve koyu olarak oluşan alanlardır. Klinik muayene esnasında transillüminatör haricinde kompozit ışın cihazları, fiberoptik el aletleri ve operasyon mikroskobu kullanılabilir. Ancak bu cihazların kullanımı gözde hasar meydana getirebileceği için tavsiye edilmemektedir.

Clark ve ark.¹¹⁰, bu yöntemin dentinde çatlak oluşumunu incelemeye bu yöntemin kullanılabilirliğini belirtirken, Wilcox ve ark.⁹⁴, bu yöntemde çizgisel çatlakları tespit

etmenin mümkün olabileceğini ancak, büyütme olmadığı için hatalı sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir.

2.12.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (μ BT, Micro-CT)

Geleneksel radyografilerde, x-ışını incelenen nesnenin içerisinden geçer ve iletilen enerji iki boyutlu görüntü olarak elde edilir. Örneğin farklı yönlerden çok sayıda görüntüsü alınırsa bilgisayar algoritmaları kullanılarak üç boyutlu bir yapı bilgisi elde edilebilir. Bu şekilde elde edilen görüntüye tomografik rekonstrüksiyon ismi verilir. Klinik BT tarayıcılarda 1mm^3 hacimli voksellerden oluşan görüntüler üretilir; mikro bilgisayarlı tomografi cihazlarında ise 5-50 μm aralığında voksel üreten x-ışınları kullanılmaktadır. Bu sayede uzaysal çözünürlük daha iyidir¹⁰⁹.

Micro-CT cihazında örnek, sabit x-ışını kaynağı ve x-ışını görüntüleme dizisi içeren bir sistem içerisinde kendi vertikal eksenini etrafında döndürülerek taranır. Görüntüleme sürecinde örneğe herhangi bir zarar gelmediği için örnek defalarca incelenebilir, tarama sonrası ilave işlemler uygulanabilir. Elde edilen datalar üç veya iki boyutlu olarak bilgisayar sisteminde kaydedilebilir. Tıbbi bilgisayarlı tomografi cihazının aksine, micro-CT cihazında x-ışını ve dedektörün sabit durması vibrasyonun azalmasına ve bu sayede çözünürlüğün artmasını sağlar. Objeyi, ışın kaynağının daha yakınına yerleştirerek çözünürlüğü arttıracak şekilde nesnenin ilk büyütmesini artırma şansı mevcuttur. Bu şekilde küçük detayları daha net görebilme şansı olur¹¹¹.

2.13. Bilgisayarlı Tomografi ve Micro-CT Sistemlerinin *in-vitro* Görüntüleme Sistemlerine Göre Avantajları

Geleneksel optik ya da elektron mikroskobu ile bir örneğin yüzeyinden veya elde edilmiş ince kesitlerinden elde edilen iki boyutlu görüntüler, üç boyutlu yapı modellerine dönüştürülebilme olanağına sahiptirler fakat genellikle örneğin orijinal yapısı hakkında doğru bir sonuç çıkartılmasına faydalı olmamaktadırlar. Bu sebeple bu yöntem uğraştırıcı ve kullanışsız olmakla beraber kesitler arası uzaklık bilgilerinin kaybolmasına bağlı olarak güvenilir bulunmamaktadır.

Son yıllarda micro-CT, endodontik araştırmalar için gelecek vadetmektedir. Bu görüntüleme yöntemi kullanılarak hacim, yüzey alanı gibi parametreler ve yapı model indeksi sayesinde kanalın kalınlığı ve şekli gibi parametreler ölçülebilmektedir. İncelenen numuneleri tahrip etmemesi sebebi ile hem iki boyutlu hem de üç boyutlu ölçümlere izin

vermesinden dolayı diğer inceleme yöntemlerine karşı daha üstündür. Ancak micro-CT kullanımı esnasında model oluşturulması esnasında çok vakit gerekmesi, görüntüleme yönteminin pahalı olması, bu konuda yapılan çalışmalarda örnek sayısının az olması ise dezavantaj olarak gösterilebilir^{111,112}.

2.14. Endodonti Pratiğinde Micro-CT

Bilgisayarlı tomografi ile yapılan diş tedavilerinin değerlendirilmesi, makul bir bilgi elde edilebilmesine katkı sağlar. Bu sayede çeşitli hastalıkların tanısında, tedavi sürecinde ve prognozu boyunca fayda sağlanmış olur. Teknolojinin ilerlemesiyle beraber konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin geliştirilmesi, diş hekimliği ve farklı araştırma alanlarında fayda sağlamıştır. Görüntüleme sistemlerinden endodontik anlamda, tedavide öncesi, tedavi esnasında ve sonrasında takip amacıyla rutin olarak yararlanılmaktadır. Konvansiyonel radyografiler üç boyutlu bir yapıyı iki boyutlu olarak görebilmemizi sağlamakla beraber çoğu zaman yetersiz kalabilmekte ve yorumlama hatalarına yol açabilmektedir. Görüntülerin doğru yorumlanması, periapikal radyografide tespit edilemeyen anormalliklerin fark edilmesini sağlayabilir ve bu sayede daha öngörülebilir bir planlama ve tedavi geliştirilebilir^{113,114}.

2.14.1. Micro-CT ile Kök Kanal Preparasyonunun Değerlendirilmesi

Mekanik preparasyon sonrası oluşan kanal transportasyonu miktarı micro-CT taramaları sonucunda elde edilen iki boyutlu görüntülerin üzerinde öncesi ve sonrası dentin kalınlıklarının ölçülmesi ile bulunabilir. Aynı şekilde dentinde meydana gelen defektleri de micro-CT ile tespit etmek mümkündür. Kesit alma yöntemi ile yapılan çalışmalarda, mekanik preparasyondan sonra dentinde mikro çatlak oluşumu yüksek oranda gözlenirken, micro-CT ile yapılan çalışmalarda mekanik preparasyon ve dentin yapısında çatlak oluşumu arasında ilişki olmadığı tespit edilmiştir^{115,116}.

2.14.2. Micro-CT ile Kök Kanal Dolgusunun Değerlendirilmesi

İdeal kanal dolgusu, hermetik bir şekilde kanalın tamamını doldurmalı, kanal duvarlarına iyi bir adaptasyon göstermelidir. Kök kanal dolgusunun kalitesi mikroskop ile dişin enine kesitleri incelenerek değerlendirilebilir ancak bu esnada kökten kesit alınması sebebiyle dişte mekanik hasar oluşturulur ve alınabilecek kesit sayısı sınırlıdır. Micro-CT ile inceleme yapıldığında ise köke fiziksel herhangi bir zarar verilmez ve bu

sayede istenilen sayıda üç boyutlu rekonstrikte edilmiş sanal kesitler elde edilebilir. Micro-CT, kanal dolgusunun herhangi bir seviyedeki enine kesit görüntüsünün incelenmesine olanak sağlayarak o bölgedeki gütta-perka, kanal patı ve kalan boşluğun hacmini hesaplayabilmemizi, isthmus alanlarının ve dallanmalarının dolup dolmadığını görmemize imkan sağlar^{117,118,119}.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Örneklerin üç boyutlu olarak micro-CT ile taranması işlemi ise İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Bu çalışma için İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 26/09/2019 tarihli ve 91 sayılı toplantıda, 2018/69-Rev/2 dosya numarası ile etik kurul onayı alınmıştır.

Çalışmamızda çekim nedenleri bilinmeyen İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'ndan temin edilen, çekim nedenleri bilinmeyen 20 adet orta derecede ($10-20^\circ$) eğime sahip alt insan büyük azı dişi kullanılmıştır. Dişlerin üzerinde bulunan doku artıkları bistüri ve periodontal küret yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra dişler timol kristali içeren distile su içerisinde $+4^\circ\text{C}$ 'deki buzdolabında muhafaza edilmiştir. Kanal anatomilerini ve eğim derecelerini belirlemek amacıyla dişlerden bukkal-lingual ve mezio-distal yönlerden dijital radyografiler alınmıştır. (Kodak 2100 Rvg, Rochester, NY, USA). Alınan bukkal-lingual yöndeki radyografiler üzerinde, ImageJ Software (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) programı yardımıyla Schneider tekniğine göre, kök eğimleri saptanmıştır. Bu verilerin ışığında örnek dişleri çalışmaya dahil etme kriterleri şu şekilde belirlenmiştir.

3.1. Örneklerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmaya dahil edilecek olan dişler öncelikle görsel ve radyografik olarak değerlendirilmiştir. Uygunluğu belirlenen dişler son olarak micro-CT ile değerlendirilmiştir. Buna göre değerlendirme kriterlerimiz şunlardır;

3.1.1. Radyografik Değerlendirme

1. Kök eğimlerinin orta derece eğimli ($10-20^\circ$ arası) olmasına
2. Dişlere önceden herhangi bir endodontik tedavi veya girişimi olmamasına
3. Dişlerde herhangi bir anatomik anomali bulunmamasına
4. Kök eğiminin tek yönlü olmasına
5. Kalsifikasyon, iç, dış rezorbsiyon olmamasına
6. Kök gelişimlerinin tamamlanmış olmasına
7. Mezial kökte iki ayrı foramende sonlanan iki ayrı kanal (Vertucci Tip IV) bulunmasına dikkat edilmiştir.

3.1.2. Görsel Değerlendirme

1. Kök yüzeyinde herhangi bir defekt görülmemesine
2. Kök yüzeyinde çürük bulunmamasına
3. Apikal bütünlüğün bozulmamış olmasına

3.1.3. Üç Boyutlu Değerlendirme

Radyografik inceleme kriterlerine uygun olduğu belirlenen örnekler micro-CT ile CTAn (v.1.13, Bruker-microCT) yazılımı kullanılarak incelenmiş ve bu inceleme sonucunda herhangi bir mikro çatlağın bulunmadığı örnekler çalışmaya dahil edilmiştir.

3.2. Örnek Dişlerin Çalışma için Hazırlanması

Belirlenen kritere göre seçilen dişlerin distal kökleri, aeratör ucuna takılı elmas alev uçlu frez (Maillefer, SA CH-1338, Ballaigues, Switzerland) yardımı ile su soğutması altında uzaklaştırılmıştır.

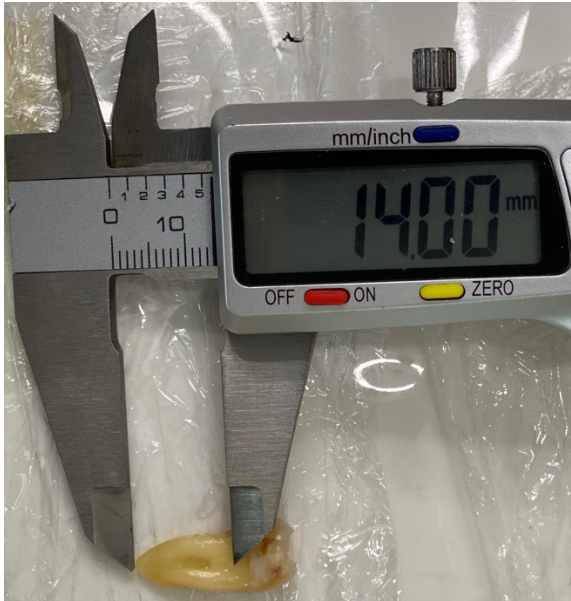


Şekil 3-1: Seçilen örneklerin belirlenmesi



Şekil 3-2: Seçilen örneklerin distal köklerinin uzaklaştırılması

Kumpas yardımıyla ölçüm yapılarak köklerin foramen apikalden itibaren 14 mm'lik kısmına işaret konulmuştur.



Şekil 3-3: Örneklerin kumpas yardımıyla belirli uzunlukta standardize edilmesi

Kalan parçanın kök kısmı periodontal ligament dokusuna benzerlik sağlayabilmek amacıyla eritilmiş pembe mumla batırılmıştır.



Şekil 3-4: Köklerin pembe eriyik muma batırılması

Daha sonra, kökler işaretlenen noktaya kadar 1cm çapında içine şeffaf soğuk akrilik doldurulmuş silindirik bloklar içine dik olacak bir şekilde yerleştirilmiştir ve akrilik polimerizasyonu tamamlanana kadar o şekilde sabitlenmiştir.



Şekil 3-5: Örneklerin akrilik bloklara gömülmesi

Polimerizasyonun tamamlanmasından sonra kökler kuron kısmından tutularak blok içerisinden çıkartılmıştır. Eriyik mum artıkları sıcak suda yumuşatıldıktan sonra gazlı bez yardımı ile uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3-6: Akrilik bloklara gömülen köklerin bloklardan çıkarılması ve mumun uzaklaştırılması sonrası

Akrilik blok içerisinde kalan kök boşluğuna akıcı 2.ölçü silikonu materyali (Impregum Garant Soft, 3M ESPE, Seefeld, Germany) yerleştirilmiş ve daha sonra kök içinde ölçü maddesi bulunan boşluğa yerleştirilmiştir.



Şekil 3-7: Köklerin 2. ölçü materyaline gömülmesi

Ölçü maddesinin taşan kısımları uzaklaştırıldıktan sonra kuron kısmı aeratör ucuna takılı elmas alev uçlu frez (Maillefer, SA CH-1338, Ballaigues, Switzerland) yardımıyla su soğutması altında dişlerin kuronal kısmı, akrilik bloğun hizasından kökten ayrılmıştır.

3.2.1. Değerlendirme Kriterleri

Çalışmamızda solvent kullanılarak veya kullanılmadan tedavi tekrarı yapılan dişler şu kriterlere göre değerlendirilmiştir.

