



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



**KÖK KANAL PREPARASYONUNDA KULLANILAN ÜÇ
FARKLI DÖNER EĞE SİSTEMİNİN DENTİN ÜZERİNDE
OLUŞTURDUĞU MİKRO ÇATLAKLARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Ömer ÖZKILIÇ

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL

DİYARBAKIR

2022





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



**KÖK KANAL PREPARASYONUNDA KULLANILAN ÜÇ
FARKLI DÖNER EĞE SİSTEMİNİN DENTİN ÜZERİNDE
OLUŞTURDUĞU MİKRO ÇATLAKLARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Ömer ÖZKILIÇ
UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL

DIYARBAKIR

2022

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce
desteklenmiştir. Proje No: DİŞ.22.002



BEYAN

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

02.08.2022

Dt. Ömer ÖZKILIÇ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca sabrını ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve tez çalışmamda emeği geçen değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL'e,

Eğitimim süresince emeği geçen, her daim engin fikirlerine ihtiyaç duyduğum Prof. Dr. Sadullah KAYA'ya,

Destek, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yardımlarına başvurduğum Dr. Öğr. Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA'ya ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL'a,

Hem tez sürecimde hem de hayatımın geri kalan tüm önemli süreçlerinde desteğini ve sevgisini hiç esirgemeyen Dt. Gamze DURAK'a,

Uzmanlık eğitimim süresinde arkadaşlığıyla hep yanımda olan, Uz. Dt. Ömer Feriât OKUMUŞ'a

Hayatımın her döneminde önemli kararlarımda yol gösterici olan, beni her konuda destekleyen günlere gelmemde büyük emekleri olan ve varlıkları ile bana güç veren sevgili aileme,

Bölümdeki tüm mesai arkadaşlarıma, sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
RESİMLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
ÖZET.....	1
ABSTRACT	3
1. GİRİŞ VE AMAÇ	5
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. Dentin Dokusunun Yapısı.....	7
2.1.1. Dentin Tübülü	7
2.1.2. Peritübüler dentin	8
2.1.3. İntertübüler Dentin	8
2.1.4. Dentin sıvısı	8
2.2. Kanal Tedavisi Aşamalarının Dentin Üzerindeki Etkisi.....	9
2.2.1. Diş Yapısında Meydana Gelen Madde Kaybının Dentin Üzerindeki Etkisi.....	9
2.2.2. Nem Kaybının Dentin Üzerindeki Etkisi	9
2.2.3. Kök Kanal Preparasyonunun Dentin Üzerindeki Etkisi.....	10
2.2.3.1. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Kök Dentininde Oluşabilecek Defektler	10
2.2.4. İrrigasyon Ajanlarının Kullanımının Dentin Üzerindeki Etkisi.....	11
2.2.5. Kök Kanal Dolgusunun Dentin Üzerindeki Etkisi.....	12
2.3. Dentin Defektlerinin İnceleme Yöntemleri.....	13
2.3.1. Endoskopi.....	13
2.3.2. Kesit Alma	13
2.3.3. Kızılötesi Termografi	13
2.3.4. Optik Koherens Tomografi	13
2.3.5. Stereomikroskop	14
2.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	14
2.3.7. LED (Light Emitting Diode) Transillüminasyon	15

2.3.8. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT).....	15
2.4. Endodontide Kullanılan El Aletleri.....	15
2.4.1. ISO 3630-1	16
2.4.2. ISO 3630-2:	16
2.4.3. ISO 3630-4.....	16
2.4.4. Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri.....	17
2.4.4.1. Birinci Jenerasyon Eğeler	17
2.4.4.2. İkinci Jenerasyon Eğeler	18
2.4.4.3. Üçüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler	18
2.4.4.4. Dördüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler	18
2.4.4.5. Beşinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler	19
2.5. Çalışmamızda Kullanılan Ni-Ti Döner Alet Sistemleri	19
2.5.1. Mtwo Döner Eğe Sistemi	19
2.5.2. Reciproc Döner Eğe Sistemi	20
2.5.3. TruNatomy Döner Eğe Sistemi	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. Örnek Sayısının Belirlenmesi	23
3.2. Dişlerin Seçilmesi	23
3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	25
3.4. Şekillendirme Prosedürü	25
3.5. Kesit Alma Protokolü.....	29
3.6. Örneklerin incelenmesi	29
3.7. İstatistiksel Analiz	31
4. BULGULAR	32
4.1. Stereomikroskop Bulguları	32
4.1.1. Kesit Seviyesine Göre Bulgular	32
4.1.1.1. Koronal Üçlü Seviyesindeki Bulgular	32
4.1.1.2. Orta Üçlü Seviyesindeki Bulgular	35
4.1.1.3. Apikal Üçlü Seviyesindeki Bulgular	38
4.1.2. Kesit seviyesi göz ardı edilerek yapılan istatistiksel karşılaştırma	40
5. TARTIŞMA	42
6. SONUÇLAR.....	51

7. KAYNAKLAR.....	52
8. EKLER.....	59
9. ORİJİNALLIK RAPORU.....	60



SEMBOLLER ve KISALTMALAR

%: Yüzde

°: Derece

Å: Angstrom

ark.: Arkadaşları

CM: Controlled Memory

EDTA: Etilendiamin Tetraasetik Asit

GPa: Gigapascal

ISO: Uluslararası Standardizasyon Örgütü

MAF: Ana apikal eğe (Master apical file)

mm: Milimetre

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

Ni-Ti: Nikel-Titanyum

NTDES: Nikel-Titanyum Döner Eğe Sistemleri

p: İstatistiksel anlamlılık

pH: Hidrojenin gücü (Power of hydrogen)

sn: Saniye

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

SS: Standart sapma

vb.: Ve benzeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Koronal üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skorlara ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri.....	34
Şekil 2. Orta üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skorlara ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri.....	36
Şekil 3. Apikal üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skorlara ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri.....	39



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Periodontal dokuların taklidi amacıyla otopolimerizan tamir akriliği ve silikon ölçü maddesine gömülen dişin örnek modeli.....	24
Resim 2. Çalışmamızda kullanılan endodontik motor	26
Resim 3. Çalışmamızda kullanılan Reciproc eğe sistemi	27
Resim 4. Çalışmamızda kullanılan TruNatomy eğe sistemi.....	27
Resim 5. Çalışmamızda kullanılan Mtwo eğe sistemi	28
Resim 6. Çalışmamızda kullanılan hassas kesme makinesi	29
Resim 7. Çalışmamızda kullanılan Stereomikroskop	30
Resim 8. Reciproc eğesi ile prepare edilmiş dişin koronal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 3: Kırık)	34
Resim 9. Mtwo eğesiyle prepare edilmiş dişin koronal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 2: Kısmi çatlak)	35
Resim 10. Mtwo eğesiyle prepare edilmiş dişin orta kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 3: Kırık).....	37
Resim 11. El eğesi ile prepare edilmiş dişin orta kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 0: Çatlak yok).....	37
Resim 12. Reciproc eğesi ile prepare edilmiş dişin apikal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 1: Kısmi çatlak)	39
Resim 13. TruNatomy ile prepare edilmiş dişin apikal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 0: Çatlak yok).....	40

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Mikro çatlak skorlarının eğe sistemlerine ve kesitlere göre dağılımı	32
Tablo 2. Koronal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi	33
Tablo 3. Orta üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi	35
Tablo 4. Apikal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi	38
Tablo 5. Kesit seviyesi göz ardı edildiğindeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi	40

Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Üç Farklı Döner Eğe Sisteminin Dentinde Oluşturduğu Mikro Çatlakların Değerlendirilmesi

Ömer ÖZKILIÇ

Özkan ADIGÜZEL

Endodonti Anabilim Dalı

ÖZET

Giriş ve Amaç:

Kök kanal preparasyonu, kök kanal tedavisinin başarısında en önemli aşamalardan biridir. Bunun yanında bu işlem kök dentininde kırık ve çatlaklara sebep olabilir. Farklı firmalar tarafından üretilen Nikel-Titanyum (Ni-Ti) esaslı döner eğe sistemleri, diş hekimleri tarafından zaman tasarrufu ve kesme etkinliği gibi avantajları sebebiyle sıkça kullanılırlar.