- Çatlak oluşup oluşmaması
- İşlem sonrası kalan dolgu artığı miktarının değerlendirilmesi
- İşlem süresi

3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan örnek dişler randomizasyon programı (www.randomizer.org) rastlantısal olarak her birinde 10'ar örnek bulunan iki gruba ayrılmıştır. Her bir grupta bulunan köklerin bukkal ya da lingual kanallarından bir tanesi kontrol bir tanesi ise deney grubu olarak kullanılmıştır. Hangisinin kontrol olarak kullanılacağı ise randomize olarak belirlenmiş, örneklerin yarısında meziobukkal yarısında ise meziolingual kökler kontrol grubu olarak alınmıştır.

Grup 1: Kanal tedavisi tekrarında solvent kullanılmayan grup

Grup 2: Kanal tedavisi tekrarında solvent kullanılan grup

3.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Örnek dişlerde endodontik çalışma boyu; kök boyundan 1mm kısa olacak şekilde belirlenmiştir. Şekillendirme işlemleri sırasında kök kanalı sürekli olarak %2,5'lik sodyum hipoklorit ile dolu tutulmuş ve kullanılan her eğeden sonra kök kanalları, ucuna 30 gauge delikli yıkama iğnesi (NaviTip, Ultradent, South Jordan, UT, USA) takılı bir enjektör yardımıyla, 2ml %2,5 NaOCl (Wizard, Türkiye) kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle 10# ve 15# K-tipi (Maillefer, SA, CH-1338, Ballagiues, Switzerland) eğeler ile ön şekillendirme yapılmıştır. Şekillendirme sırasında bir üst numaralı eğeye geçmek için bir önceki eğenin kanal içerisinde rahatça hareket etmesi sağlanmıştır. Bu işlemden sonra şekillendirmeye Revo-S NiTi döner alet sistemi (MicroMega, France) ile devam edilmiştir.



Şekil 3-8: Kök kanal tedavisi esnasında kullanılan düzenek

Revo-S sistemi X-Smart endomotoru (Dentsply, Maillefer, Tulsa, OK) ile üretici firmanın önerileri doğrultusunda, (250rpm, 0.8N/cm) uygulanmıştır. Buna göre Revo-S sisteminin ilk eğesi olan SC1 (#25 ve 0.6 koniklik açısı), kök kanalının kuronal 2/3'lük kısmına ulaşacak şekilde fazla basınç uygulanmadan 1-2mm'lik ileri geri hareketlerle kullanılmıştır. Bu boya ulaşıldığında, çevresel eğeleme yapılmıştır. Daha sonra eğe kanaldan çıkarılarak yıkama işlemi yapılmış ve sırasıyla SC2 (#25 ve 0.4 koniklik açısı), ve SC3 (#25 ve 0.6 koniklik açısı) eğeleri çalışma boyuna kadar kullanılmıştır. Son apikal şekillendirme #30 ve #35 numara K-tipi eğeleri ile yapılmıştır. Bunlar sırasıyla çalışma boyunda 1-2 mm'lik ileri geri hareketlerle kullanılarak şekillendirme işlemi tamamlanmıştır. Böylece son apikal genişlik (MAF) #35 olmuştur. Son yıkama amacıyla, 5mL %17'lik EDTA (ENDO-SOLution, CerKamed, Stalowa Wola, Polonya) kullanılmış ve işlem solüsyon kök kanalında toplam 1 dakika kalacak şekilde uygulanmıştır. Ardından 5mL %2,5 NaOCl kullanılmıştır. Son olarak da 5mL distile su ile yıkama yapılarak işlem tamamlanmıştır.

3.5. Kök Kanallarının Doldurulması

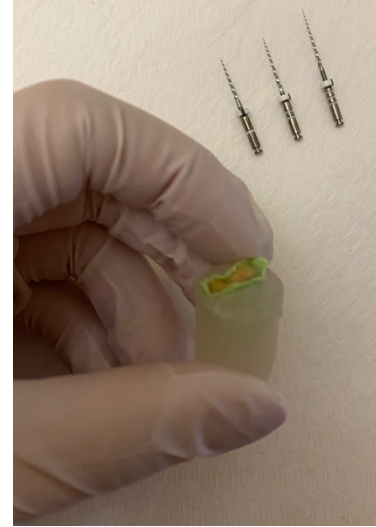
Kök kanallarının doldurulmasında lateral kondensasyon tekniği kullanılmıştır. Master kon olarak, #35 güta-perka (DiaDent Group International Inc., Kore) seçilmiştir. Çalışma boyuna göre ayarlanmış master kon kök kanalına yerleştirilmiş ve biraz geri

çekilerek tug-back etkisi alınıp alınmadığı kontrol edilmiştir. Son olarak da radyografi alınarak master konun çalışma boyuna uyumluluğu kontrol edilmiştir. Master kon bu şekilde belirlendikten sonra kök kanalı paper-pointler (DiaDent Group International Inc., Kore) yardımıyla kurutulmuştur. Kanal patı olarak AH-Plus (Dentsply, DeTrey/Germany) tercih edilmiştir. Firma tarafından önerildiği şekilde 1/1 oranında karıştırılan pat, çalışma boyuna ayarlanmış #35 bir paper-point yardımıyla kök kanalına yerleştirilmiştir. Daha sonra master konun uç kısmı pata bulanarak çalışma boyuna yerleştirilmiştir. Spreader olarak kanal duvarına sıkışmadan, çalışma boyuna rahatça ulaşan #25 spreader (Maillefer, SA CH-1338, Ballaigues, Switzerland) tercih edilmiştir. Master kon spreader yardımı ile lateral yönde kondanase edilerek oluşan boşluğa yardımcı güta-perka yerleştirilmiştir. Aynı işleme kanalın tamamı dolana dek devam edilmiştir. Sonrasında dolum kontrolü amacıyla radyografi alınarak kanalın homojen bir şekilde çalışma boyuna kadar doldurulmuş olduğu teyit edilmiştir. Herhangi bir boşluk kalmadan dolmuş olan kanallar çalışmaya dahil edilmiştir. Radyografik kontrol sonrasında güta-perka fazlalığı ısıtılmış bir ekskavatör yardımı ile kanal girişinin 1-1.5 mm altından kesilmiş ve kanal ağızları geçici dolgu materyali Cavit-G (3M ESPE, D-8031 Seefeld, Germany) ile kapatılmıştır. Daha sonrasında hazırlanan örnekler 2 hafta süre ile %100 nemli bir ortamda 37°C etüv içerisinde bekletilmiştir.

Örnek dişler, kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması aşamasına bağlı bir çatlak meydana gelip gelmediğinin anlaşılması amacıyla micro-CT ile taranmıştır.

3.6. Kanal Tedavisi Tekrarı İşleminin Yapılması

Çalışmamızda kanal tedavisi tekrarı işlemleri Protaper Universal Retreatment Kit (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak yapılmıştır.

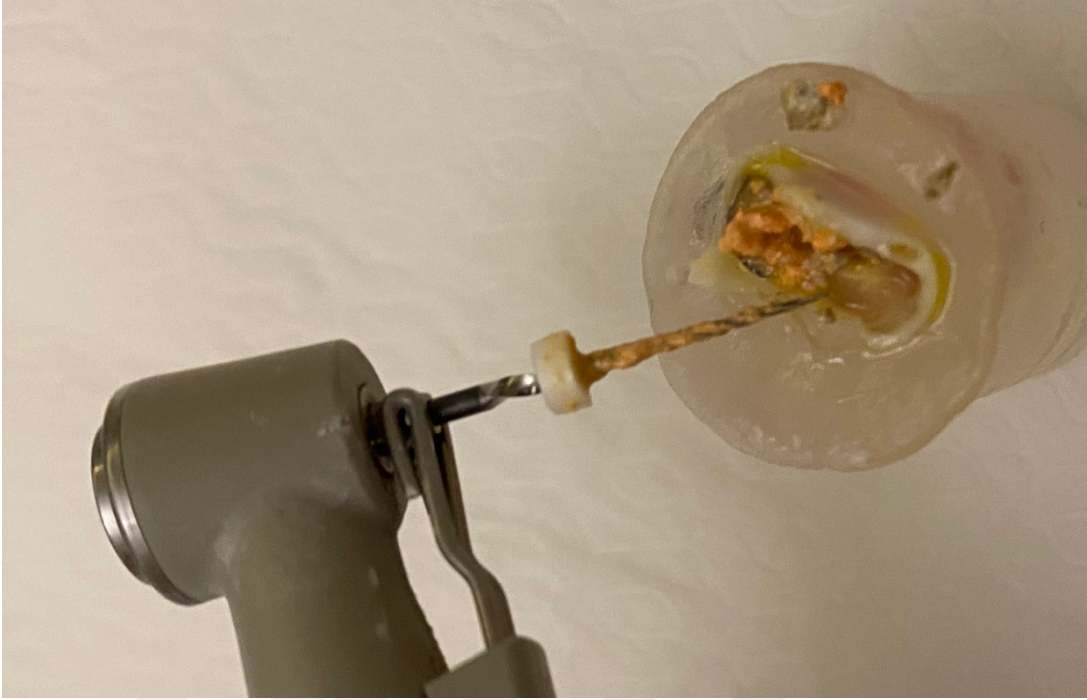


Şekil 3-9: ProTaper Retreatment Kit

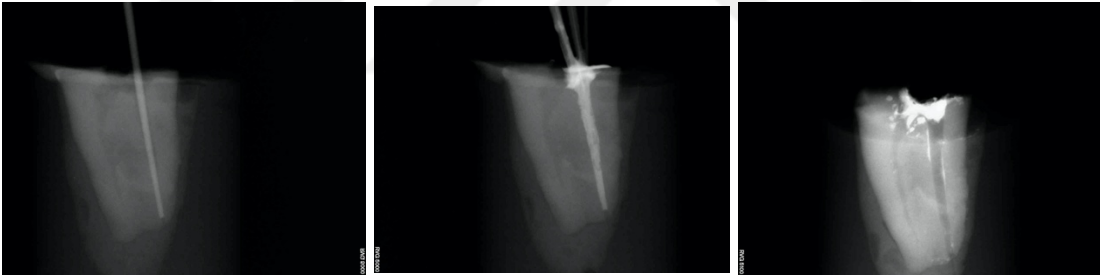
Endomotor olarak da X-Smart kullanılmıştır. İşlem sırasında endomotor üretici firmanın önerilerine uygun olarak, 200g/cm^{-1} tork ve 500 rpm hıza ayarlanmıştır. Öncelikle geçici dolgu maddesi, sond (Jensen, İstanbul, Türkiye) yardımı ile kanal ağızlarından uzaklaştırılmıştır. Kural dolgu materyalinin uzaklaştırılması ve kök kanalı girişinin yapılabilmesi için ilk olarak Protaper Universal Retreatment Kit'in D1 egesi kullanılmıştır. Sonrasında işlemler belirtilen şekilde gerçekleştirilmiştir

3.6.1. Solvent Kullanılan Grupta Kök Kanallarının Boşaltılması

Üretici firmanın önerdiği şekilde D1 egesi ile kural girişin sağlanmasından sonra güta-perkalari yumuşatmak ve kanal tedavisi tekrarı işlemini kolaylaştırmak adına açılan boşluğa bir dental enjektör yardımı ile 0.1 mL ökaliptol esaslı çözücü (Guttasolv, Septodont, France) konularak 1 dakika süreyle bekletilmiştir. Sonrasında da D2 ve D3 eğeleri sırasıyla kullanılarak kanal boyuna ulaşılmıştır. Çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra 2 ve 3 numaralı gates-gliddenlar yardımıyla kural 1/3 şekillendirilmiş ve sırasıyla #35, #40 ve #45 K-filelar ile çevresel eğeleme yapılarak güta-perka artıklarının kök kanalından tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bunun kontrolü amacıyla da kullanılan yıkama solüsyonlarında güta-perka artığı görünmemesi koşulu aranmıştır. Eğe değişimleri arasında da daha önceki irrigasyon protokolüne sadık kalınmıştır.



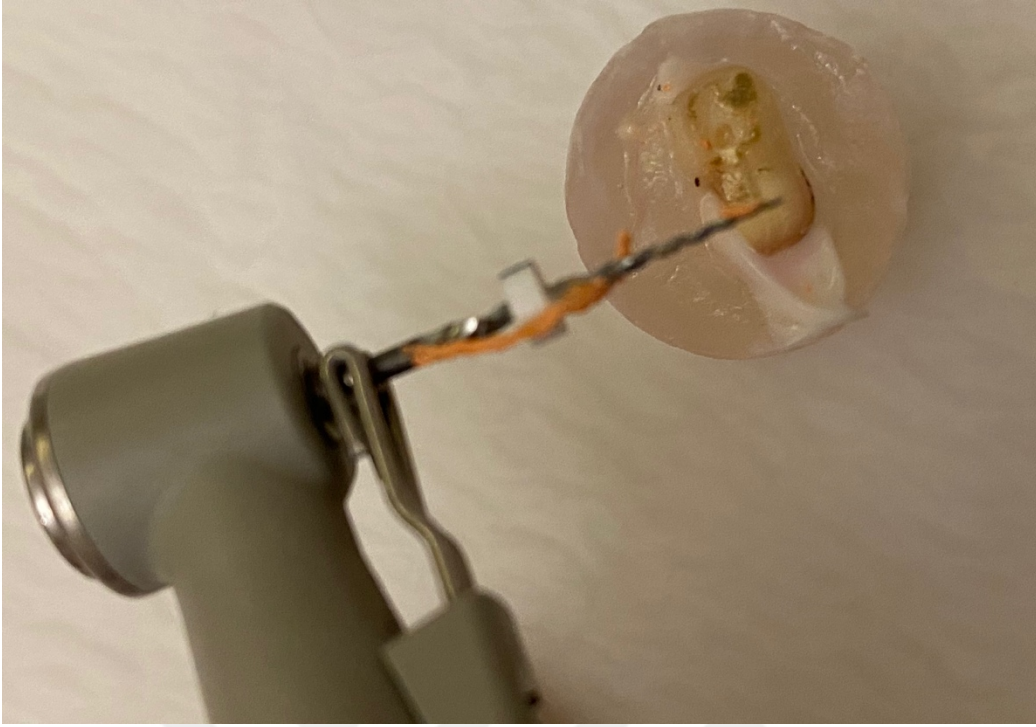
Şekil 3-10: Solvent kullanılan grupta gütta-perkanın kanaldan uzaklaştırılması



Şekil 3-11: Solvent kullanılan grupta kanal dolgusu öncesi, sonrası ve retreatment sonrası alınan radyografler

3.6.2. Solvent Kullanılmayan Grupta Kök Kanallarının Boşaltılması

Bu gruptaki örneklerde bütün işlemler 1.grupta anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiş ancak solvent kullanılmamıştır.



Şekil 3-12: Solvent kullanılmayan grupta güta-perkanın kanaldan uzaklaştırılması

Kök kanallarının boşaltılması işlemleri tamamlandıktan sonra da örnekler, 3.kez micro-CT ile taranarak yapılan kanal dolgusu boşaltma işlemine bağlı olarak dentinde çatlak oluşup oluşmadığı incelenmiştir.



Şekil 3-13: Solvent kullanılmayan grupta kanal dolgusu öncesi, sonrası ve retreatment sonrası alınan radyografiler

3.7. Micro-CT Taraması ve Ölçümleri

Çalışmamızda akrilik bloklar içerisine gömülmüş olan dişler, herhangi bir preparasyon yapılmadan önce, kanal dolgusu yapıldıktan sonra ve kanal tedavisi tekrarı işlemleri yapıldıktan sonra olmak üzere üç ayrı sefer İnönü Üniversitesi Bilimsel ve

Teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM)'da bulunan micro-CT laboratuvarında taranmıştır. Bu çalışmada, X-ışını tüpü, 13.68 μm 'lik tarama kesit kalınlığında 100 kV voltaj ve 100 μA akım ile çalıştırılmış ve taramalarda alüminyum ve bakır filtreler kullanılmıştır. Tarama 0.5 dönme aralığı, 2000 ms'lik x ışınına maruz kalma süresi ve 2 çerçeve ortalamasının uygulanmasıyla ve örneğin dikey eksen etrafında 180° döndürülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğin taranması yaklaşık 1 saat sürmüştür ve her bir örnekten de ortalama 1000 kesit alınmıştır.

Elde edilen görüntüler, NRecon (v.1.6.4, Bruker-microCT) yazılımında %45 beam-hardening düzeltmesi, 3 smoothing ve 0-0.1 atenuasyon katsayısı değerleri ve gerekli ring artefakt düzeltmeleri ile yeniden yapılandırılmıştır (rekonstrüksiyon). Yapılandırılmış olan örnek görüntüleri DataViewer (v.1.5.1, Bruker-microCT) yazılımında üç boyutlu olarak çakıştırılmıştır. Böylelikle hem preparasyon öncesi hem kanal dolgusu sonrası hem de kanal tedavisi tekrarı işlemi sonrası elde edilen datasetler üç boyutlu ekseninde aynı düzlemlere sahip olmuşlardır.

3.7.1. Mikro Çatlakların Ölçülmesi

Örneklerin aksiyal düzlemdeki mikro BT görüntüleri mikro çatlak varlığı açısından CTAn (v.1.13, Bruker-microCT) yazılımında incelenmiştir. Her örneğe ait preparasyon öncesi, kanal dolgusu sonrası ve kanal tedavisi tekrarı sonrası elde edilen aksiyal görüntüler kökün apikalinden itibaren kanal ağzlarına kadar ayrı ayrı incelenmiştir.

3.7.2. Kanal Dolgu Artıklarının Ölçülmesi

DataViewer (v.1.5.1, Bruker-microCT) yazılımında üç boyutlu olarak çakıştırılan 2. ve 3. taramanın datasetleri CTAn (v.1.13, Bruker-microCT) yazılımına aktarılmıştır. Her bir örnek için çalışma uzunluğu (apikal referans noktası ile kök kanal ağzı arası mesafe) üç eşit parçaya (apikal, orta ve kuronal) bölünmüştür. Her bir parça için kök kanal dolgusu hacmi ve kök kanalından uzaklaştırılamayan kök kanal dolgu artıklarının hacmi ayrı ayrı ölçülmüştür. Tüm veriler mm³ olarak elde edilip kaydedildi. Bu veriler kullanılarak yüzde oranları hesaplandı. Aynı yazılım kullanılarak örneklerin 3D modelleri oluşturuldu. CTVol (v.2.2.3, Bruker-microCT) yazılımı ile daha önce elde edilen üç boyutlu modellerin görüntülemesi yapıp incelendi.

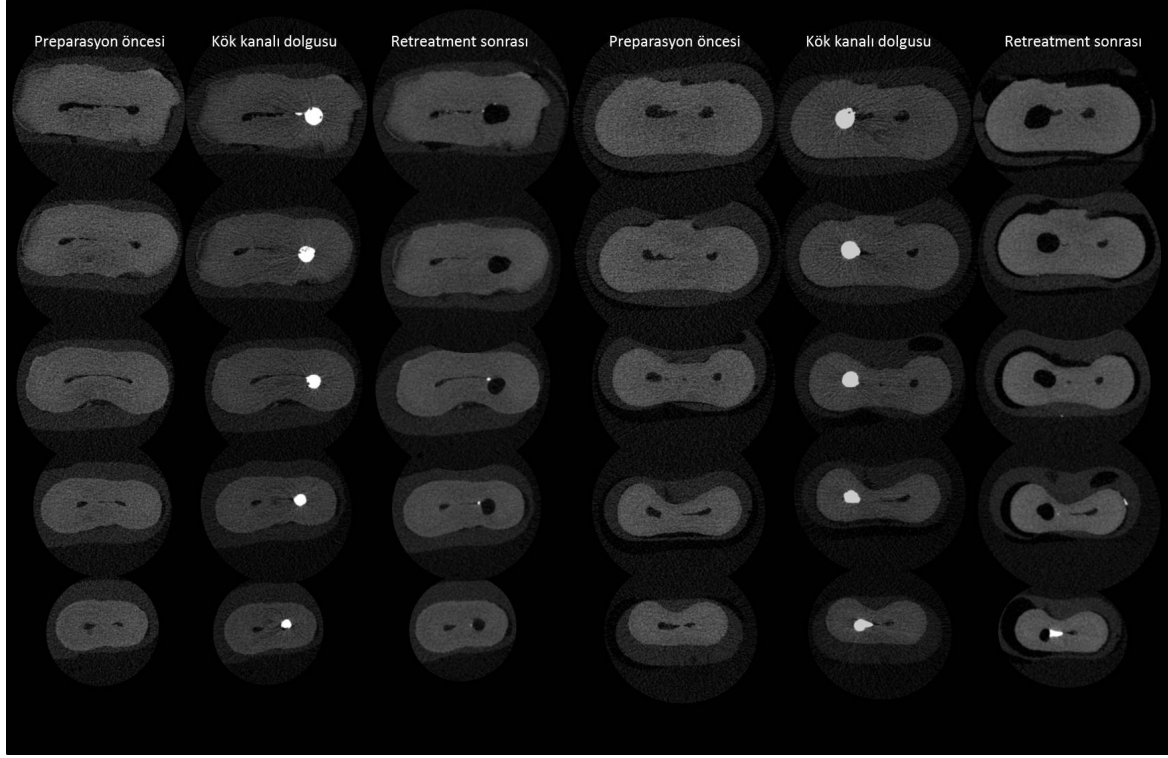
3.8. İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 17.0 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca değerler kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren (parametrik) değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Bağımsız T Testi, normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Mann Whitney U Testi kullanılmıştır. P-değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR

Kanal tedavisi tekrarı sonrası, solvent kullanılarak yapılan Grup 1 ve solvent kullanılmadan olarak yapılan Grup 2’de örnekler üzerinde (n=20) yapılan micro-CT taramalarında, her iki grupta da çatlak oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 4-1: Aynı örnek üzerinde, farklı noktalardan alınan kesitlerin görüntülerinin karşılaştırılması

Kanal içerisinde işlem sonrası kalan artık madde miktarını incelemeye yönelik değerlendirmede öncelikle her iki grupta da kanal tedavisi tekrarı öncesi kanal dolum miktarları kural, orta ve apikal olmak üzere ayrı ayrı ölçülmüştür (Şekil 4-1).

Tablo 4-1: Kanal dolum hacimlerinin kural, orta ve apikal seviyelerde karşılaştırılması

Dolgu	Solventli		Solventsiz		P ¹
	Ort±s.s.	(Medyan)	Ort±s.s.	(Medyan)	
Apikal	,77±0,24 ^a	(0,76)	0,70±0,28 ^a	(0,71)	0,606
Middle	1,27±0,53 ^{ab}	(1,28)	1,36±0,53 ^{ab}	(1,36)	0,689
Coronal	1,70±0,64 ^b	(1,90)	1,81±0,72 ^b	(1,97)	0,737
p ²	0,002		0,002		

¹Mann Whitney U Testi ²Kruskal Wallis Testi

Sonuçlar incelendiğinde her iki grup arasında kanalın üç ayrı bölgesinde de kanal dolum hacmi yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 4-1).

İşlem sonrası kanalda kalan artık madde miktarı yönünden her iki grupta da kanalın kural, orta ve apikal bölgelerinde yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır (Tablo 4-2).

Tablo 4-2: Kalan artık madde hacminin kural, orta ve apikal seviyelerde karşılaştırılması

Artık	Solventli		Solventsiz		P ¹
	Ort±s.s.	(Medyan)	Ort±s.s.	(Medyan)	
Apikal	0,12±0,13 ^a	(0,09)	0,09±0,08 ^a	(0,09)	0,940
Middle	0,20±0,23 ^a	(0,09)	0,11±0,14 ^a	(0,08)	0,597
Coronal	0,15±0,17 ^a	(0,04)	0,13±0,12 ^a	(0,11)	0,406
p ²	0,776		0,801		

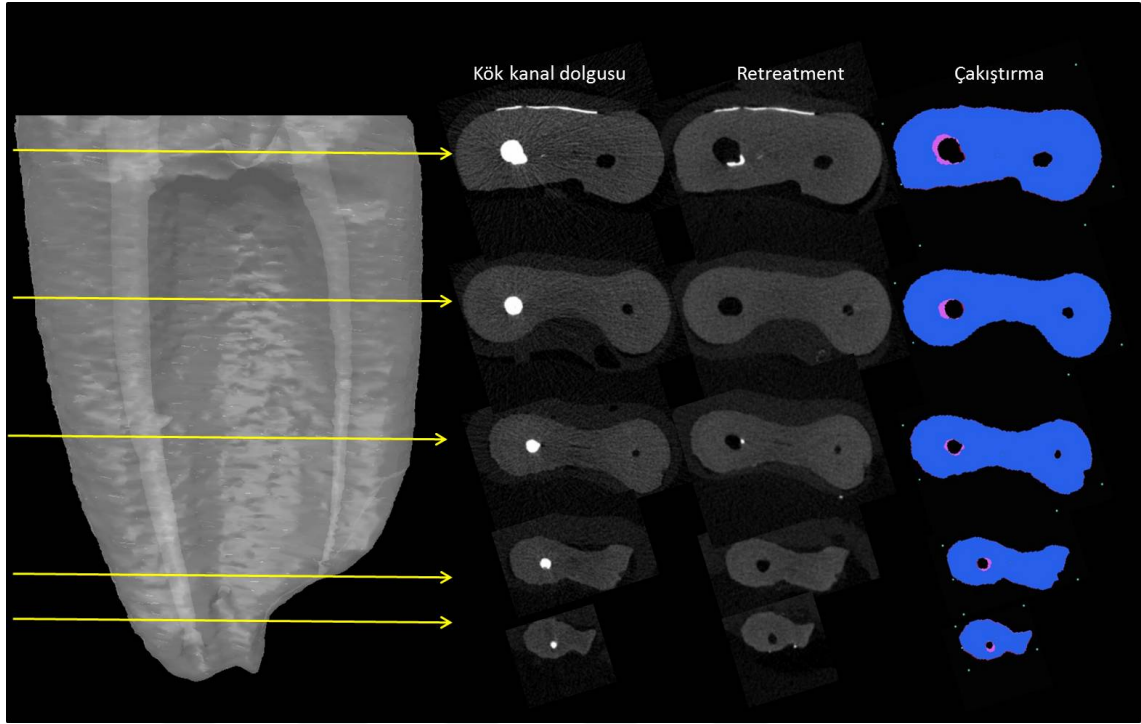
¹Mann Whitney U Testi ²Kruskal Wallis Testi

Buna göre her iki grupta da tüm örneklerde işlem sonrası kök kanalında artık madde kaldığı görülmüştür. Her iki grupta da kural, orta ve apikal olmak üzere 3 bölgede ayrı ayrı yapılan ölçüm sonuçlarına göre bölgeler arasında kalan artık madde yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. (p>0.005) Bu bölgelerde kalan artık madde miktarının yüzde cinsinden ölçüm değerleri de Tablo 4-3'te gösterilmektedir.