Bu çalışmada Reciproc, TruNatomy, Mtwo Ni-Ti döner eğe sistemleri ve K tipi el eğesinin kök kanal preparasyonu sırasında kök dentini üzerinde mikro çatlak oluşturmaları yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem:

Çalışmada 80 adet alt kesici insan dişi 4 gruba ayrıldı. Dişlerin boyu 18 mm'ye sabitlenerek Reciproc, TruNatomy, Mtwo Ni-Ti eğe sistemleri ve K tipi el eğesi ile prepare edildi. Periodontal ligamenti taklit etmek ve oluşan stresleri dengeli dağıtabilmek için preparasyon esnasında dişler, dental enjektörden elde edilen bir kalıp içerisine otopolimerizan tamir akriliğiyle birlikte gömüldü. Birinci gruptaki dişler Reciproc eğe sistemi kullanılarak, ikinci gruptaki dişler TruNatomy eğe sistemi kullanılarak, üçüncü gruptaki dişler Mtwo eğe sistemi kullanılarak prepare edildi. Dördüncü gruptaki dişlerde K tipi eğesi kullanılarak step-back metodu ile prepare edildi. Daha sonra örneklerden 3, 6, 9 mm seviyelerinden Hassas Kesme Cihazı (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) ile kesitler alındı. Elde edilen örnekler stereomikroskop (Zeiss Stemi 2000-C Stereomikroskop, Zeiss, Jena, Germany)

altında x40 büyütmede dentinde mikro çatlak varlığı bakımından incelenerek skorlandı. Elde edilen sonuçlar, istatistiksel açıdan değerlendirildi.

Bulgular:

Elde edilen veriler incelendiğinde tüm kesit seviyelerinde en fazla mikro çatlak, Reciproc eğesi ile yapılan dişlere ait kesitlerde görüldü. Reciproc ve Mtwo eğesi ile prepare edilen dişlerde 4 skora ait mikro çatlak türleri meydana geldi. El eğesi ile prepare edilen dişlerden elde edilen koronal ve orta kesitlerde birer adet çizgisel çatlak tespit edilirken apikal kesitte ise çatlak yoktu. TruNatomy eğesi 3 kesitte de mikro çatlak oluşumuna sebep olurken kırık oluşumuna sebep olmadı. Kesit seviyeleri karşılaştırıldığında koronal bölgede diğer kesitlere göre anlamlı derecede fazla çatlak olduğu görüldü.

Sonuç:

Elde edilen verilerde tüm kesit seviyelerinde Reciproc döner sistem eğesi ile yapılan şekillendirme sonucunda el eğesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla çatlak tespit edilmiştir. Kesit seviyeleri göz ardı edildiğinde; Reciproc eğe sistemi el eğesi ve TruNatomy'den, Mtwo eğe sistemi de el eğesinden istatistiksel olarak daha fazla mikro çatlak oluşturdu. Kesit seviyeleri karşılaştırıldığında koronal kesitte diğer kesitlere göre anlamlı derecede fazla çatlak olduğu görüldü. Dentinde çatlak oluşmasını etkileyen faktörlerin eğelerin farklı tasarımları, hareket şekilleri, koniklik açısının büyüklüğü olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında resiprokasyon hareketi ile yapılan preparasyon sonucunda rotasyon hareketine göre kök kanalında daha fazla mikro çatlak olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikro çatlak, Reciproc, TruNatomy, Mtwo, Stereomikroskop

Evaluation of Microcracks Formed by Three Different Rotary File Systems Used in Root Canal Preparation on Dentin

Ömer ÖZKILIÇ

Özkan ADIGÜZEL

Department of Endodontics

ABSTRACT

Introduction and Objective:

Root canal preparation is one of the most important stages in the success of root canal treatment. In addition, this process may cause fractures and cracks in the root dentin. Nickel-Titanium (Ni-Ti) based rotary attachment systems produced by different companies are frequently used by dentists due to their advantages such as time saving and cutting efficiency.

In this study, it was aimed to compare Reciproc, TruNatomy, Mtwo Ni-Ti rotary attachment systems and K type hand file in terms of micro-cracking on root dentin during root canal preparation.

Materials and Methods:

In the study, 80 lower incisors were divided into 4 groups. The length of the teeth was fixed to 18 mm and prepared with Reciproc, TruNatomy, Mtwo Ni-Ti file systems and K type hand insert. In order to mimic the periodontal ligament and to distribute the stresses evenly, the teeth were embedded with autopolymerizing repair acrylic in a mold obtained from the dental injector during the preparation. The teeth in the first group were prepared using the Reciproc file system, the teeth in the second group were prepared using the TruNatomy file system, and the teeth in the third group were prepared using the Mtwo file system. The teeth in the fourth group were prepared by step-back method using type K file. Then sections were taken from the samples with the Precision Cutting Device (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) at levels of 3, 6, 9 mm. The samples obtained were examined and scored for the presence of

microcracks in the dentin at x40 magnification under stereomicroscope (Zeiss Stemi 2000-C Stereomicroscope, Zeiss, Jena, Germany). The results obtained were evaluated from a statistical point of view

Results:

In the obtained data, the most microcrack formation was observed as a result of shaping with Reciproc rotary system file at all cross-section levels. It was observed that microcrack types belonging to 4 scores were formed in the teeth prepared with Reciproc and Mtwo files. While one linear crack was detected in the coronal and middle sections obtained from the teeth prepared with hand file, there was no crack in the apical section. It was observed that the TruNatomy file caused the formation of microcracks in all 3 sections, but did not cause the formation of fractures. When the section levels were compared, it was observed that there were significantly more cracks in the coronal region than in the other sections.

Conclusion:

In the obtained data, as a result of shaping with Reciproc rotary system file at all cross-section levels, statistically significantly more cracks were detected compared to hand files. When cross-sectional levels are ignored; The Reciproc file system generated statistically more microcracks than the hand file and TruNatomy, and the Mtwo file system created statistically more microcracks than the hand file. When the section levels were compared, it was observed that there were significantly more cracks in the coronal region than in the other sections. It has been determined that the factors affecting the formation of cracks in dentin are the different designs of the files, their movement patterns, the size of the taper angle. In addition, it was determined that more microcracks occurred in the root canal as a result of the preparation made with the reciprocating movement compared to the rotation movement.

Keywords: Microcrack, Reciproc, TruNatomy, Mtwo, Stereomicroscope

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kök kanal tedavisi, hastaların doğal diş sağlığının ve fonksiyonunun korunabilmesi için; kron ve kök pulpasının tümünün uzaklaştırılması, kök kanallarının anatomik formuna uygun olarak prepare edilmesi, dezenfeksiyonunun sağlanması ve hermetik şekilde doldurulması olarak tanımlanır. Kök kanal tedavisinde; kanal transportasyonu, basamak ve zip oluşumu, perforasyonlar, alet kırığı, vertikal kök kırığı ve mikro çatlak oluşumu karşılaşılabilecek komplikasyonlar arasındadır (1).

Mikro çatlaklar sıklıkla kök dentininin zaman içerisinde zayıflamasıyla oluşur (2). Öte yandan kök kanal tedavisi sırasında da dişte mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Mikro çatlakların oluşmasına yardımcı olan birçok faktör bulunmaktadır (3). Endodontik tedavi görmüş dişlerde dentin elastisitesinin azalması ve dentinde dehidratasyon meydana gelmesi bu faktörlerden bazılarıdır. Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan döner eğe sistemleri, dezenfeksiyonda kullanılan irrigasyon solüsyonları, kanal içi post uygulanmaları ve dolum aşamasında basınç ve kuvvet uygulanarak spreader kullanımı kök dentininde mikro çatlak oluşmasına sebep olabilmektedir (4).

Oklüzal kuvvetlerin neden olduğu tekrarlayan sıkıştırıcı kuvvetler, bir mikro çatlağın veya çatlak çizgisinin ilerlemesine ve kök kırığı oluşturmaya sebep olabilir (1). Ayrıca bazı yardımcı faktörlerin de vertikal kök kırığı oluşmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Yüksek konsantrasyonda sodyum hipoklorit ile irrigasyon, dişin anatomik formu, kanal içi post işlemleri ve farklı kanal dolgusu yöntemleri bunlardan bazılarıdır (5, 6). Vertikal kök kırığı, kök kanal tedavisinde en kötü prognoza sahip komplikasyonlardandır. Bu komplikasyon genellikle dişin çekimiyle sonuçlanır (5).