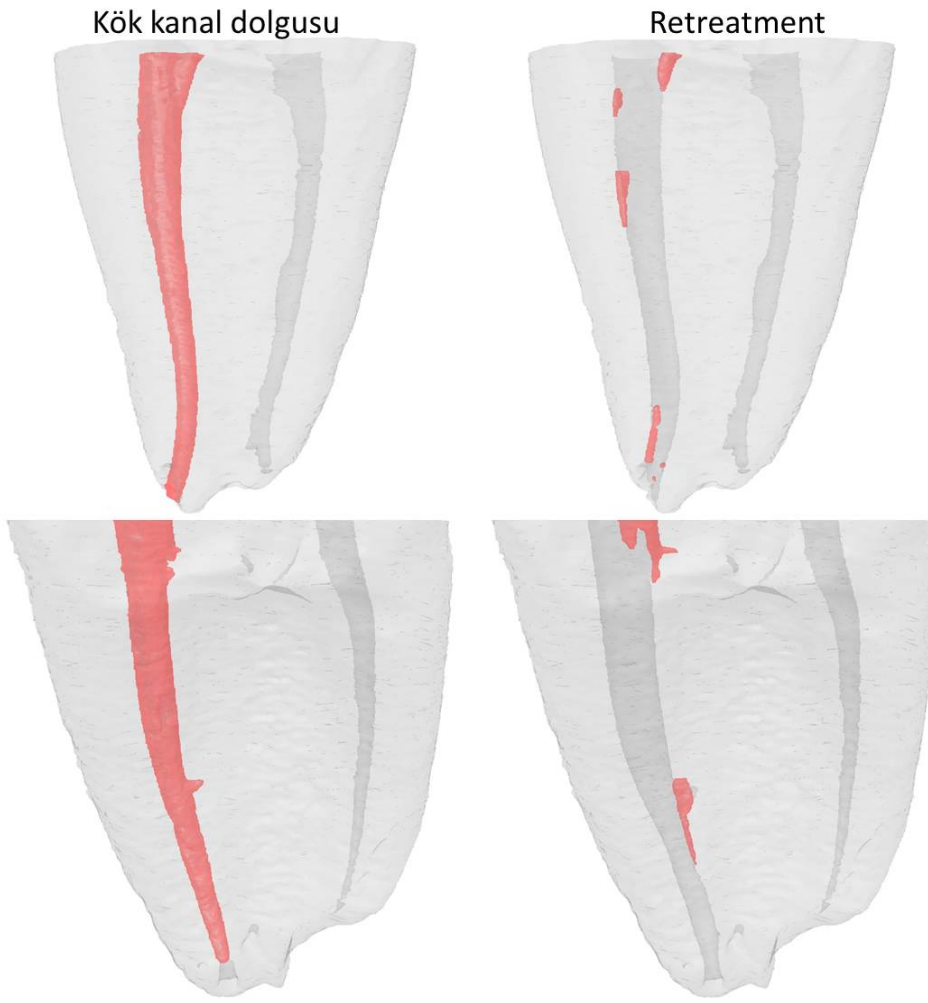
Tablo 4-3: Artık madde miktarının kural, orta ve apikal seviyelerde yüzde cinsinden karşılaştırılması

Yüzde	Solventli		Solventsiz		P ¹
	Ort ±s.s.	(Medyan)	Ort±s.s.	(Medyan)	
Apikal	13,31±13,55 ^a	(8,64)	13,58±13,80 ^a	(11,53)	0,965
Orta	16,52±15,07 ^a	(14,77)	7,03±6,55 ^a	(5,44)	0,092
Kural	8,73±8,40 ^a	(5,40)	6,46±6,03 ^a	(4,67)	0,450
p ²	0,733		0,468		

¹Mann Whitney U Testi ²Kruskal Wallis Testi



Şekil 4-2: Retreatment öncesi ve sonrası görüntülerinin bilgisayar ortamında üst üste getirilerek artık madde yönünden karşılaştırılması



Şekil 4-3: Örnek dişlerin işlem öncesi ve sonrası görüntüleri a: solventsiz, b: solventli grup k: kontrol olarak kullanılan kök kanalı, d: işlem öncesi doldurulmuş hali r: kanal tedavisi tekrarı sonrası kanalın görünümü

Kanalın boşaltılması işlemlerinin toplam işlem süresini incelemek amacıyla kronometre ile yaptığımız ölçüm sonuçları Tablo 4-4'te gösterilmektedir. Buna göre solvent kullanılmayan(ort:2,89) grupta işlem süresi, solvent kullanılan gruba (ort: 4,29) göre daha kısa bulunmuştur. Aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. ($p < 0.001$)

Tablo 4-4: Her iki grubun süre yönünden karşılaştırılması

	Solventli		Solventsiz		p
	Ort±s.s.	(Medyan)	Ort±s.s.	(Medyan)	
Süre (dk)	4,29±0,06	(4,28)	2,89±0,07	(2,90)	<0,001

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin amacı, kök kanalında bulunan bakteriyel enfeksiyonun ortadan kaldırılması veya kök kanalının bakteriyel enfeksiyondan korunmasıdır. Kök kanal tedavisi yapılmış olan dişlerde, kök kanalında bulunan mikroorganizmaların, yan ürünlerinin ve pulpa artıklarının, anatomik veya iatrojenik nedenlerle yeterince temizlenememiş olması veya yapılan kök kanal dolgusunun ve kural restorasyonun kural ve apikal sızdırmazlığı sağlayamaması gibi nedenlerle tedavi başarısız olabilmektedir^{21,44}. Buna bağlı olarak da klinikte çeşitli akut veya kronik enfeksiyonlar görülebilir.

Başarısız olan kanal tedavisinde ilk seçenek, başarısızlığa neden olan faktörün ortadan kaldırılmasına yönelik olarak yapılacak olan tedavi tekrarıdır^{20,68}.

Cantarini ve ark., tarafından yapılan çalışmada yapılan 1017 vakanın %27.2'sinin kanal tedavisi tekrarı vakası olduğu bildirilmiştir¹²⁰.

Torabinejad ve ark., yaptıkları literatür incelemesinde, kök kanal tedavisi tekrarı ve apikal cerrahi başarı oranlarını değerlendirmişler ve 2-4 yıllık takip sürecinde apikal rezeksiyonun başarı oranı %77,8 iken, kanal tedavisi tekrarının başarı oranını %70,9 olarak belirtmişlerdir. 4-6 yıllık takiplerde ise kanal tedavisi tekrarlanan dişlerde başarı oranı %83, apikal rezeksiyon başarı oranı ise %71,8 olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak uzun vadede kanal tedavisi tekrarı daha başarılı bir seçenek olarak değerlendirilmiştir¹²¹.

Klinik olarak kanal tedavisi tekrarı, hekimleri en çok zorlayan işlemlerden biridir. Bunun en başta gelen nedenlerinden bir tanesi eski kanal dolgusunun çıkartılmasının zorluklarıdır^{4,122}. Daha önceki tedavide kullanılan kanal dolgu materyalinin cinsi ve kullanılan dolgu yöntemi bu zorluğun derecesini belirleyen en önemli faktörlerdir. Genel olarak kök kanalı dolumunda güta-perka ve kanal patı kombinasyonları kullanılmaktadır. Eski kanal dolgularının uzaklaştırılmasında çeşitli mekanik ve kimyasal yöntemlerden yararlanılmaktadır. Mekanik yöntemler olarak Ni-Ti döner alet sistemleri, çeşitli paslanmaz çelik eğeler, ultrasonik aletler, ısı işlem görmüş aletler kullanılabilir. Kimyasal yöntemler solventleri içermektedirler. Bunlar güta-perka ve kanal patı artıklarının uzaklaştırılmasında mekanik işlemlere yardımcı olmak için, güta-perka ve kanal patını yumuşatarak ve çözerek etki gösterirler¹²³.

Son yıllarda kök kanal tedavisi tekrarı sırasında, kanal dolgusunun boşaltılması amacıyla kullanılmak üzere özel olarak dizayn edilen farklı Ni-Ti döner alet sistemleri kullanıma sunulmuştur¹²³. Literatür incelendiğinde, kök kanallarının farklı kinematik özelliklere sahip Ni-Ti döner alet sistemleriyle şekillendirilmesi sırasında dentin yüzeylerinde mikro çatlaklar meydana gelebildiği gösterilmiştir. Bu mikro çatlaklar daha sonra dişte dikey kök kırıklarına neden olabilecek önemli komplikasyonlardır^{89,124}. Kanal tedavisi tekrarı, birincil endodontik tedaviye göre daha fazla mekanik preparasyon yapılmasını gerektirir. Bu durum kök duvarlarından daha fazla dentin kaldırılmasını gerektirir ve buna bağlı olarak kök dentininde defekt oluşma olasılığı artar^{56,94}.

Çalışmamızda, şekillendirme sırasında dentin çatlağı meydana getirebildiği bildirilen mekanize Ni-Ti sistemlerinin kanal tedavisi tekrarı amacıyla kullanıldığında da dentin çatlağı oluşumuna neden olup olmadığı ve gütta-perkayı çözmeye yönelik olarak solvent kullanımının bu sonucu etkileyip etkilemediğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda, en fazla kanal tedavisi tekrarı gereksinimi gösteren diş gruplarından birinin mandibular büyük azı dişler olduğu gösterilmiştir. Mevcut literatürler incelendiğinde, eğimli kök yapısına sahip dişlerde yapılan çalışma sayısının daha az olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla düz köklü kesici ve küçük azı dişleri kullanılmıştır^{125,126,127,128,129}. Büyük azı dişlerinin anatomik yapılarının kompleks olması ve standardizasyonunun sağlanamaması sebebi ile bu çalışmalar genellikle büyük azı dişlerinde gerçekleştirilmemiştir^{22,130}. De-Deus ve ark., yaptıkları çalışmalarında mandibular büyük azı dişlerin, göreceli olarak daha komplike bir kanal yapısına sahip olmaları ve dentin yüzeyindeki mekanik nedeniyle yapılırken daha fazla stres oluşturabileceği ve buna bağlı olarak da daha fazla dentin çatlağı oluşma potansiyeli gösterebileceğini ileri sürmüşlerdir¹¹⁸.

Çiçek ve ark. farklı kinematiğe sahip döner alet sistemlerinin dentin yüzeyinde oluşturduğu defekti SEM ile karşılaştırdıkları çalışmalarında mandibular büyük azı dişleri üzerinde inceleme yapmışlardır¹³¹. Ceyhanlı ve ark., farklı kinematiğe sahip döner alet sistemlerinin dentin yüzeyinde oluşturduğu defekti micro-CT ile karşılaştırdıkları çalışmalarında mandibular büyük azı dişleri üzerinde inceleme yapmışlardır¹³². Kırıcı ve ark., farklı kinematiğe sahip döner alet sistemlerinin kanal tedavisi tekrarı esnasında dentin yüzeyinde oluşturduğu defekti micro-CT ile karşılaştırdıkları çalışmalarında mandibular büyük azı dişleri üzerinde inceleme yapmışlardır¹³³.

Bu tez çalışmasında da, klinik koşullarda kanal tedavisi tekrarı sırasında, tek köklü dişlere oranla biraz daha zorluk gösterebilen bir anatomik yapıya ve orta derece eğime sahip mandibular büyük azı dişlerin mesial köklerinin kullanımı tercih edilmiştir. Mandibular büyük azı dişlerin mezial köklerini seçmemizin önemli bir nedeni ise köklerden bir tanesine işlem yapılırken, işlem yapılmayan kanalın kontrol grubu olarak kullanılmasıdır. Bu sayede aynı diş üzerinde, deney ve kontrol grupları arasında karşılaştırma yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Diş çekimi sırasında, davye ile uygulanan kuvvet nedeniyle kök üzerinde çatlaklar oluşabildiği gözlenmiştir^{94,134}. Çekime bağlı çatlakların sonuçları etkilememesi için, çalışmamıza dahil edilen örnekler işlem öncesi micro-CT ile incelenmiş, hiç çatlak bulunmayan örnekler çalışmaya dahil edilmiştir.

Dentin çatlağı oluşumunun incelendiği çalışmalarda *in-vivo* koşulların tam olarak yansıtılabilmesi pek mümkün olmamaktadır. Dişlerin saklanma koşulları sonuçları etkileyebilir. Benzer çalışmalarda dişlerin saf suda saklanması önerilmektedir¹³⁵. Bu çalışmada da *in-vivo* ortam koşullarına en yakın ortam taklit edilmeye çalışılmış ve Hassanloo ve ark.¹⁰⁸, Bürklein ve ark.¹³⁶, Tay ve ark.¹³⁷, Wilcox ve ark.¹³⁸ gibi araştırmacıların çalışmalarında olduğu gibi, dişler 4°C’de, timol içeren saf su içerisinde saklanmıştır. Silikon ölçü maddesi, kökün fizyolojik diş hareketine izin verecek ortamı taklit ederek, sınırlı bir alanda hareket etmesine izin verir. Böylece periodontal ligament benzeri bir ortam sağlanmış olur¹³⁹. Wilcox ve ark.¹³⁸, Lertchirakarn ve ark.¹⁴⁰, Çapar ve ark.¹⁴¹ yaptıkları çalışmalarında periodontal ligamenti taklit etmek için, çekilmiş olan dişlerin köklerini alüminyum kağıt ile sarmış sonrasında akrilik rezin bloklara gömmüşlerdir. Bu işlemin ardından alüminyum kağıt çıkarılarak yerine silikon ölçü materyali koymuşlardır. Bu tez çalışmasında da klinik koşullara benzerlik sağlayabilmek amacıyla, bu araştırmacıların yaptığı gibi, örnek dişler yapay periodontal membrana gömülü olarak kullanılmıştır.