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki; diş hekimlerinin yaygın olarak kullandıkları Ni-Ti döner eğe sistemleri, vertikal kök kırığı veya mikro çatlak oluşmasının en büyük sebebidir (7). Son yıllarda Ni-Ti döner eğe kullanımı artmış ve bu artışa bağlı olarak yeni eğe sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Eğe sistemleri kök kanallarında preparasyon yaparken resiprokasyon ve rotasyon gibi farklı hareketler yaparlar. Birçok diş hekimi bu döner eğe sistemlerini; zamandan tasarruf sağlaması, etkili

kemomekanik şekillendirme yetisi, üstün esneklik özellikleri nedeniyle tercih etmektedir (5, 6). Ancak klinisyen açısından birçok olumlu özelliğe sahip bu aletler mikro çatlak oluşturma potansiyeli bakımından incelenmeye değer bulunmuş ve geçmişten günümüze kadar bu konu hakkında birçok çalışma yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında kök kanallarının preparasyonu için; resiprokasyon hareketi yapan Reciproc (VDW, Münih, Almanya) ve rotasyon hareketi yapan TruNatomy (Dentsply Sirona Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile Mtwo (VDW, Münih, Almanya) eğe sistemleri kullanılmıştır. Manuel preparasyon sistemi olarak ise K tipi el eğesi (Mani Inc., Tochigi-Ken, Japonya) tercih edilmiş olup çalışmanın amacı, alt keseci dişlerde kök kanal tedavisinde kullanılan TruNatomy, Mtwo ve Reciproc döner eğe sistemleri ve el eğesinin, kök kanallarının preparasyonu sırasında kök dentini üzerinde mikro çatlak oluşumuna etkilerini gözlemlemek ve bu gözlemleri karşılaştırmaktır. Mikro çatlak oluşturma bakımından sıralamanın büyükten küçüğe doğru: Reciproc, Mtwo, TruNatomy, el eğesi şeklinde olacağı tarafımızca ön görüldü ve bu da çalışmamızın sıfır hipotezini oluşturdu.

2. GENEL BİLGİLER

Endodonsiyum, pulpa dokusu ve onu çevreleyen dentin dokusunu kapsayan üç boyutlu bir sistemdir. Çok sayıda lateral kanallara, dallanmalara ve düzensiz bir yapıya sahip pulpa dokusu dentin tübülleri vasıtasıyla dentin-sement birleşimine kadar uzanır (8).

2.1. Dentin Dokusunun Yapısı

Mezoderm kökenli olan dentin, dişin hacimce en büyük payına sahip dokusudur. Dentin, odontoblast hücrelerinden sentezlenip pulpa boşluğunu çevrelerken; koronalde mine dokusuyla, kökte sement dokusuyla kaplı halde bulunur. Lokalizasyonuna göre yapısal özellikleri farklılık gösterebilir (9). Dentin kimyasal yapı yönünden kemiğe benzese de kompakt kemiğe göre daha serttir. Mine kadar mineralize ve kırılğan olmayan dentin, deformasyonlara karşı dayanabilecek yapıdadır. Dentin dokusunun sertliği Mohs sertlik skalasına göre 3-4'tür ancak mine dentin sınırında sertlik değeri artmaktadır. Pulpaya yakın bölgelerde ise sertliği azalmaktadır. Dentinin biyokimyasal içeriği ağırlık olarak %70 mineral yapısından, %20 organik matriksten, %10 sudan oluşurken; hacimsel olarak %50 inorganik, %30 organik madde, %20 sudan oluşur (9).

Dentin yapısal olarak;

1. Dentin tübülleri
2. Peritübüler dentin
3. İntertübüler dentin
4. Dentin sıvısı olmak üzere 4 bölümden meydana gelir (10).

2.1.1. Dentin Tübülü

Dentin tübülleri dentinin tüm kalınlığı boyunca pulpa boşluğundan mine-dentin veya dentin-sement sınırına dek uzanır. Dentin tübülleri dentinin hacmince %20-30'unu oluşturur. Tübüllerin sayı ve genişlikleri farklı bölgelere göre değişiklik gösterir. Dentin tübülü sayısı mine-dentin sınırında mm^2 'de 15.000-20.000 arasında değişiklik gösterirken, bu sayı pulpa boşluğuna bakan bölgelerde mm^2 'de 45.000-60.000'i bulur. Dentinin tübüllerinin çapının pulpal sınırda artması, intertübüler dentin

kalınlığının ve kollajen oranının azalmasına sebep olur. Dentin tübüllerinin çapı ve sayısı dentinde mekanik yönden farklılıklara yol açar. Tübül yoğunluğu ve dentin sertliği arasında ters orantı vardır (11).

2.1.2. Peritübüler dentin

Peritübüler dentin; dentin tübüllerinin etrafını çevreleyen, kollajen yönünden fakir, hipermineralize alanlardır. Peritübüler dentinin organik matriksi çok ince ve sık fibrillerden oluşur. Peritübüler dentin, intertübüler dentinden 5 kat daha serttir. Peritübüler dentinin daha fazla mineralizsyona ve daha az kollajene sahip olması, asit uygulamalarında intertübüler dentine oranla daha hızlı çözünmesine sebep olur. Peritübüler dentinin elastiklik modülü 29,8 GPa iken, intertübüler dentin pulpal duvarın olduğu bölgede 17,7 GPa, kök yüzeyine yakın bölgede 21,1 GPa olarak bulunmuştur (12).

2.1.3. İntertübüler Dentin

İntertübüler dentin, organik matriksi oluşturan bir kollajen iskelet ve onun üzerine çökelmiş hidroksiapatit kristallerinden meydana gelir. Dentinin esas kütlesini oluşturan intertübüler dentin, mine-dentin sınırından pulpaya yaklaşırken hacimce %96'dan %12'ye düşer (13).

2.1.4. Dentin sıvısı

Dentin sıvısı veya dentin lenfi, dentin tübüllerinin içinde konumlanmıştır. Dentin sıvısının hacimce %1'den azı hidroksiapatit kristalleri ve kollajene bağlı olarak bulunur. Kaynağı kılcal damarlar olan dentin sıvısının miktarı lokalizasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Mine dentin sınırından pulpaya doğru gittikçe, dentin tübüllerinin yoğunluğunun artmasıyla doğru orantılı olarak dentin sıvısı miktarı da artmaktadır. Dentin sıvısı oranı mine-dentin sınırında hacimce yaklaşık %1 iken, pulpal duvar çevresinde %22'lere kadar artmaktadır (14). Travma veya çürük sonucu dentin tübülleri açığa çıkar ve dentin sıvısı dışarıya doğru hareket eder. Bu hareketle sinirler uyarılır ve dentinde hassasiyet oluşur. Çürük sebebiyle bakteriler, dentin sıvısının içerisine girerek ürünlerini pulpaya ulaştırabilir ve bu yolla pulpada enflamasyon başlatabilirler. Pulpal enflamasyon ile birlikte pulpal basınç artar ve bu

basınç dentin sıvısını dışarıya doğru ittirir. Bu hareket pulpal enflamasyona sebep olan iritanları uzaklaştırmaya yarar (15).

2.2. Kanal Tedavisi Aşamalarının Dentin Üzerindeki Etkisi

Kök kanal tedavisinin dentin dokusunda meydana getirdiği değişiklikler tedavi başarısını önemli ölçüde etkiler. Tedavi esnasında oluşan tamamlanmış veya tamamlanmamış mikro çatlaklar vertikal kök kırığına sebep olabilecek bir süreci başlatır ve bu süreç çekimle sonlanır. Bu sebeple kök kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigasyon ajanlarının, medikamentlerin ve eğelerin, dentinin fiziksel yapısında oluşturdukları değişiklikleri irdelemek önemlidir.

2.2.1. Diş Yapısında Meydana Gelen Madde Kaybının Dentin Üzerindeki Etkisi

Kanal tedavisine başlarken giriş kavitesi açıldığında genellikle, restoratif tedavi için açılan kaviteden daha ciddi miktarda bir madde kaldırılır. Pulpa odasının tavanının kaldırılması ile beraber koronal dentinin yapısal bütünlüğü bozulmuş olur. Bu durumda diş, maruz kaldığı streslerden daha fazla etkilenir düşüncesi hakimdir. Buna karşın Reeh ve ark. çalışmalarında, kök kanal tedavisi amacıyla açılan giriş kavitesi ve restoratif sebeplerle açılan MOD kavitenin, dişin dayanıklılığı üzerinde sebep oldukları değişimleri karşılaştırmıştır. Araştırmacılar MOD kavitenin, endodontik giriş kavitesine göre dişin dayanıklılığını daha fazla azalttığını bulmuşlardır (16).

2.2.2. Nem Kaybının Dentin Üzerindeki Etkisi

Kök kanal tedavisi sonucunda dişte geri dönüşümsüz bir nem kaybı meydana gelir. Kök dentinindeki nem oranı yaklaşık olarak %13,2 olarak bildirilmiştir ve kök kanal tedavisiyle bu oranın düştüğü belirlenmiştir (17). Ayrıca bir başka çalışmanın sonucuna göre ise kök kanal tedavisi uygulanmamış vital dişlerde kollajene bağlı halde bulunan su oranının kök kanal tedavisi uygulanmış dişlere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (17, 18). Kök kanal tedavisinden sonra dişlerdeki nem kaybının, dişlerin kırılmaya karşı dayanımlarını azalttığı tartışmalıdır. Bu durumu destekleyen çalışmalar olduğu gibi; nemini kaybeden dişlerde, sertlik ve kırılmaya karşı dayanımda

bir değişiklik gözlenmeyen çalışmalar da vardır (19, 20). Sedgly ve Messer çalışmalarında; kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde oluşan nem kaybının, anlamlı bir fark oluşturmıyacak kadar önemsiz olduğunu bildirmişlerdir (21). Ayrıca dişin dentin dokusunda, mevcut mikro çatlakların ilerlemesini durdurmaya yönelik bir mekanizma olduğu ve dentin yorgunluğunun mikro çatlaklara sebep olduğunu bildiren çalışmalar da vardır (22, 23).

2.2.3. Kök Kanal Preparasyonunun Dentin Üzerindeki Etkisi

Kök kanallarının formu, aksesuar kanallar, isthmuslar, deltalar, anastomozlar gibi faktörler enfekte pulpa artıklarının temizlenmesini güçleştirdiği için kök kanal preparasyonunun başarısını olumsuz etkiler (24). Oval kanalların şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve doldurulması yuvarlak kanallara göre daha güçtür çünkü bu şekildeki kanallarda ulaşılması zor alanlar mevcuttur. Bu alanlara ulaşmak adına yapılan çevresel eğeleme ise kök dentini zayıflatır. Bu zayıflık ileride dentin defekti oluşmasına zemin hazırlayabilmektedir (25).

Kök kanal tedavisi sırasında ve sonrasında dişlerin fiziksel ve kimyasal yapılarında irreversibl birçok değişiklik meydana gelmektedir (26). Kök kanal tedavisinde preparasyon işlemi esnasında kök dentininde düzenli alanlar oluşturmak stresi eşit dağıtmak açısından önemlidir. Kök kanal tedavisi uygulanmış bir dişte stresler, dentin üzerindeki düzensiz alanlarda yoğunlaşır ve bu stres birikiminin sonucunda kökün kırılmaya karşı direnci azalır. Ni-Ti eğe sistemleriyle yapılan preparasyon sonucunda, el aletleriyle yapılan preparasyona göre kök kanallarında daha düzenli alanlar olduğu görülmüştür (27).

2.2.3.1. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Kök Dentininde Oluşabilecek Defektler

Kök kanallarının preparasyonu sırasında eğe ile kanal duvarı arasındaki temas dentin dokusunda gerilmeye sebep olur. Kök kanalı duvarındaki gerilme stresi, dentin gerilme direncini aştığında “mikro çatlaklara” ve “çizgisel çatlaklara” (craze line) sebep olabilir (28). Çizgisel çatlak; pulpa boşluğuna ya da kökün dış yüzeyine ulaşmayan dentin dokusunun içinde sınırlı kalan dentin defektleridir. Kök kanal

lümeninden başlayıp dişin dış yüzeyine kadar uzanan çatlaklar “tamamlanmış çatlak”, dişin dış yüzeyinden ya da kanal lümeninden başlayıp dentinde sonlananlar ise “tamamlanmamış çatlak” olarak adlandırılabilirler. Kırık,  atlak, kusur, defekt gibi terimler birbirlerinin yerine kullanılabilirler (29). Kök kanal preparasyonunun sebep olduğu dentinal defektler, oklüzal kuvvetlerin etkisiyle ilerleyebilir ve derinleşebilir. Defektlerin dikey yönde ilerlemesi ile oluşan vertikal kök kırıkları, endodontik tedavi görmüş dişlerin prognozunu olumsuz yönde etkiler. Bu komplikasyon sıklıkla ilgili dişin çekimiyle sonuçlanır ve bu durum diş hekimleri açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle kök kanal preparasyonu sırasında diş dokusuna en az zarar veren eğe sisteminin kullanılması vertikal kök kırığı riskini düşürerek, kanal tedavisinin başarısını arttırır (28). Ni-Ti sistemleriyle yapılan kök kanal preparasyonu sonucunda dentinde oluşan hasarlar konusunda bir fikir birliği yoktur. Yapılan çeşitli çalışmalar göstermiştir ki, Ni-Ti eğeler ile kök kanal preparasyonu sonucunda dentinal defekt oluşabilir ve bunlar ilerleyerek vertikal kök kırıklarına neden olabilir (30-32). Kök kanal preparasyonu sırasında birçok faktör dentinal defektlere neden olabilir. Döner sistem eğelerinin enine kesit şekli, koniklik açısı, apikal genişletme miktarı ve çalışma uzunluğuna göre kök dentininde oluşan stresler değişkenlik göstermektedir. Stres, dentin üzerindeki düzensiz alanlarda artar ve dentin dokusunu çatlak oluşumu için duyarlı hale getirir (31). Dentinde oluşan çatlak ve defektlerin oluşumu birçok çalışmada değerlendirilmiş ve farklı inceleme metotları kullanılmıştır.

2.2.4. İrrigasyon Ajanlarının Kullanımının Dentin  zerindeki Etkisi

Etkili bir organik doku çözücü olan ve endodontide en sık kullanılan NaOCl geniş antibakteriyel özelliğe sahiptir (33). NaOCl endodontik tedavilerde irrigasyon ajanı olarak %0,5 ile %6’lık konsantrasyon aralığında tercih edilir (34). NaOCl, içeriğindeki hipokloröz asit ile doku çözücü etki gösterir. Doku   z c  özellik bir dizi reaksiyonlar sonucunda gerçekleşirken dentinde biyokimyasal ve biyofiziksel değişiklikler meydana gelir (35).

Dentinin Tip 1 kollajene sahip organik yapısı ve hidroksiapatit kristallerine sahip inorganik yapısı bir araya gelerek dentine mekanik özellikler katar. Bu  zellikler ile dentin organo-inorganik özelliği olan kompleks halini alır. NaOCl, nonspesifik proteolitik özelliğiyle birlikte dentinle temas ettiği alanlarda kollajenin yapısını bozar

ve peptit zincirlerinin parçalanmasına sebep olur. Sonuçta dentinin organik yapısı bozulur ve esneklik, kırılma direnci, elastiklik modülü gibi mekanik özellikler de değişime uğrar (36).

Sim ve ark., yaptıkları çalışmada irrigasyon ajanı olarak %5,25'lik NaOCl kullanıldığında dişin kırılmaya karşı direncinin anlamlı olarak azaldığını ve kök dentininin Young modülünde de aynı şekilde azalma olduğunu bildirmişlerdir (5).

EDTA, kök kanallarında inorganik doku çözücü özelliği olan bir irrigasyon ajanıdır (37). Bu inorganik çözünme dentinin EDTA ile temas ettiği alanlarda yapısındaki kalsiyum iyonları kaybetmesiyle olur. Böylece dentinde dekalsifikasyon ile çözünme meydana gelir. EDTA, bu sebeplerden dolayı dentinin yapısal özelliklerini değiştirerek dentin mikrosertliğinde azalmaya sebep olur (38).

Kloreksidin geniş spektrumlu ve uzun süreli etkisiyle kök kanal dezenfeksiyonu için sıklıkla tercih edilen bir irrigasyon ajanıdır (39). Doku çözücü özelliğinin olmaması dezavantajlarından biridir. (40). Arı ve ark.'nın çalışmalarına göre %0,2'lik CHX solüsyonu, dentinin mikrosertliğinde herhangi bir değişime sebep olmamıştır (41). Oliveira ve ark.'nın çalışmalarına göre %2'lik CHX dentin mikrosertliğinde azalmaya sebep olmuştur (42).

2.2.5. Kök Kanal Dolgusunun Dentin Üzerindeki Etkisi

Kök kanal dolum teknikleri arasında günümüzde en sık kullanılanı, soğuk lateral kondensasyon tekniğidir. Dolum tekniklerinde esas amaç, fizyolojik foramende sonlanan bir dolum elde ederek kök kanalının homojen bir şekilde doldurulmasıdır. Soğuk lateral kondensasyon tekniği, fazla ekipman gerektirmemesi, kolay uygulanabilir olması ve boyutsal stabilitesinin iyi olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Lateral kondensasyon tekniğinin en büyük dezavantajı, kondensasyon esnasında kullanılan spreaderların dentinde meydana getirebileceği kuvvet iletimiyle defekt oluşumuna sebebiyet vermesidir. Bu dentin defektleri, vertikal kök kırığı oluşmasına zemin hazırlayabilmektedir (43).