Diş hekimliği pratiğinde çeşitli kinematiklerle çalışan, farklı Ni-Ti alet sistemleri kanal şekillendirilme prosedüründe yaygın olarak kullanılmaktadır^{64,71,72}. Ni-Ti döner aletler ile yapılan şekillendirme yöntemi, kanal transportasyonu, kanalı düzleştirme ve perforasyon gibi hata olasılığını azaltması, pratik olması ve daha hızlı bir yöntem olması açısından klinisyenler ve hasta için daha çok tercih edilen bir yöntemdir¹⁴². Bu avantajlarının yanında, 0.02 gibi düşük ve sabit koniklik açısına sahip el aletlerine göre

daha 0.04, 0.06 ve 0.08 gibi daha yüksek koniklik açısına sahip olmaları daha fazla dentin kaldırmalarına yol açmaktadır¹⁴³. Yoldaş⁶, Rödig¹²⁹, Çiçek¹³¹, Bier¹⁴⁴, gibi araştırmacıların çalışmaları incelendiğinde de, kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında Ni-Ti döner alet kullanımının, el aletleri ile yapılan şekillendirmeye göre daha fazla dentin çatlağı oluşturduğu bildirilmiştir. Farklı kinematikler, dentinde çatlak oluşumu açısından farklı etkiler gösterirler. Ni-Ti döner aletler, kök kanal duvarlarına döngüsel tipte kuvvet uygulamalarına bağlı olarak kök dentini üzerinde çatlak oluşumuna neden olabilir. Devamlı rotasyon hareketinde rotasyonun devamlı ve tek yönde olmasından dolayı sıkışma kuvveti daha fazla olur¹⁴⁵. Dentinde meydana gelen hasar, kullanılan aletin çapraz kesit geometrik yapısına, aletin uç tasarımına, sabit ya da genişleyen taper açısına, yiv formuna göre değişmektedir¹³¹. Adorno ve ark., yaptıkları çalışmalarında step-back tekniğinin, crown-down tekniğine göre daha fazla dentin çatlağı oluşturduğunu bildirmişlerdir¹⁴⁶. Bu tez çalışmasında da kök kanalı şekillendirilmesinde geleneksel bir Ni-Ti döner alet sistemi crown-down tekniği ile uygulanan Revo-S tercih edilmiştir.

Çalışmamızda, benzer çalışmalarda olduğu gibi yıkama solüsyonu olarak her alet işleminden sonra 2mL, %2.5'lik NaOCl ile yıkama yapılmıştır. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla da son yıkamada %17'lik EDTA ve NaOCl kullanılmıştır^{128,147}.

Ni-Ti döner aletler ile yapılan preparasyon işlemi sonrası soğuk lateral ya da sıcak vertikal kondensasyon teknikleri ile uygulanan kanal dolgusu, tek başına preparasyon prosedürüne göre daha fazla çatlak oluşturur^{104,148}. Bu tez çalışmasında da kanal dolgusu yöntemi olarak, klinik pratiğinde sıklıkla tercih edilen ve benzer çalışmalarda da sıklıkla kullanılan lateral kondensasyon yöntemi tercih edilmiştir^{56,149}. Lateral kondensasyon yönteminde, kullanılan spreader ile uygulanan kuvvetin dentin defektlerine hatta kök kırıklarına da neden olabileceği öne sürülmüştür. Kanal patı olarak da benzer çalışmalarda da sıklıkla tercih edilen, klinik koşullarda da yaygın kullanıma sahip olan ve altın standart olarak kabul edilen epoksi-rezin bazlı AH Plus tercih edilmiştir^{68,150}.

Kanal dolgularınının tamamlanmasından sonra dişler, Silva ve ark.⁷¹, Özyürek ve ark.¹²³, Horvath ve ark.¹⁵¹'in çalışmalarında olduğu gibi patın sertleşmesi amacıyla %100 nemli bir ortamda 2 hafta süresince bekletilmiştir.

Günümüzde bir çok farklı Ni-Ti kanal tedavisi tekrarı sistemi bulunmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlardan biri de üç eğeli bir sistem olan Protaper

Universal Retreatment Kit'dir¹²³. Bu tez çalışmasında da mevcut güta-perkanın uzaklaştırılması amacıyla bu sistemin kullanımı tercih edilmiştir. Kanal tedavisi tekrarı sırasında kök kanalındaki enfeksiyonunun eliminasyonu ve etkili bir yıkama yapılabilmesi için kök kanalındaki eski dolgu maddeleri uzaklaştırıldıktan sonra yeniden şekillendirme yapılması gerekmektedir. Bu nedenle de güta-perka, Protaper Universal Retreatment Kit ile uzaklaştırıldıktan sonra, kök kanalının kural kısmında 2 ve 3 numaralı Gates-Glidden frezler ile yeniden şekillendirme yapıp, K-tipi eğeler kullanılarak çevresel eğeleme ile 45 numaraya kadar apikal şekillendirme yapılmıştır.

Kanal tedavisinin tekrarı esnasında bir çözücü kullanımı güta-perkanın yumuşatılarak çıkarılmasını kolaylaştırmak için önerilir. Güta-perka çözücüler arasında en eski ve en yaygın olarak kullanılan solvent kloroformdur. Ancak kloroform çok etkili bir çözücü olmakla birlikte insan sağlığını tehdit edici bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Tedavi sonrasında da kanalda ince bir film tabakası halinde yumuşatılmış güta-perka bırakır. Kokusu nedeniyle klinikte uygulama zorlukları söz konusudur. Bu nedenle bu tez çalışmasında kloroform kullanılması tercih edilmemiştir. Kloroforma alternatif olarak güta-perka çözücü etkisi olduğu bilinen ökaliptol bazlı Guttasolv kullanımı tercih edilmiştir^{5,43,66,103,104}.

Mevcut literatürler değerlendirildiğinde, dentin çatlağının incelendiği çalışmalarda sonucu etkileyen önemli faktörlerden bir tanesinin de inceleme yöntemi olduğu gözlenmektedir. Dentin çatlaklarını belirlemeye yönelik çalışmalarda, genellikle kökün belirli noktalarından kesitler alınarak stereomikroskop,^{36,136} transillüminasyon¹¹⁰, dijital mikroskop^{146,152}, SEM¹⁵³ ve TEM¹⁵⁴ ile inceleme yöntemleri kullanılmıştır. Micro-CT ile görüntüleme esnasında defektlerin yüksek çözünürlükte ve daha detaylı görülmesi mümkün olmaktadır. Bu sebeple, son yıllarda yapılan endodontik çalışmalarda micro-CT kullanılması tercih edilmektedir^{155,156}. Arashiro ve ark., yatay kesitler alınarak stereomikroskop ile yapılan çalışmalarda endodontik işlemler ve dentin çatlağı arasında pozitif korrelasyon bildirildiğini buna karşılık dentin üzerinde herhangi bir zarar verici özelliği olmayan micro-CT ile yapılan incelemelerde ise bu dişlerdeki çatlakların aslında endodontik işlemlere bağlı olmadığını öne sürmüşlerdir¹⁵⁷.

Endodontik işlemlerin dentin çatlağı oluşumuna etkisini örneklerden kesit alarak stereomikroskopla inceleme yapılan çalışmalarda, genellikle dentin çatlağı oluşumu bildirilmiştir. Bier ve ark., farklı Ni-Ti döner alet sistemlerinin dentin yapısında çatlak

oluşumuna etkisini inceledikleri çalışmalarında, stereomikroskop ile inceleme yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda Ni-Ti aletler ile yapılan şekillendirmenin, dentin yapısında çatlak oluşturduğunu ve oluşan çatlakların enstrümanın taper açısına ve kinematiğine bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini öne sürmüşlerdir¹⁴⁴. Shemesh ve ark., kök kanal tedavisinde yapılan preparasyon ve dolum işlemlerinin dentinde çatlak oluşumu üzerindeki etkisini horizontal kesit olarak stereomikroskop ile inceledikleri çalışmalarında, prepare edilmemiş kanallarda herhangi bir defekt oluşmadığını, şekillendirme prosedürlerinin ve dolum tekniklerinin çatlak oluşumuna yol açtığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, pasif dolum tekniği ile lateral kondensasyon ile dolum yapılan grup karşılaştırılmış ve lateral kondensasyon ile dolum yapılan grupta anlamlı olarak daha fazla defekt oluşumu gözlenmiştir¹⁰⁴. Liu ve ark., üç farklı tek ege sisteminin dentin çatlağı meydana getirme üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, örneklerden yatay kesitler olarak stereomikroskop ile inceleme yapmışlar ve sonuçta bu işlemlere bağlı olarak dentinde çatlaklar meydana geldiğini bildirmişlerdir¹⁵⁸. Üstün ve ark. kanal tedavisi tekrarı esnasında, resiprokal hareket ve rotasyonel hareket ile çalışan döner alet sisteminin kanal üzerindeki etkisini stereomikroskop ile kesit olarak incelemişler ve sonuç olarak her iki sistemde de dentin yapısında defekt oluşumu gözlemlemişlerdir¹⁵⁹. Yoldaş ve ark., kanal tedavisi esnasında dört ayrı Ni-Ti sistemin, SAF ve paslanmaz çelik el aleti kullanımının dentin yapısında çatlak oluşumunu karşılaştırdıkları çalışmalarında, işlemler sonrası kesit olarak stereomikroskopla inceleme yapmış ve bütün gruplarda dentinde çatlak oluşumu gözlenmiştir⁶. Topçuoğlu ve ark., kanal tedavisi tekrarı için üretilmiş farklı kinematiğe sahip Ni-Ti sistemlerinin dentin çatlağı oluşumuna etkilerini stereomikroskop ile inceledikleri çalışmalarında, herhangi bir işlem görmemiş grupta hiç defekt oluşmadığını, sadece kanal preparasyonu ve dolum işlemi yapılan grupta defekt görüldüğünü ancak kanal tedavisi tekrarı yapılan gruplarda sadece preparasyon ve dolum işlemi yapılan gruba göre dentinde defekt oluşumunun anlamlı olarak farklı olduğunu göstermişlerdir¹⁶⁰. Topçuoğlu ve ark., yaptıkları bir diğer çalışmalarında eğimli köke sahip mandibular büyük azı dişlerinde glide-path oluşturmanın ve farklı kinematiğe sahip döner alet sistemlerinin farklı apikal genişletmelerde meydana getirdiği dentin defektlerini stereomikroskop ile incelemişler ve glide-path oluşumunun dentin üzerinde çatlak meydana getirmediğini ancak apikal preparasyonun genişliğinin artmasının dentin yapısında çatlak görülme ihtimalini arttırdığını söylemişlerdir¹⁶¹.

Bu tez çalışmasında ise incelenen örneklerin hiçbirinde başlangıç, kanal dolumu, solvent kullanılarak veya kullanılmadan yapılan retreatment işlemi sonrasında, kanalların hiçbir seviyesinde herhangi bir dentin çatlağı bulunmadığı gözlenmiştir. Bu bulgu, yukarıda bahsedilen literatürlerin sonuçlarıyla uyumlu değildir. Bu uyumsuzluğun kullanılan inceleme ve şekillendirme yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Valle ve ark., kanal preparasyonunun dentin yapısında çatlak oluşumuna etkilerini inceledikleri literatür taramasında, micro-CT yöntemi kullanılarak yapılan benzer çalışmaların sonuçlarına bakıldığında, endodontik işlemlerin, dentin çatlağına neden olmadığını göstermişlerdir¹⁶². Cassimiro ve ark., yaptıkları çalışmalarında farklı şekillendirme sistemlerinin dentin yapısında defekt oluşturma olasılığını micro-CT yöntemi kullanarak karşılaştırmış ve preparasyon işlemlerinin dentin yapısında çatlak oluşturmadağını gözlemlemişlerdir. Mevcut olan defektlerin dişlerden alınan tedavi öncesi görüntülerde de olduğunu belirtmişlerdir¹⁴⁷. Zuolo ve ark., iki farklı kanal şekillendirme sistemini karşılaştırarak micro-CT ile inceleme yaptıkları çalışmalarında, kanal şekillendirme prosedürü sonrasında yeni bir dentin defekti gelişmediğini bildirmişlerdir¹²⁵. De-Deus ve ark., kadavra üzerinde yaptıkları çalışmalarında ProTaper ve Reciproc sistemleri kullanarak şekillendirme yapmışlar ve micro-CT ile yaptıkları inceleme sonucunda bu işlemlerin herhangi bir mikro çatlağa neden olmadığı, benzer çalışmalarda saptanan mikro çatlakların ise yapılan işlemlerden ziyade diş çekimine bağlı olarak gelişebileceğini öne sürmüşlerdir¹²⁸.

Stringheta ve ark., mandibular büyük azı dişlerinde, 4 ayrı Ni-Ti sistemi kullanarak şekillendirme yaptıkları çalışmalarında, önce micro-CT sonra da kesit alarak stereomikroskopla inceleme gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda şekillendirme sistemlerinin dentin üzerindeki çatlak oluşumuna etkisi olmadığını, ancak stereomikroskopla inceleme sonrası dentinde çatlak oluşumu gözlendiğini belirtmişlerdir. Dentinde oluşan bu çatlakların sebebinin ise kesit alma işlemi olduğu öne sürülmüştür¹⁶³. Özellikle kesit almak suretiyle incelenen çalışmalarda dentin çatlağı oluşumunun sıkça görünmesi, Stringheta ve ark., belirttiği gibi, yapılan işlemde ziyade kesit alma tekniğine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır¹⁶³.

Çalışmamızda, solvent kullanılan ve kullanılmayan her iki grupta da micro-CT yöntemi ile örneklerin incelendiği çalışmaların sonuçlarına paralel olarak, kanal tedavisi

tekrarı sonrasında çatlak oluşumu görülmemiştir. Bu bulgu solvent kullanımının çatlak oluşumuna herhangi bir etkisi olmayacağını savunulduğu nülhipotezimizle paraleldir.