2.3. Dentin Defektlerinin İnceleme Yöntemleri

2.3.1. Endoskopi

Endoskopi 1806 yılında Philipp Bozzini tarafından tanıtılmıştır. Endoskopi terimi içi boş organların ya da kanal formundaki yapıların içlerinin özel aletler aracılığıyla görüntülenmesine denir. Endoskop endodontide ilk kez 1979'da dental kırıkların teşhisinde kullanılmıştır (44). Von Arx ve ark., yaptıkları bir çalışmada dentinal defektlerin tespitinde endoskopiye kullanmışlardır (45).

2.3.2. Kesit Alma

Bu teknikte çekilmiş dişler akrilik bir kalıp içine gömülür ve bu kalıp bir mufla içine yerleştirilerek beyaz alçı dökülür. Hazırlanan bu model akrilik kalıbın istenildiği zaman alçıdan çıkarılması ve aynı konumda yerleştirilmesi yönünden önemlidir. Akrilik bloktan belirli seviyelerde enine kesitler alınarak kök kanal preparasyonundan önce görüntüler alınır. Ardından kesitler yeniden muflaya yerleştirilerek kök kanal preparasyonuna başlanır ve kesitler tekrar fotoğraflanır. Böylece preparasyon öncesi ve sonrası kesit görüntüleri karşılaştırılarak değerlendirme yapılır (46).

2.3.3. Kızılötesi Termografi

Herhangi bir madde içerisinde kusur (çatlak, kırık vb.) mevcut ise maddenin içerisindeki ısı akımı değişir. Bu kaide, bu yöntemin temelini oluşturur. Isı akımında değişiklikler madde yüzeyinde kısmi ısı değişimine, bu değişimler de yine madde yüzeyinde termal şekiller oluşmasına sebep olur. Bu termal şekillerin gözle görülebilir hale getirilmesi ise termografiyi oluşturur. Bu yöntemde kullanılan kızılötesi ışınlar, X ışınlarına kıyasla daha az zararlıdır (47). Matsushita Tokugawa ve ark., yaptıkları çalışmada 20 adet yeni çekilmiş dişte kök kanal preparasyonundan sonra gelişen dentinal defektleri gözlemlemek için Kızılötesi Termografi'yi kullanmışlardır (48).

2.3.4. Optik Koherens Tomografi

Optik Koherens Tomografi, kızılötesine yakın bir ışık yardımı ile dokuların yüksek çözünürlükte incelenmesine yarayan bir görüntüleme tekniğidir. Bu tekniğin temelini, ışığın değişik yüzeylerden geçerken gösterdiği yansıma farkları oluşturur. Bu

teknikte doku penetrasyonu yüksek ve herhangi bir biyolojik zararı bulunmayan kızılötesine yakın dalga boyunda bir ışık kullanılır (49). Shemesh ve ark., mandibular premolar dişlerde kök kanal preparasyonu sonrası oluşan dentinal defektleri Optik Koherans Tomografi yöntemini kullanarak incelemişlerdir (50).

2.3.5. Stereomikroskop

Stereomikroskoplar ışık mikroskobundan farklı olarak sabit dürbün mantığı ile çalışan, üç boyutlu görüntü elde etmeyi sağlayan bir mikroskop türüdür. Cherubin D'orleans 1671 yılında stereomikroskobu icat edilmiş olsa da bu mikroskobun görüntüleme özelliklerini geliştiren ve ilk başarılı stereomikroskop görüntülemesini yapan Francis Herbert Wenham'dır (51).

Geçmişten bu yana dentinal defektlerin incelenmesinde en sık kullanılan görüntüleme tekniği olan stereomikroskop, kök apeks anatomisinin incelenmesi, kök kanal preparasyonunun ve dolgusunun değerlendirilmesinde endodontik bir araştırma aracı olarak kullanılmaktadır. Endodontik çalışmalarda dişlerden belirli seviyelerde kesitler alınarak stereomikroskop altında incelenir. Literatürde kanal aletlerinin ve döner alet sistemlerinin sebep olduğu dentinal defektler üzerine yapılan çalışmalar genellikle, kökün farklı seviyelerinden alınan kesitlerin stereomikroskop ile doğrudan incelenmesi şeklindedir (52-54).

2.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Organ, doku ve hücrelerin topografik görüntülerini incelemek için kullanılan SEM, elektron demetinin örnek yüzeyini taraması prensibiyle çalışır. Elektron ışını örneğin yüzeyine çarptıktan sonra geriye yansır ve yansıyan elektronlar bir dedektör tarafından toplanır. Endodontide ilk olarak 1975 yılında smear tabakasının varlığını göstermek için kullanılmıştır (55). Literatürde dentin dokusunda oluşan defektleri tespit etmek için SEM kullanılmıştır. Öte yandan diş gibi iletken olmayan örneklerin SEM ile incelenmesi için fiksasyon ve dehidratasyon gibi aşamalardan geçmesi gerekir. Shemesh ve ark., dehidrasyon işleminin kök kanal preparasyonundan bağımsız olarak yeni dentinal defektlere neden olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Çapar ve ark., yaptıkları bir çalışmada SEM yönteminin preparasyon

işlemlerinden bağımsız olarak yeni dentin defekti oluşturduğunu gözlemlemişlerdir (56, 57).

2.3.7. LED (Light Emitting Diode) Transillüminasyon

Transillüminasyon, herhangi bir organ ya da vücut boşluğunun arkasından verilen kuvvetli ışıkla aydınlatılarak yapılır ve 1960'lardan beri diş hekimliğinde tanı ve tedavi amaçlarıyla kullanılmaktadır. LED 'ışık yayan diyot' kelimelerinin baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuş bir terimdir Transillüminatörler için seçilen LED'ler, görünür ışık spektrumunda (~ 400-700 nm) enerji salar. Dentin ve havanın kırılma indekslerinin farklılıkları nedeniyle çatlakla karşılaşan ışınlar, çatlaktan geçemez ve karanlık görülür. Böylece defekt ayırt edilmiş olunur (58).

2.3.8. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

1980'lerin başında Jim Elliott ilk X ışınlı mikro bilgisayarlı tomografi cihazını geliştirdi. Endodontide mikro-BT ilk olarak kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır (59). Aynı zamanda kök kanal preparasyonunun değerlendirilmesi, kök kanal dolgusunun ve kanal yenilemeden sonra kalan dolgu materyalinin incelenmesi gibi aşamalarda da kullanılmaktadır. Kök kanal preparasyonu öncesinde de örneklerin değerlendirilmesine izin vererek var olan çatlakları belirlemeye yardımcı olması ve dentinal çatlakları kontrast madde kullanımına gerek kalmadan üç boyutlu görüntülemeye olanak sağlaması avantajlarıdır (60). Bu nedenle mikro-BT, son yıllarda endodontik araştırmalarda oldukça popüler hale gelmiştir. Avantajlarının yanında örneklerin mikro-BT tarama ve rekonstrüksiyon (yeniden yapılandırma) işlemlerinin zaman alması, yüksek radyasyon dozu, klinik kullanım için uygun olmaması ve pahalı olması bu görüntüleme tekniğinin dezavantajlarıdır (61).

2.4. Endodontide Kullanılan El Aletleri

Endodontide aletler tanı, giriş kavitesinin açılması, kanalların bulunması, kanal genişletilmesi, kanal boyu tespiti, kanal irigasyonu, kanal dolgusu, perforasyon tamiri

ve apikal cerrahi gibi işlemler için kullanılmaktadır. Birinci nesil aletler yalnızca ön grup dişlerde preparasyon yapabilecek şekilde tasarlanıp üretilmiştir. İlerleyen zamanlarda arka grup dişlerde eğri ve dar kanallarda etkin bir şekilde kullanılabilen aletler tasarlanmıştır. Bu sayede hekimler ilgili dişe uygun aletler kullanarak zamandan tasarruf etmiş aynı zamanda daha hassas çalışabilmişlerdir. Endodontide kullanılan el aletleri I.S.O. (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) tarafından 3630-1, 3630-2, 3630-4 nolu standartlarla sınıflandırılmıştır.

2.4.1. ISO 3630-1

Bu grubu kök kanal aletleri oluşturur.

Tip 1 (Standart ebatlı aletler): % 2'lik koniklik açısına sahiptirler.

Tip 2 (Konikleştirilmiş aletler): % 2'den farklı koniklik açısına sahiptirler.

Tip 3 (Şekli aletler): Ark şeklindedirler.

Tip 4 (Konik olmayan aletler): Tek şekilleri vardır.

Tip 5 (Farklı koniklikleri olan aletler): Bir koniklikten daha farklı başka ölçüde koniklik açılarını da bünyesinde içerir.

2.4.2. ISO 3630-2:

Bu grup genişleticiler olarak adlandırılmıştır.

Tip G, Tip P, Tip Bl, Tip B2, Tip M

2.4.3. ISO 3630-4

Bu grup endodontik tedavide yardımcı aletler olarak adlandırılmıştır.

Tip 1: Tirnerfler

Tip 2: Raspalar

Tip 3: Pat taşıyıcılar

Tip 4: Sondlar ve parmak sondları

Kök kanal preparasyonu yapılırken kök dentininde düzenli alanlar oluşturulabilmek için kullanılan aletler tüm duvarlara temas etmelidir. Kök kanallarında kullanılan aletler zaman içerisinde gelişim gösterse de düzensiz kanal boşluklarının tüm duvarlarına temas edecek bir alet henüz tasarlanamıştır. Bunun yanında paslanmaz çelik aletlerin esneklikleri sınırlı olması aşırı eğri kanallara uyumsuzluğa sebep olabilmektedir. Daha esnek yapıda olan Ni-Ti eğelerin koniklik açıları, kesici bıçakların dizaynı, apikal şekilleri ve diğer özelliklerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürmektedir (62) .

2.4.4. Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

Kök kanalı şekillendirme işlemi el eğeleri veya Ni-Ti döner eğe sistemleriyle yapılmaktadır. 1990'ların başında ilk Ni-Ti döner eğe sistemi ortaya çıkmıştır (63). Ni-Ti döner eğe sistemlerinin el eğelerine kıyasla anlamlı olarak daha az transportasyon oluşturduğu gösterilmiştir. Ni-Ti döner eğe sistemleri el eğelerine göre daha etkin bir aşındırma yapabilmek adına devamlı bir gelişim göstermiştir. Bu eğe sistemleri klinik prosedürler ve ideal çalışma ölçütleri göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Endodonti pratiğinde 1990'lardan beri kullanılan Ni-Ti döner eğe sistemleri, günümüze kadar fonksiyon ve tasarım özelliklerine göre sürekli değişim göstermiş olup bu özelliklerine göre 5 jenerasyona ayrılmaktadır (64).

2.4.4.1. Birinci Jenerasyon Eğeler

Dr. John McSpadden 0.02 koniklik açısına sahip ilk Ni-Ti döner eğe sistemini 1992 yılında tasarlanmıştır. Kök kanallarını şekillendirme aşamasında eğelerin kırılmaya karşı direnci ile ilgili birtakım sorunlar ortaya çıkmıştır (65). Eğelerin kök kanal preparasyonu sırasında kırılmaya karşı dirençlerinin artırılması için çapraz kesit dizaynında modifikasyonlar yapılması planlanmıştır. Eğelerin kesitleri U şeklinde tasarlanmış ve bu kesit dizaynına uygun radyal alanlar oluşturulması öngörülmüştür. Bu radyal alanlar aracılığıyla eğelerin dentinde sıkışmasının önüne geçilmesi hedeflenmiştir (66).

2.4.4.2. İkinci Jenerasyon Eğeler

1990'ların sonunda yeni nesil Ni-Ti döner eğeler piyasaya çıkmıştır. Bu eğeleri diğer jenerasyondan ayıran en önemli özellikler radyal alan bulundurmayan daha etkin kesici kenarlara sahip olmaları ve kök kanal şekillendirmesinin tamamlanabilmesi için daha az sayıda eğeye ihtiyaç olmasıdır. Ayrıca eğelerin uzun eksenleri ile kesici kenarları arasındaki açı azaltılarak kullanım sırasında vidalanma etkisinin büyük ölçüde azaltılması sağlanmıştır (65). ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaquies, İsviçre), K3 (SybronEndo, Orange CA, ABD), Mtwo (VDW, Münih, Almanya), EndoSequence (Brasseler, Savannah, ABD) ve BioRaCe (FKG; Dentaire, La Chaux-deFonds, İsviçre) eğe sistemleri ikinci jenerasyon eğe sistemlerindendir.

2.4.4.3. Üçüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler

Ni-Ti alaşımın metalurjik özelliklerinin geliştirilmesi ile üretilen üçüncü nesil Ni-Ti döner alet sistemleri bu gelişimden direkt olarak etkilenmiştir. Bunun sonucunda eğeler üretilirken ısıtım işlem uygulaması, Ni-Ti alaşımların faz değişimleri düzenlenmesi ve yorgunluk dirençlerinin artırılması sağlamıştır (67). Yakın zamanlarda üretilen, HyFlex CM (HyFlex; Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, ABD), K3XF (SybronEndo, Orange, CA, ABD), ProFile GT Series X (GTX; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) üçüncü nesil eğelerdendir. Ni-Ti alaşımlara bir dizi ısıtım işlem uygulanarak M-wire alaşımı üretilmiş ve 2007 yılında piyasaya sunulmuştur. M-wire alaşımı, endodontik eğeleri daha esnek ve yorulmaya karşı daha dirençli duruma getirecek fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir (68). M-wire alaşımı kullanılarak üretilen ilk ticari NiTi döner eğe sistemi Profile GT Series X eğeleridir. ProFile Vortex ve ProFile Vortex Blue (Dentsply Maillefer, Ballaquies, İsviçre) eğeleri ise bu alaşımdan üretilen diğer üçüncü nesil eğe sistemleridir.

2.4.4.4. Dördüncü Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler

4. jenerasyon eğeler piyasaya sürülene kadar eğelerin alaşım ve yüzey özellikleri ile ilgili çalışmalar yapılırken, kök kanal şekillendirme işlemleri devamlı rotasyon yaparak çalışan Ni-Ti döner eğe sistemleriyle yapılmaktaydı. Dördüncü nesil eğelerde ise eğenin çalışma kinematiği üzerinde gelişimler kaydedilmiş ve resiprokasyon

hareketi ilk defa bu nesildeki eğeler ile kullanılmıştır. 1958 yılından beri paslanmaz çelik eğeler üzerinde yapılan saat yönü ve saat yönünün tersi yönde hareketlerin Ni-Ti döner ege sistemleri üzerine uyarlanması düşünülmüştür. Roane ve ark. tarafından tanımlanan ve eğri kök kanallarının şekillendirilmesinde paslanmaz çelik el eğelerinin saat dönüş yönünde ve saat dönüş yönünün tersi yönde eşit olmayan hareketlerle kullanıldığı etkili bir teknik olan Dengeli Kuvvet (Balanced Forced) tekniğinden yola çıkılarak resiprokayon hareketi bulunmuştur (69).

2.4.4.5. Beşinci Jenerasyon Ni-Ti Döner Eğeler

5. jenerasyon ege sistemlerinin kesitsel özellikleri, kütle ve rotasyon merkezleri asimetrik olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu eğeler rotasyon sırasında, eğenin çalışan kısmının uzunluğu boyunca dolaşan mekanik bir hareket dalgası üretir. Herhangi bir ProTaper egesinin aşamalı olarak artan konikliğinin sağladığı gibi, bu jenerasyondaki eğelerin tasarımı da ege ile dentin arasındaki bağlanma miktarını daha da azaltmayı hedefler (70). Beşinci jenerasyon eğelere örnek olarak; ProTaper Next (PTN; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), TRUShape 3D Conforming eğeler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) —offset (asimetrik) tasarıma sahip eğeler gösterilebilir.

2.5. Çalışmamızda Kullanılan Ni-Ti Döner Alet Sistemleri

2.5.1. Mtwo Döner Ege Sistemi

Mtwo (VDW, Munich, Germany) sistemi 2003 yılında Prof. Dr. Vito Malagnino tarafından geliştirilmiştir. Sistem modifiye step-back yöntemi ile kullanılır ve bu özelliği onu diğer döner ege sistemlerinden ayırır. Eğenin sap kısmında renkli bir halka ve bu halkanın üzerinde oyuklar bulunur. Halkanın rengi ISO standardına göre aletin boyunu, oyuklar ise eğenin koniklik açısını gösterir. Bir halka %4, iki halka %5, üç halka %6 ve dört halka %7 koniklik açısını temsil eder. Arka grup dişlerde çalışma kolaylığı sağlamak amacıyla shaft uzunluğu 11 mm olarak tasarlanmıştır.

Bu sistemde, aletin daha kontrollü ilerlemesini sağlayan vertikale yakın spiralleri olan iki kesici köşe oluşturulmuştur. Kesici köşeler eğenin kanalda çalışmasını kolaylaştıracak şekilde keskindir. Bıçaklar arasındaki uzaklık, ege boyunca apikalden koronale doğru gittikçe artar. S şeklinde kesite sahip olan Mtwo eğeler pozitif kesme

açısı ile çalışırlar. Bununla birlikte minimum kontakta kalınarak dentin talaşlarının uzaklaşabileceği yeterli boşluk sağlanması hedeflenilmiştir. Diğer birçok sistemde olduğu gibi eğenin uç kısmı pasiftir ve yuvarlatılmıştır. Mtwo eğe sistemi 10.04 ve 15.05 numaralı eğelere sahip tek sistemdir. Mtwo 6'lı halde steril edilmiş ve blister halde paketlenmiştir.