De-Deus, Lim araştırmacılar çatlakların çoğu kez diş çekimi sırasında uygulanan aşırı kuvvetlere veya elde edilen örnek dişlerin önceden parafonksiyonel kuvvetlere maruz kalıp kalmaması, dentinin yaşı, dehidrasyon gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelmiş olabileceğini bildirmişlerdir^{128,164}. Lee ve ark.¹⁶⁵, dehidrasyonun kollajen ve proteoglikan matrisi üzerindeki meydana getirdiği zararlı etkilerin, dentin yapısı üzerinde tetikleyici görevi gördüğünü ve buna bağlı olarak stres miktarında ve çatlak yayılımında bir artışa neden olduğunu ve bunun da kırılma dayanımında önemli bir azalmaya sebep olabileceğini göstermiştir. Bu bulgular, serbest suyun kaybına bağlı kısmen dehidre olan kök dentinin, azaltılmış sertleşme mekanizması olan kırılma bir materyal özelliklerine sahip olduğunu gözlemleyen Nadeau ve ark. tarafından desteklenmiştir¹⁶⁶. Jameson ve ark., dentinin ortam koşullarına maruz kaldığı durumda 30 dakika içerisinde serbest su kaybının %85'inin meydana gelebileceğini gösterirken, Agee ve ark.¹⁶⁷, dehidrasyon koşullarına 5 dakika maruz kalan dentinin, uygulama sonrası, toplam bağlı su kaybının %10'a kadar çıktığını bildirmiştir. Dehidre dentinde gözlenen çatlakların çoğu, kökün dış yüzeyinden kaynak alır, radyaldir ve genellikle dentine doğru uzanır. Bu görüntü, stereomikroskop veya mikro-CT ile inceleme yapılan ve çekilmiş dişlerin kullanıldığı çoğu çalışmada bulunan dentin mikro çatlaklarının tipik görünümüdür. Bu tez çalışmasında ise, işlem öncesi yapılan incelemede de herhangi bir çatlak saptanmamıştır. Örnek dişlerin klinik geçmişleri bilinmediği için bu konu değerlendirilememiştir ancak travmatik çekim ve uygun koşullarda saklamaya bağlı olarak çatlak oluşmadığı düşünülmüştür. Bu da De-Deus ve ark. görüşlerine paralel olarak, benzer çalışmalarda görülen dentin çatlaklarının, inceleme yöntemine bağlı olarak ortaya çıkmış olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın sınırları içerisinde, yapılacak kanal tedavisi tekrarı ve dolgusu işlemlerinin dentin üzerinde herhangi bir defekte neden olmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla solvent kullanımının da herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kanal tedavisi sonrası kök kanallarında kalan artık madde miktarının belirlenmesinde radyografi ile inceleme, dikey/yatay kesit alma, şeffaflaştırma, SEM ile inceleme, dental operasyon mikroskobu ile inceleme gibi farklı inceleme yöntemleri kullanılmıştır. Son yıllarda kullanılmaya başlanan micro-CT yöntemi numunelere zarar

vermeden inceleme yapabilmenin haricinde, kalan artık madde miktarının ve lokalizasyonunun tam olarak belirlenebilmesi gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında da artık maddelerin inceleme yöntemi olarak micro-CT yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan kanal tedavisi tekrarlarında mevcut güta-perka ve kanal patının hangi teknik kullanılmış olursa olsun kanaldan tamamen uzaklaştırılamadığı literatürde belirtilmektedir¹³⁸. Bu tez çalışmasında kanal tedavisi tekrarı işlemlerinden sonra kök kanallarında kalan artık madde yönünden yapılan değerlendirmede ise bütün örneklerde, değişen miktarlarda artık madde kaldığı görülmüştür. Ancak yapılan istatistiksel değerlendirmede, solvent kullanılan ve kullanılmayan gruplar arasında artık madde yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Sağlam ve ark. yaptıkları çalışmalarında solvent kullanımının artık madde üzerinde etkisi olmadığını bildirmişlerdir⁷⁴. Sae Lim ve ark. yaptıkları çalışmalarında aynı ege sistemini kloroform kullanarak ve kullanmadan karşılaştırmış ve anlamlı bir fark olmadığını göstermişlerdir⁶⁶. Hülsmann ve Bluhm ise solvent kullanımının kanal duvarlarında meydana gelen temizliği arttırmadığını bildirmişlerdir⁶⁸.

Horvath ve ark., solvent kullanımının daha fazla güta-perka ve kanal patı artığının dentin tübüllerine ve kanal duvarlarına penetre olduğunu belirtmişlerdir¹⁵¹. Bunun sebebinin de solvent sebebi ile yumuşayan güta-perka ve kanal patı artığının dentinde mevcut olan düzensizliklere ve tübüllere daha rahat penetre olması ve temizlenmesinin mümkün olmamasına bağlamışlardır.

Takahashi ve ark. yaptıkları çalışmalarında PTR sistemini solvent kullanarak ve kullanmayarak karşılaştırmış, bütün örneklerde eski kanal tedavisine ait artıklar gözlenmekle beraber iki grup arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır⁵.

Gu ve ark., PTR döner alet sisteminin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında, kimyasal çözücü kullandıkları grupta kanal dolgu maddesinin yapışması ve tübüllere penetre olmasına yol açtığını bunun sonucunda da kanal duvar temizliğinin yeterli olmadığını bildirmişlerdir¹⁵⁰.

Bu tez çalışmasında da mevcut literatürlerin bulgularına paralel olarak solvent kullanılmasının artık madde üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Kalan artık

maddenin kök kanalı içerisinde dağılımı incelendiğinde bulgularımıza göre kanalın kural apikal ve orta kısımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Yapılan çalışmalarda, özellikle kıvrık köke sahip dişlerde, isthmus ve apikal bölgedeki gütaperkayı uzaklaştırmak için solvent kullanımından ziyade çeşitli mekanik yöntemlerin kullanılması ve etkili irrigasyon yapılmasını önermişlerdir^{151,168,169}.

Solvent kullanımının çalışma süresine etkisinin incelendiği çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Sağlam ve ark., yaptıkları çalışmalarında solvent kullanılan grupta çalışma zamanının anlamlı olarak farklı olduğunu, kıvrımlı kanallarda ise solvent kullanımının çalışma süresini kısalttığını belirtmişlerdir⁷⁴. Sae-Lim ve ark., Ferreira ve ark., Zuolo ve ark. gibi araştırmacılar da yaptıkları çalışmalarında solvent kullanımının çalışma zamanını anlamlı olarak kısalttığını bildirmişlerdir^{52,125,170}. Ma ve ark., yaptıkları çalışmalarında solvent kullanılan grupta çalışma uzunluğuna daha kısa sürede ulaşıldığını; ancak solvent kullanılmayan grupta yeterli gütaperka temizliğine ulaşmanın daha kısa sürdüğünü belirtmişlerdir¹⁴⁹.

Bu tez çalışmasında ise solvent kullanılmayan grupta çalışma süresinin daha kısa olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebinin ise solventin etki etmesi için gereken bir dakikalık sürecin beklenmesi olduğunu düşünmekteyiz.

Piyasada klinisyenlerin kullanımı için çok çeşitli solvent seçeneği bulunsa da hiçbirisi ideal özellikleri karşılayamamaktadır. Bu sebeple solvent kullanımı günümüzde tartışmalı bir uygulamadır. Yapılan çalışmaların çoğunda içeriğinden bağımsız olarak solvent kullanımının gütaperkanın uzaklaştırılmasında fayda sağlamadığı, aksine apikal bölgeye ve duvarlara daha fazla yapışmasına neden olarak ideal temizliği sağlamada zorluk çıkarttığı bildirilmektedir⁷⁶. Buna ek olarak kloroform ve türevi solventlerin insan sağlığı için toksik özellik taşıması gibi bir dezavantajı da bulunmaktadır⁷⁹. Bu nedenle solvent kullanımı klinisyenin tercihinde olan bir konudur. İdeale yakın bir şekilde yapılan kanal tedavisi tekrarı işleminde dahi kanal duvarlarında artık madde kaldığı belirlenmiştir. Bu artık maddenin endodontik tedavinin başarısını ne şekilde etkileyeceğini incelemek amacıyla daha ileri deneysel ve klinik araştırmalara gerek olduğunu düşünülmektedir. Bu çalışmanın sınırları içinde değerlendirildiğinde, günümüzde yaygın olarak şekillendirme ve kanal tedavisi tekrarı amacıyla kullanılan Ni-Ti sistemlerinin doğru kullanıldığı takdirde dentin defektlerine neden olmadığı ve güvenle kullanılabileceği kanaatindeyiz.

SONUÇLAR

Bu *in vitro* tez çalışmasının sınırları kapsamında aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- 1- Çalışmamızda, micro-CT yöntemi ile yapılan inceleme sonucunda, geleneksel Ni-Ti döner alet sistemi ile yapılan şekillendirme (Revo-S) ve lateral kondensasyon yöntemi kullanılarak yapılan dolgu işlemleri herhangi bir şekilde dentin çatlağı defekti oluşumuna neden olmamıştır.
- 2- Çalışmamızda, Ni-Ti kanal tedavisi tekrarı sistemi (PTU-R) ile solvent (GuttaSolv) kullanılarak veya kullanılmadan yapılan işlemler, dentin çatlağı defekti oluşumuna neden olmamıştır.
- 3- Solvent kullanılarak veya kullanılmadan gerçekleştirilen kök kanal tedavisi tekrarı işlemleri sonrasında, kök kanalının her üç seviyesinde de artık madde kalmıştır.
- 4- Kök kanal tedavisi tekrarı sırasında solvent kullanımı, kök kanalında kalan artık madde miktarı üzerinde anlamlı bir farka neden olmamıştır.
- 5- Kök kanalında kalan artık maddelerin dağılımları incelendiğinde kök kanalının kural, orta ve apikal kısımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.
- 6- Çalışma süresi yönünden yapılan karşılaştırmada, solvent kullanılmayan grupta, solvent kullanılan gruba göre işlem süresi istatistiksel bakımdan anlamlı ölçüde daha kısa bulunmuştur.
- 7- Bu çalışma sınırları içerisinde elde ettiğimiz sonuçlara göre, günümüzde yaygın olarak şekillendirme ve kanal tedavisi tekrarı amacıyla kullanılan Ni-Ti sistemlerinin ister tek başına isterse bir solvent ile birlikte kullanımının doğru bir uygulamayla dentin çatlağı defektlerine neden olmadığı ve güvenle kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Schilder H. Cleaning and Shaping the Root Canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-296.
2. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85(1):86-93. doi:10.1016/S1079-2104(98)90404-8
3. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. (A4)Three-dimensional Evaluation of Effectiveness of Hand and Rotary Instrumentation for Retreatment of Canals Filled with Different Materials. *J Endod.* 2008;34(11):1370-1373. doi:10.1016/j.joen.2008.07.024
4. Schirrmeister JF, Wrbas KT, Schneider FH, Altenburger MJ, Hellwig E. Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2006;101(4):542-547. doi:10.1016/j.tripleo.2005.03.003
5. Takahashi CM, Cunha RS, De Martin AS, Fontana CE, Silveira CFM, da Silveira Bueno CE. In Vitro Evaluation of the Effectiveness of ProTaper Universal Rotary Retreatment System for Gutta-Percha Removal with or without a Solvent. *J Endod.* 2009;35(11):1580-1583. doi:10.1016/j.joen.2009.07.015
6. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G. Dentinal Microcrack Formation during Root Canal Preparations by Different NiTi Rotary Instruments and the Self-Adjusting File. *J Endod.* 2012;38(2):232-235. doi:10.1016/j.joen.2011.10.011
7. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1: Periapical health. *Int Endod J.* 2011;44(7):583-609. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x
8. Kakehashi R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Natl Institue Dent Res.* 1965;20(3):340-349.
9. Moller AKEJR, Heyden GUY. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. 1981.
10. Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral*

- Rehabil.* 2016;43(10):753-758. doi:10.1111/joor.12423
11. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: The Toronto study. Phase 1: Initial treatment. *J Endod.* 2003;29(12):787-793. doi:10.1097/00004770-200312000-00001
 12. Ingle I., Beveridge E. Endodontic success & failure: the Washington Study. In: *Endodontics.* ; 1994:21-45.
 13. Ingle J SJ. Outcome of Endodontic Treatment and Re-Treatment. *Endodontics.* 2002:747-768.
 14. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990;16(10):498-504. doi:10.1016/S0099-2399(07)80180-4
 15. Alley BS, Gray Kitchens G, Alley LW, Eleazer PD. A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2004;98(1):115-118. doi:10.1016/j.tripleo.2004.01.004
 16. Peters OA, Barbakow F, Peters CI. An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *Int Endod J.* 2004;37(12):849-859. doi:10.1111/j.1365-2591.2004.00882.x
 17. Lazarski MP. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *J Endod.* 2001;27(12):791-796. doi:10.1097/00004770-200112000-00021
 18. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. The Outcome of Endodontic Treatment: A Retrospective Study of 2000 Cases Performed by a Specialist. *J Endod.* 2007;33(11):1278-1282. doi:10.1016/j.joen.2007.07.018
 19. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: The Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod.* 2004;30(9):627-633. doi:10.1097/01.DON.0000129958.12388.82
 20. Friedman S, Stabholz A. Endodontic retreatment-Case selection and technique. Part 1: Criteria for case selection. *J Endod.* 1986;12(1):28-33. doi:10.1016/S0099-2399(86)80278-3
 21. Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gängler P, Langeland K. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surgery, Oral Med*