Çalışma boyu röntgen veya apeks bulucu yardımıyla tespit edildikten sonra çalışma boyuna 15 veya 20 numaralı K-tipi eğeler ile ulaşıldıysa 10.04 veya 15.05 numaralı eğelerin kullanılmasına gerek yoktur. 15.05 veya 20.06 numaralı eğeler ile preparasyona başlanır. İşlem esnasında alete baskı uygulanmadan sabit dönme hızı ile çalışılmalıdır. Preparasyon esnasında tüm Mtwo eğeleri çalışma boyunda (Tek boy tekniği) ve hafif apikal basınç ile kullanılır. Üretici firmaya göre her Mtwo eğesinin bir kere kullanılması en güvenli seçenektir. Eğer eğeler birden fazla kullanılacaksa her eğenin kaç kere kullanıldığı takip edilmelidir. Tekrarlayan eğe kullanımında dikkat edilmesi gereken kriterler;

Geniş, düz kanallar: Ön dişler= azami 8 kanal

Dar ve orta eğimli dişler: Premolarlar= azami 4 kanal

Dar ve çok eğimli dişler: Molarlar= 1 kanal şeklindedir.

Altunbaş ve ark., eğri kanallarda K3 ve Mtwo sistemlerinin şekillendirme etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında Mtwo döner eğe sisteminin; diğer sistemlere göre daha hızlı, etkin ve anatomik kanal formuna uygun şekilde preparasyon yaptığını belirtmişlerdir (71).

2.5.2. Reciproc Döner Eğe Sistemi

Reciproc, VDW firması tarafından geliştirilen ve adını aldığı resiprokasyon hareketi ile çalışan bir eğe sistemidir. Sistem üç farklı boyutta eğeye sahiptir.

R25 numaralı eğenin apikal çapı (D0) 0.25 mm'dir ve ilk 3 mm de %8 koniklik açısına sahiptir. R40 numaralı eğenin apikal çapı 0.40 mm'dir ve ilk 3 mm de %6 koniklik açısına sahiptir. R50 numaralı eğenin apikal çapı 0.50 mm'dir ve ilk 3 mm de

%5 koniklik açısına sahiptir. Tüm eğeler apikal 3 mm'lik kısmından sonra azalan koniklik açısına sahiptir.

Reciproc bir tek eğe sistemidir yani bu sistem ile preparasyon yapılırken, kanalın genişliğine göre seçilen tek eğenin kullanılması yeterlidir. Ön genişletmenin yapıldığı standart yaklaşımların tersine bu sistemde konvansiyonel eğelerle giriş yolu oluşturulmasına gerek kalmadan preparasyon yapılabilir. Eğe kök kanalında hareket ederken karşılaştığı en ufak bir direnci takip ederek kanalın giriş yolunu açmayı kolaylaştırır ve hekime zaman tasarrufu sağlamış olur (72).

Enine kesiti “S” şeklinde olan Reciproc eğeleri bir saniyede 10 resiprokasyon hareketi ile çalışır. Bu da hız olarak yaklaşık olarak 300 rpm'e karşılık gelir. Eğe saat yönünün tersine 150° döndüğünde (büyük olan döngü) kanalda ilerlerler ve kesme işlemi yapmak için dentine bağlanır. Saat yönünde 30° döndüğünde (daha küçük olan döngü) eğenin dentinle bağlantısı kesilir. Bu esnada debris serbestleşerek uzaklaşır. Resiprokasyon hareketi ile eğenin ilerlemesi neredeyse otomatik olarak gerçekleşir. Bu yüzden eğeye çok az apikal basınç uygulanmalıdır. Bu özellik Reciproc eğe sisteminin dar kanallarda güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlar (73). Üretici firma aşırı eğimli kanallarda Reciproc eğe sisteminin kullanımı önermez. Resiprokasyon hareketiyle aletin kök kanalı içerisinde vidalanması ve sıkışmasının azaldığı düşüncesi hakimdir. Aynı şekilde resiprokasyon hareketi sayesinde eğenin kanalın merkezinde konumlanmasına olanak sağlandığı, eğenin üzerindeki streslerin ve döngüsel yorgunluğun azaldığı düşünülmektedir. Reciproc eğeler 11 mm' lik kısa sapa sahiptir. Bu uzunluk başka eğe sistemlerinde 13 mm veya daha fazla olabilmektedir. Reciproc eğelerin kısa saplı olması büyük azı dişlerde kullanım kolaylığı sağlar. Eğelerin saplarında bulunan renkli plastik bantlar diğer bir ayırt edici özelliğidir. Eğenin uç boyutunun ISO renginde silikon stoper eğenin boyun kısmına yerleştirilmiştir. Bu renkli stoper eğenin tanınmasına yardımcı olur. 360° resiprokasyonun tamamlanması için gerekli üç hareketin takibi stoper üstünde bulunan üç oluk aracılığıyla yapılır. Üretici firma eğenin sadece bir vakada kullanılmasını önerir. Reciproc eğeler önceden sterilize edilip blister halinde paketlenmiştir. Eğer Reciproc eğeler otoklavda tekrar steril edilirse, sapındaki renkli plastik bant şişer ve angldruvaya tekrar takılamaz. Bu özelliği, hem birden fazla hastada kullanım sebebiyle oluşabilecek yorgunluğa bağlı

kırık riskinin hem de hastalar arası çapraz kontaminasyon riskinin önüne geçilmesi için tasarlanmıştır (74).

2.5.3. TruNatomy Döner Eğe Sistemi

TruNatomy, Dentsply Sirona firması tarafından piyasaya sunulan, tam tur rotasyon hareketi, 1,5 Ncm tork ve 500 dk/tur hızda çalışan Ni-Ti kanal eğesidir. Üretim sonrası ısıtıl işlem uygulanarak alete biçimsel özellikler kazandırılmıştır. TruNatomy eğelerinin şekil hafıza özelliği, kanalın doğal anatomisi izleyebilmesi açısından önemsenmiştir fakat esnekliği M-Wire ve geleneksel Ni-Ti eğelerine göre daha azdır. Eğelere ön eğim verilebilmektedir.

Sistem; şekillendirme eğeleri, emici konlar, güta perka esnek irigasyon iğnesinden oluşur. Sistemin tüm boydaki eğeleri geleneksel döner Ni-Ti eğelerine göre daha ince olarak başlar. Eğelerin pasif olan boyun kısmı 0,8 mm çapındadır. Halbuki geleneksel bir Ni-Ti döner alet eğesinin bu kısmının çapı genellikle 1,20 mm'dir. Eğenin ince başlayan pasif kısmının devamında yine geleneksel Ni-Ti döner alet eğelerinin çalışan kısımlarına nispeten daha ince olan bıçaklı kısmı gelir. Yani kök kanalının koronal girişinden apekse kadar konservatif bir preparasyon ilkesi bu sistemin temelini oluşturur. Özellikle kök kanalının koronal girişinde fazla preparasyon yapmaktan imtina eden sistem periservikal dentin kalınlığını korumayı hedefler. Bu kalınlığın dışın uzun dönem dayanıklılığıyla doğrudan ilişkisini kanıtlayan çalışmalar mevcuttur (75).

Sistemin TruNatomy Orifice Modifier, TruNatomy Glider, TruNatomy Prime File (26/04), TruNatomy Medium file (36/03) ve TruNatomy Small file (20/04) olmak üzere farklı boyutları mevcuttur. Giriş eğesi olan TruNatomy Orifice Modifier eğesinin total boyutu 16 mm çalışan kısmı ise 7 mm'dir. Firma bu eğe ile minimal koronal genişletmenin ardından TruNatomy Glider ile apekse kadar rehber yolunu optimize etmeyi önerir. Son olarak da TruNatomy Prime File, TruNatomy Medium file ve TruNatomy Small file eğelerinden biri veya birkaçı ile final preparasyonu yapılır. Baştan sona minimal invaziv çalışılan kök kanalında irigasyonun uygun derinliklere ulaşabilmesi için esnek, plastik ve preparasyona uygun incelikte bir irigasyon iğnesi sisteme dahil edilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yerel Etik Kurulu'nun 29.09.2021 tarihli toplantısında 2021-50 prokoton numarasıyla onaylanan tez çalışmamızın laboratuvar çalışmaları Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde gerçekleştirilmiştir (Ek-1). Çalışmada periodontal sebeplerle çekilmiş 80 adet alt kesici insan dişi kullanıldı.