- Oral Pathol.* 1991;71(5):603-611. doi:10.1016/0030-4220(91)90371-I
22. Alaçam T. Kök kanal tedavilerinde kullanılan aletler. In: *Endodonti.* ; 2000:201-225.
 23. Löst C. Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006;39(12):921-930. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x
 24. Chugal N, Mallya SM, Kahler B. Endodontic Prognosis. *Endod Progn.* 2017. doi:10.1007/978-3-319-42412-5
 25. McCaul LK, McHugh S, Saunders WP. The influence of specialty training and experience on decision making in endodontic diagnosis and treatment planning. *Int Endod J.* 2001;34(8):594-606. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00433.x
 26. Strindberg L. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations. *Acta Odontol Scand.* 1956;14(21):1-175.
 27. Şahinkesen G. Endodontide " retreatment ". 2006:59-61.
 28. Siqueria Jr JF. Microbial etiology of root canal treatment failure. *Int Endod J.* 2001;34(1):1-10.
 29. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. Endodontic Periapical Lesion: An Overview on the Etiology, Diagnosis and Current Treatment Modalities. *Eur Endod J.* 2020;5(2):54-67. doi:10.14744/eej.2020.42714
 30. Padmaja K, Shah A, Malpani S, et al. Retreatment in Endodontics: a Review. *J Adv Med Dent Sci Res.* 2015;3(1):205-208.
 31. Estrela C, Holland R, de Araújo Estrela CR, Alencar AHG, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J.* 2014;25(1):3-11. doi:10.1590/0103-6440201302356
 32. Mareschi P, Taschieri S, Corbella S. Long-term follow-up of nonsurgical endodontic treatments performed by one specialist: A retrospective cohort study about tooth survival and treatment success. *Int J Dent.* 2020;2020. doi:10.1155/2020/8855612
 33. Pucci F, Reig R. Conductos radicales. Vol I. *Buenos Aires Editor Medico-Quirurgica.* 1944:219-225.
 34. Liu SQ, Chen X, Wang XX, Liu W, Zhou X, Wang X. Outcomes and prognostic factors of apical periodontitis by root canal treatment and endodontic

- microsurgery—a retrospective cohort study. *Ann Palliat Med.* 2021;10(5):5027-5045. doi:10.21037/apm-20-2507
35. RAY HA, TROPE M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28(1):12-18. doi:10.1111/j.1365-2591.1995.tb00150.x
 36. Bier CAS, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The Ability of Different Nickel-Titanium Rotary Instruments To Induce Dentinal Damage During Canal Preparation. *J Endod.* 2009;35(2):236-238. doi:10.1016/j.joen.2008.10.021
 37. BERGENHOLTZ G, LEKHOLM U, MILTHON R, HEDEN G, ÖDESJÖ B, ENGSTRÖM B. Retreatment of endodontic fillings. *Eur J Oral Sci.* 1979;87(3):217-224. doi:10.1111/j.1600-0722.1979.tb00675.x
 38. Allen RK, Newton CW, Brown CE. CLINICAL ARTICLEA Statistical Analysis of Surgical and Nonsurgical Endodontic Retreatment Cases. 1989:1-6. papers3://publication/uuid/C88483DA-C405-4F26-A5A8-663B7BD7EED3.
 39. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod.* 1995;21(7):384-390. doi:10.1016/S0099-2399(06)80976-3
 40. Zandi H, Kristoffersen AK, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF, Enersen M. Microbial Analysis of Endodontic Infections in Root-filled Teeth with Apical Periodontitis before and after Irrigation Using Pyrosequencing. *J Endod.* 2018;44(3):372-378. doi:10.1016/j.joen.2017.11.019
 41. Nair PNR. *Pathogenesis of Apical Periodontitis and the Causes of Endodontic Failures.* Vol 15.; 2004. doi:10.1177/154411130401500604
 42. Friedman S, Stabholz A, Tamse A. Endodontic retreatment-Case selection and technique. Part 3. Retreatment techniques. *J Endod.* 1990;16(11):543-549. doi:10.1016/S0099-2399(07)80219-6
 43. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997;30(5):297-306. doi:10.1111/j.1365-2591.1997.tb00714.x
 44. Lin LM, Skribner JE, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *J Endod.* 1992;18(12):625-627. doi:10.1016/S0099-2399(06)81335-X

45. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *J Endod.* 2008;34(11). doi:10.1016/j.joen.2008.07.028
46. Siqueira JF, Rôças IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(1):85-94. doi:10.1016/S1079-2104(03)00353-6
47. Barbosa-Ribeiro M, Arruda-Vasconcelos R, Louzada LM, dos Santos DG, Andreote FD, Gomes BPFA. Microbiological analysis of endodontically treated teeth with apical periodontitis before and after endodontic retreatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25(4):2017-2027. doi:10.1007/s00784-020-03510-2
48. Sedgley CM, Lennan SL, Appelbe OK. Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals ex vivo. *Int Endod J.* 2005;38(10):735-742. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.01009.x
49. Waltimo TMT, Sirén EK, Torkko HLK, Olsen I, Haapasalo MPP. Fungi in therapy-resistant apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997;30(2):96-101. doi:10.1046/j.1365-2591.1997.00058.x
50. Nair PNR, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: A long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod.* 1990;16(12):580-588. doi:10.1016/S0099-2399(07)80201-9
51. Siqueira JF, Rôças IN, Lopes HP, Elias CN, De Uzeda M. Fungal infection of the radicular dentin. *J Endod.* 2002;28(11):770-773. doi:10.1097/00004770-200211000-00006
52. Ruddle C. Nonsurgical Retreatment. *Pathways Pulp.* 2002:9th edition.
53. Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod.* 2002;28(10):689-693. doi:10.1097/00004770-200210000-00003
54. Stabholz A, Friedman S. Endodontic retreatment-Case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment. *J Endod.* 1988;14(12):607-614. doi:10.1016/S0099-2399(88)80058-X
55. Duncan HF, Chong BS. Removal of root filling materials. *Endod Top.* 2011;19(1):33-57. doi:10.1111/j.1601-1546.2011.00257.x
56. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during

- retreatment procedures. *J Endod.* 2011;37(1):63-66. doi:10.1016/j.joen.2010.10.002
57. Tamse A, Unger U, Metzger Z, Rosenberg M. Gutta-percha solvents-a comparative study. *J Endod.* 1986;12(8):337-339. doi:10.1016/S0099-2399(86)80033-4
 58. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 2004;30(7):476-481. doi:10.1097/00004770-200407000-00005
 59. Friedman S, Rotstein I, Shar-Lev S. Bypassing gutta-percha root fillings with an automated device. *J Endod.* 1989;15(9):432-437. doi:10.1016/S0099-2399(89)80178-5
 60. Araquam KR, Britto MLB, Nabeshima CK. Evaluation of apical extrusion of debris during ultrasonic versus rotary instrumentation. *Rev Odonto Ciência.* 2009;24(1):32-35.
 61. Krell K V., Neo J. The use of ultrasonic endodontic instrumentation in the re-treatment of a paste-filled endodontic tooth. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1985;60(1):100-102. doi:10.1016/0030-4220(85)90222-1
 62. Joiner HL, Canales ML, del Rio CE. Temperature changes in thermoplasticized gutta-percha: A comparison of two ultrasonic units. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1989;68(6):764-769. doi:10.1016/0030-4220(89)90169-2
 63. Lipski M, Woźniak K. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperature rises during thermafil retreatment using system B. *J Endod.* 2003;29(6):413-415. doi:10.1097/00004770-200306000-00008
 64. Thompson SA. An overview of NiTi alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;(33):297-310.
 65. Yılmaz A, Helvacıoğlu D. Nikel-Titanyum Döner Alet sistemleri ile Retreatment. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2014;48(1):71-78.
 66. Sae-Lim V, Indulekha D, Lim BK, Lee HL. Effectiveness of ProFile .04 Taper rotary instruments in endodontic retreatment. *J Endod.* 2000;26(2):100-104. doi:10.1097/00004770-200002000-00010
 67. Saad AY, Al-Hadlaq SM, Al-Katheeri NH. Efficacy of Two Rotary NiTi Instruments in the Removal of Gutta-Percha During Root Canal Retreatment. *J Endod.* 2007;33(1):38-41. doi:10.1016/j.joen.2006.08.012
 68. Hülsmann M, Bluhm V. Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary

- NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endod J.* 2004;37(7):468-476. doi:10.1111/j.1365-2591.2004.00823.x
69. Barrieshi-Nusair KM. Gutta-percha retreatment: Effectiveness of nickel-titanium rotary instruments versus stainless steel hand files. *J Endod.* 2002;28(6):454-456. doi:10.1097/00004770-200206000-00009
 70. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod.* 1988;14(7):346-351. doi:10.1016/S0099-2399(88)80196-1
 71. Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, Branco Barletta F. Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *Int Endod J.* 2012;45(10):927-932. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02051.x
 72. Yadav P, Bharath MJ, Sahadev CK, et al. An in vitro CT comparison of gutta-percha removal with two rotary systems and hedstrom files. *Iran Endod J.* 2013;8(2):59-64. doi:10.22037/iej.v8i2.4010
 73. Taşdemir T, Yildirim T, Çelik D. Comparative Study of Removal of Current Endodontic Fillings. *J Endod.* 2008;34(3):326-329. doi:10.1016/j.joen.2007.12.022
 74. Sağlam BC, Koçak MM, Türker SA, Koçak S. Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: A micro-computed tomography study. *Aust Endod J.* 2014;40(2):76-80. doi:10.1111/aej.12041
 75. Gomes F de A, Daniel APB, Nunes RA, et al. Efficacy of gutta-percha solvents used in endodontic retreatments. *RSBO Rev Sul-Brasileira Odontol.* 2013;10(4):356-361.
 76. Dotto L, Sarkis-Onofre R, Bacchi A, Pereira GKR. The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2021;109(6):890-901. doi:10.1002/jbm.b.34753
 77. Vire DE. Chloroform in the endodontic operator. *J Endod.* 1992;18(6):301-303. doi:10.1016/S0099-2399(06)80958-1
 78. Alaçam T. Cerrahi Olmayan Endodontik Tekrarlayan Tedaviler. In: *Endodonti.* ; 2012:934.

79. Wennberg A, Ørstavik D. Evaluation of alternatives to chloroform in endodontic practice. *Dent Traumatol.* 1989;5(5):234-237. doi:10.1111/j.1600-9657.1989.tb00367.x
80. Schäfer E, Zandbiglari T. A comparison of the effectiveness of chloroform and eucalyptus oil in dissolving root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;93(5):611-616. doi:10.1067/moe.2002.121899
81. Wourms DJ, Dean Campbell A, Lamar Hicks M, Pelleu GB. Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal. *J Endod.* 1990;16(5):224-226. doi:10.1016/S0099-2399(06)81675-4
82. Barbosa S V., Burkard DH, Spångberg LSW. Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *J Endod.* 1994;20(1):6-8. doi:10.1016/S0099-2399(06)80018-X
83. Scelza MFZ, Coil JM, De Carvalho Maciel AC, Oliveira LRL, Scelza P. Comparative sem evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: An ex vivo study. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(1):24-29. doi:10.1590/S1678-77572008000100006
84. Sarıyılmaz E, Keskin C. Üç farklı çözücünün geleneksel güta-perka ve GuttaFlow üzerine etkisinin değerlendirilmesi: in vitro. *Acta Odontol Turc.* 2016;34(2):73-76. doi:10.17214/gaziaot.273929
85. Kaplowitz GJ. Evaluation of gutta-percha solvents. *J Endod.* 1990;16(11):539-540. doi:10.1016/S0099-2399(07)80217-2
86. Kaan Aşçı S. *No Title.*; 2014.
87. Kruzic JJ, Nalla RK, Kinney JH, Ritchie RO. Crack blunting, crack bridging and resistance-curve fracture mechanics in dentin: Effect of hydration. *Biomaterials.* 2003;24(28):5209-5221. doi:10.1016/S0142-9612(03)00458-7
88. Cohen S. Diagnosis. In: *Pathways of the Pulp.* ; 2006:1-39.
89. Shemesh H, van Soest G, Wu MK, Wesselink PR. Diagnosis of Vertical Root Fractures with Optical Coherence Tomography. *J Endod.* 2008;34(6):739-742. doi:10.1016/j.joen.2008.03.013
90. Tsesis I, Rosen E, Tamse A, Taschieri S, Kfir A. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: A systematic review. *J Endod.* 2010;36(9):1455-1458. doi:10.1016/j.joen.2010.05.003
91. Jameson MW, Hood JAA, Tidmarsh BG. The effects of dehydration and

- rehydration on some mechanical properties of human dentine. *J Biomech.* 1993;26(9):1055-1065. doi:10.1016/S0021-9290(05)80005-3
92. Gale MS, Darvell BW. Dentine Permeability and Tracer Tests. *J Dent.* 1999;27(1):1-11. doi:10.1016/S0300-5712(98)00038-4
 93. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1989;15(11):512-516. doi:10.1016/S0099-2399(89)80191-8
 94. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The Relationship of Root Canal Enlargement to Finger-Spreader Induced Vertical Root Fracture. 1997;23(8):533-534.
 95. Pilo R, Tamse A. Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with gates glidden and ParaPost drills. *J Prosthet Dent.* 2000;83(6):617-623. doi:10.1016/S0022-3913(00)70059-X
 96. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1(7):238-242. doi:10.1016/S0099-2399(75)80226-3
 97. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation systems. *J Endod.* 1987;13(4):147-157.
 98. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppim-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent.* 2009;37(12):903-908. doi:10.1016/j.jdent.2009.07.004
 99. Haznedaroğlu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(3):340-344. doi:10.1016/S1079-2104(03)00164-1
 100. Ozdemir HO, Buzoglu HD, Çalt S, Çehreli ZC, Varol E, Temel A. Chemical and ultramorphologic effects of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite in young and old root canal dentin. *J Endod.* 2012;38(2):204-208. doi:10.1016/j.joen.2011.10.024
 101. Çalt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-19. doi:10.1097/00004770-200201000-00004
 102. 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. *J Endod.* 2012;38(8):1110-1113. doi:10.1016/j.joen.2012.04.026

103. Tamse A. Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth. *Dent Traumatol.* 1988;4(5):190-196. doi:10.1111/j.1600-9657.1988.tb00321.x
104. Shemesh H, Bier CAS, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J.* 2009;42(3):208-213. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01502.x
105. McCann JT, Keller DL, LaBounty GL. Remaining dentin/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. *J Endod.* 1990;16(3):109-113. doi:10.1016/S0099-2399(06)81584-0
106. Guneser MB, Arslan D, Dincer AN, Er G. Effect of sodium hypochlorite irrigation with or without surfactants on the bond strength of an epoxy-based sealer to dentin. *Clin Oral Investig.* 2017;21(4):1259-1265. doi:10.1007/s00784-016-1885-1
107. Bajaj D, Sundaram N, Nazari A, Arola D. Age, dehydration and fatigue crack growth in dentin. *Biomaterials.* 2006;27(11):2507-2517. doi:10.1016/j.biomaterials.2005.11.035
108. Hassanloo A, Watson P, Finer Y, Friedman S. Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system. *Int Endod J.* 2007;40(8):633-643. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01261.x
109. A. Versiani M, Souza E, De-Deus G. Critical appraisal of studies on dentinal radicular microcracks in endodontics: methodological issues, contemporary concepts, and future perspectives. *Endod Top.* 2015;33(1):87-156. doi:10.1111/etp.12091
110. Clark DJ, Sheets CG, Paquette J. Definitive Diagnosis of Early Enamel and Dentin Cracks Based on Microscopic Evaluation. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15(7):391-401.
111. KELEŞ A, ALÇİN H. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klin J Endod-Special Top.* 2015;1(3):32-39.
112. Chapman H, Kirz J, Stampanoni M. X-ray Microscopy and Microtomography. *Synchrotron Radiat News.* 2013;26(2):2-3. doi:10.1080/08940886.2013.771061
113. Swain M V., Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci.* 2009;1(4):177-188. doi:10.4248/IJOS09031
114. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. *J Endod.* 2007;33(9):1121-1132. doi:10.1016/j.joen.2007.06.011

115. Bueno MR, Estrela C, De Figueiredo JAP, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *J Endod.* 2011;37(1):85-90. doi:10.1016/j.joen.2010.08.006
116. Gergi R, Osta N, Bourbouze G, Zgheib C, Arbab-Chirani R, Naaman A. Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2015;48(2):162-170. doi:10.1111/iej.12296
117. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, et al. Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. *J Endod.* 2015;41(7):1116-1119. doi:10.1016/j.joen.2015.02.012
118. De-Deus G, Silva EJ, NL ea., Marins J, et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod.* 2014;40(9):1447-1450. doi:10.1016/j.joen.2014.02.019
119. Başer Can ED, Keleş A, Aslan B. Micro-CT evaluation of the quality of root fillings when using three root filling systems. *Int Endod J.* 2017;50(5):499-505. doi:10.1111/iej.12644
120. Cantarini C, Macchi RL, Goldberg F. Evaluación radiográfica de los tratamientos realizados por alumnos de grado con dos técnicas de obturación endodóntica. *Rev Asoc Odontol Argent.* 2019;4970:42-48.
121. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *J Endod.* 2009;35(7):930-937. doi:10.1016/j.joen.2009.04.023
122. Gilbert BO, Rice RT. Re-treatment in endodontics. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1987;64(3):333-338. doi:10.1016/0030-4220(87)90014-4
123. Özyürek T, Tek V, Yılmaz K, Uslu G. Incidence of apical crack formation and propagation during removal of root canal filling materials with different engine driven nickel-titanium instruments. *Restor Dent Endod.* 2017;42(4):332. doi:10.5395/rde.2017.42.4.332
124. Milani AS, Froughreyhani M, Rahimi S, Jafarabadi MA, Paksefat S. The effect of root canal preparation on the development of dentin cracks. *Iran Endod J.* 2012;7(4):177-182. doi:10.22037/iej.v7i4.2847
125. Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, et al. Micro-computed Tomography

- Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. *J Endod.* 2017;43(4):619-622. doi:10.1016/j.joen.2016.11.013
126. de Oliveira BP, Câmara AC, Duarte DA, Heck RJ, Antonino ACD, Aguiar CM. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. *J Endod.* 2017;43(7):1143-1147. doi:10.1016/j.joen.2017.01.017
 127. Bayram HM. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod.* 2017;43(7):1166-1169. doi:10.1016/j.joen.2017.02.005
 128. De-Deus G, César de Azevedo Carvalhal J, Belladonna FG, et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod.* 2017;43(9):1553-1558. doi:10.1016/j.joen.2017.04.027
 129. Rödiger T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2012;45(6):580-589. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02014.x
 130. Rödiger T, Kupis J, Konietschke F, Dullin C, Drebenstedt S, Hülsmann M. Comparison of hand and rotary instrumentation for removing gutta-percha from previously treated curved root canals: A microcomputed tomography study. *Int Endod J.* 2014;47(2):173-182. doi:10.1111/iej.12128
 131. Çiçek E. Evaluation of microcrack formation in root canals after instrumentation with different NiTi rotary file systems: A scanning electron microscopy study. *Scanning.* 2015;37(1):49-53. doi:10.1002/sca.21178
 132. Ceyhanli KT. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: A micro-CT study. *Int Endod J.* 2016;49(7):684-689. doi:10.1111/iej.12497
 133. Kırıcı D, Demirbuga S, Karataş E. Micro-computed Tomographic Assessment of the Residual Filling Volume, Apical Transportation, and Crack Formation after Retreatment with Reciproc and Reciproc Blue Systems in Curved Root Canals. *J Endod.* 2020;46(2):238-243. doi:10.1016/j.joen.2019.11.003

134. Strawn SE, White JM, Marshall GW, Gee L, Goodis HE, Marshall SJ. Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions - Short term. *J Dent.* 1996;24(6):417-423. doi:10.1016/0300-5712(95)00106-9
135. Bortoluzzi EA. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *Int Endod J.* 2007;40(9):684-691. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01266.x
136. Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: Reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod.* 2013;39(4):501-504. doi:10.1016/j.joen.2012.11.045
137. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, et al. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod.* 2005;31(9):659-664. doi:10.1097/01.don.0000171942.69081.53
138. Wilcox LR, Krell K V., Madison S, Rittman B. Endodontic retreatment: Evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *J Endod.* 1987;13(9):453-457. doi:10.1016/S0099-2399(87)80064-X
139. Devale MR, Mahesh MC, Bhandary S. Effect of instrumentation length and instrumentation systems: Hand versus rotary files on apical crack formation – an in vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(1):ZC15-ZC18. doi:10.7860/JCDR/2017/22059.9159
140. Lertchirakarn V, Palamara JEA, Messer HH. Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. *J Endod.* 1999;25(2):99-104. doi:10.1016/S0099-2399(99)80005-3
141. Çapar ID, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. *J Endod.* 2015;41(2):253-256. doi:10.1016/j.joen.2014.10.012
142. Peters OA, Fied MS. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems : A Review. 2004.
143. Zandbiglari T, Davids H. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. :126-131. doi:10.1016/j.tripleo.2005.01.019
144. Bier CAS, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The Ability of Different Nickel-Titanium Rotary Instruments To Induce Dentinal Damage

- During Canal Preparation. *J Endod.* 2009;35(2):236-238. doi:10.1016/j.joen.2008.10.021
145. Pasqualini D, Scotti N, Tamagnone L. Hand-operated and Rotary ProTaper Instruments: A Comparison of Working Time and Number of Rotations in Simulated Root Canals. *J Endod.* 2008;34(3):314-317. doi:10.1016/j.joen.2007.12.017
 146. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J.* 2010;43(4):321-327. doi:10.1111/j.1365-2591.2010.01684.x
 147. Cassimiro M, Romeiro K, Gominho L, de Almeida A, Costa L, Albuquerque D. Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: A micro-CT analysis. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):4-9. doi:10.1186/s12903-017-0387-0
 148. Capar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, Arslan H, Ertas H. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol.* 2015;31(4):302-307. doi:10.1111/edt.12154
 149. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, et al. Efficacy of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: A micro-computed tomography study. *J Endod.* 2012;38(11):1516-1520. doi:10.1016/j.joen.2012.08.001
 150. Gu LS. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(4):288-295. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01350.x
 151. Horvath SD. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: A scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2009;42(11):1032-1038. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01616.x
 152. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The Effect of Root Preparation Technique and Instrumentation Length on the Development of Apical Root Cracks. *J Endod.* 2009;35(3):389-392. doi:10.1016/j.joen.2008.12.008
 153. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals : an SEM study. *Int Endod J.* 2013;1-6. doi:10.1111/iej.12197

154. Kubo M, Miura J, Sakata T, Nishi R. Structural modifications of dentinal microcracks with human aging. *Microscopy*. 2013;0(0):1-7. doi:10.1093/jmicro/dft028
155. Jamani KD, Harrington E, Wilson HJ. Rigidity of elastomeric impression materials. *J Oral Rehabil*. 1989;16(3):241-248. doi:10.1111/j.1365-2842.1989.tb01338.x
156. Yoshida N, Koga Y, Peng CL, Tanaka E, Kobayashi K. In vivo measurement of the elastic modulus of the human periodontal ligament. *Med Eng Phys*. 2001;23(8):567-572. doi:10.1016/S1350-4533(01)00073-X
157. Arashiro FN, De-Deus G, Belladonna FG, et al. Dentinal microcracks on freshly extracted teeth: the impact of the extraction technique. *Int Endod J*. 2020;53(4):440-446. doi:10.1111/iej.13239
158. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the protaper system. *J Endod*. 2013;39(8):1054-1056. doi:10.1016/j.joen.2013.04.013
159. Üstün Y, Topçuoğlu HS, Düzgün S, Kesim B. The effect of reciprocation versus rotational movement on the incidence of root defects during retreatment procedures. *Int Endod J*. 2015;48(10):952-958. doi:10.1111/iej.12387
160. Topçuoğlu HS, Demirbuga S, Tuncay Ö, Pala K, Arslan H, Karataş E. The effects of Mtwo, R-Endo, and D-RaCe retreatment instruments on the incidence of dentinal defects during the removal of root canal filling material. *J Endod*. 2014;40(2):266-270. doi:10.1016/j.joen.2013.07.024
161. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu G. Effect of glide path and apical preparation size on the incidence of apical crack during the canal preparation using Reciproc, WaveOne, and ProTaper Next systems in curved root canals: A stereomicroscope study. *Scanning*. 2016;38(6):585-590. doi:10.1002/sca.21304
162. Valle AD, Dotto L, Morgental RD, Pereira-Cenci T, Pereira GK da R, Sarkis-Onofre R. Influence of root canal preparation on formation of dentinal microcracks: A systematic review. *Braz Dent J*. 2020;31(3):201-220. doi:10.1590/0103-6440202002652
163. Stringheta CP, Pelegriane RA, Kato AS, et al. Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *J Endod*. 2017;43(12):2102-2107.

doi:10.1016/j.joen.2017.07.015

164. Lim H, Li FC, Friedman S, Kishen A. Residual Microstrain in Root Dentin after Canal Instrumentation Measured with Digital Moiré Interferometry. *J Endod.* 2016;42(9):1397-1402. doi:10.1016/j.joen.2016.06.004
165. Lee BS, Hsieh TT, Chi DCH, Lan WH, Lin CP. The role of organic tissue on the punch shear strength of human dentin. *J Dent.* 2004;32(2):101-107. doi:10.1016/j.jdent.2003.09.001
166. Nadeau B, Chen Z, Kishen A. Free Water Loss–induced Heterogeneous Residual Strain and Reduced Fatigue Resistance in Root Dentin: A 3-dimensional Digital Image Correlation Analysis. *J Endod.* 2019;45(6):742-749. doi:10.1016/j.joen.2019.03.012
167. Agee KA, Prakki A, Abu-Haimed T, et al. Water distribution in dentin matrices: Bound vs. unbound water. *Dent Mater.* 2015;31(3):205-216. doi:10.1016/j.dental.2014.12.007
168. Bodrumlu E, Uzun Ö, Topuz Ö, Semiz M. Efficacy of 3 techniques in removing root canal filling material. *J Can Dent Assoc (Tor).* 2008;74(8).
169. Jain M, Singhal A, Gurtu A, Vinayak V. Influence of ultrasonic irrigation and chloroform on cleanliness of dentinal tubules during endodontic retreatment-An invitro SEM study. *J Clin Diagnostic Res.* 2015;9(5):ZC11-ZC15. doi:10.7860/JCDR/2015/12127.5864
170. Ferreira JJ, Rhodes JS, Pitt Ford TR. The efficacy of gutta-percha removal using ProFiles. *Int Endod J.* 2001;34(4):267-274. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00379.x

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

KANAL TEDAVİSİ TEKRARINDA SOLVENT KULLANIMININ DENTİN ÇATLAĞI OLUŞUMUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 11	% 10	% 2	% 4
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 2
2	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	% 2
3	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	% 1
4	Submitted to Uludag University Öğrenci Ödevi	% 1
5	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	% 1
6	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
7	sualti.org İnternet Kaynağı	<% 1
8	www.7tepedis.com İnternet Kaynağı	<% 1

earsiv.atauni.edu.tr