3.1. Örnek Sayısının Belirlenmesi

Çalışmamızda kullanılacak diş sayısını belirlemek amacıyla Lisanslı IBM SPSS V 21 (IBM SPSS Inc., Armonk, NY, USA) paket programı ile power analizi yapılmıştır. Yapılan power analizinde; 0,403 etki büyüklüğü ile %5 hata payı ($\alpha=0,05$), %95 güven düzeyinde ($\beta=0,95$) her bir grupta 20 diş olacak şekilde toplam 80 diş olması gerektiği hesaplanmıştır.

3.2. Dişlerin Seçilmesi

Bu çalışmada, periodontal problemler nedeniyle çekilmiş tek ve düz köklü alt çene kesici dişler kullanıldı. Dişlerin eğrilik açısının 5 dereceden küçük olmasına özen gösterildi. Apeksi açık ya da anatomik düzensizliklere sahip dişler çalışmaya dahil edilmedi. Küret yardımıyla bütün dişlerin kök yüzeylerinin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları temizlendi. Tüm dişlerin kök kanal devamlılığını kontrol etmek amacıyla, 10 numara K tipi el eğesi ile çalışma boyuna kadar ulaşıldı ve kök kanallarının çalışma boyları apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Apikal foramene ulaşamayan dişlerin yerlerine yeni dişler dahil edildi. Eğelerin apekte sıkıştıklarını ve dişlerin düz kanal formuna sahip olduğunu teyit etmek amaçlı her bir dişin bukkolingual ve meziodistal yönlerinden periapikal röntgenler çekildi. Dişlerin kök gelişiminin kontrol etmek ve kök yüzeylerinde defekt olup olmadığının ayırmasına varmak için, dişler stereomikroskop (Zeiss, Jena, Almanya) altında x12 büyütmede incelendi. Kök gelişimi tamamlanmamış ve kök yüzeyinde çatlak bulunan dişler çalışma dışında bırakıldı. Çalışma kriterlerine uyan dişler önce %5,25 konsantrasyona sahip NaOCl solüsyonu içerisinde 5 dakika bekletildi. Ardından yıkanarak NaOCl solüsyonundan arındırılan dişlerin saklanma ortamı olarak oda

ısısında distile su tercih edildi. Saklama ortamındaki distile su haftada bir değiştirildi. Dişler rastgele 4 gruba ayrıldı. Kök uzunluğunun standardizasyonunu sağlamak için kök boyu apektan 18 mm olacak şekilde dijital kumpas kullanılarak ölçüldü ve insizal kenardan işaretlendi. İşaretili insizal kenarlarından kesilen ve boyları 18 mm'ye sabitlenen dişlerde giriş kavimleri açıldı.

Periodontal ligamentin in vitro taklidi amacıyla dişlerin kök yüzeyleri alüminyum folyo ile kaplandıktan sonra dental enjektörden hazırlanan bir kalıba otopolimerizan tamir akriliğiyle (Imicryl, Konya, Türkiye) birlikte gömüldü. Tamir akriliği polimerize olduktan sonra, dişler yerlerinden çıkarıldı ve alüminyum folyolar uzaklaştırıldı. Ardından dişler light body silikon ölçü maddesi (Speedex, Coltene AG, Altstatten, İsviçre) ile kaplanarak tekrar akriliğin içerisine gömüldü (Resim 1) Bu işlemlerle alüminyum folyonun oluşturduğu boşluk silikon ölçü maddesi ile dolmuş oldu. Bu sayede periodontal ligament in vitro modelde taklit edildi.



Resim 1. Periodontal dokuların taklidi amacıyla otopolimerizan tamir akriliği ve silikon ölçü maddesine gömülen dişin örnek modeli

3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Örnekler her birinde 20 diş bulunan (n=20) dört farklı deney grubuna rastgele ayrıldı ve numaralandırıldı. Deney grupları kullanılacak döner eğe sistemlerine göre aşağıdaki şekilde oluşturuldu:

Grup 1: Reciproc Ni-Ti Döner Eğe Sistemi

Grup 2: TruNatomy Ni-Ti Döner Eğe Sistemi

Grup 3: Mtwo Ni-Ti Döner Eğe Sistemi

Grup 4: K tipi el eğesi

3.4. Şekillendirme Prosedürü

Çalışma boyu tespitinden sonra, ISO 15 numaralı %2 koniklik açısına sahip paslanmaz çelik el eğesi ile çalışma boyunda ön preparasyon yapıldı. Ni-Ti döner eğe sistemleri ile yapılacak preparasyon, X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanılarak yapıldı (Resim 2). Her örnek yeni bir eğe ile prepare edildi. Tüm dişlerin preparasyonu sırasında standart bir irrigasyon protokolü uygulandı. Her eğe değişiminden sonra 2 ml NaOCl kullanılarak irrigasyon yapıldı. Her dişte eğenin üç ileri geri hareketinden sonra eğelerin yivleri temizlendi ve kök kanalında %2,5'luk NaOCl irrigasyon solüsyonu ile yıkama yapıldı. Preparasyon aşaması bittikten sonra, kök kanalları 2 ml %17'lik EDTA 1 dakikalık süre ile yıkandı ve 2 ml distile su ile son yıkama yapıldı.



Resim 2. Çalışmamızda kullanılan endodontik motor

Grup 1. Reciproc Ni-Ti döner eğe sistemi

15 adet diş, koniklik açısı %2 olan paslanmaz çelik K tipi el eğesi ile ISO 15 numaralı alete kadar prepare edildi. Şekillendirme sırasında apikal basınç uygulanmadı ve çevresel eğeleme yapılmadı. Grupta X-Smart Plus endodontik motorda kayıtlı olan Reciproc ayarında R25 Reciproc eğesi kullanılarak şekillendirme yapıldı (Resim 3). İlk olarak kanalın 2/3'lük koronal kısmı ileri geri eğeleme hareketleriyle şekillendirildi. Her üç hareketten sonra eğe üzerinde biriken debrisler alkollü bir tampon ile temizlendi. 10 numaralı bir K tipi el eğesiyle çalışma boyu kontrol edildi ve 2 ml distile su ile irrigate edildi. Ardından çalışma boyunda Reciproc eğesi ile çalışılarak şekillendirme tamamlandı. Son yıkama prosedürü 2 ml sodyum hipokloridi takiben 2 ml EDTA solüsyonu ve 2 ml distile su ile tamamlandı.



Resim 3. Çalışmamızda kullanılan Reciproc eğe sistemi

Grup 2. TruNatomy Ni-Ti döner eğe sistemi

X-Smart Plus endodontik motor, üretici firmanın belirlediği 1,5 Ncm tork ve 500 dk/tur hıza ayarlanarak TruNatomy serisi (TruNatomy Orifice Modifier, TruNatomy Glider, TruNatomy Prime File) ile preparasyon yapıldı (Resim 4). TruNatomy Orifice Modifier eğesinin 7 mm’lik çalışan kısmı ile koronal genişletme yapıldı ve kanal 2 ml distile su ile irrigate edildi. TruNatomy Glider ile rehber yol oluşturuldu. Son olarak TruNatomy Prime File ile çalışma boyunca çalışıldı. Son yıkama prosedürü, 2 ml sodyum hipokloridi takiben 2 ml EDTA solüsyonu ve 2 ml distile su ile tamamlandı. İrrigasyon yapılırken sistemin sete dahil ettiği plastik esnek irrigasyon iğnesi kullanıldı.



Resim 4. Çalışmamızda kullanılan TruNatomy eğe sistemi

Grup 3. Mtwo Ni-Ti döner eğe sistemi

15 adet dişte, koniklik açısı %2 olan paslanmaz çelik K tipi ISO 15 numaralı el eğesi ile kanal boyuna ulaşıldı. Ardından gruptaki dişlerde, X-Smart Plus endodontik motorda kayıtlı olan Mtwo ayarında sırasıyla 15/05, 20/06, 25/06 eğeleri ile preparasyon yapıldı (Resim 5). Preparasyon esnasında apikal basınç uygulanmadı ve çevresel eğeleme yapılmadı. Her eğeden sonra 10 numaralı bir K tipi el eğesiyle çalışma boyu kontrol edildi ve 2 ml distile su ile irrigate edildi. Son yıkama prosedüründe 2 ml sodyum hipokloriti takiben 2 ml EDTA solüsyonu ve 2 ml distile su kullanıldı.



Resim 5. Çalışmamızda kullanılan Mtwo eğe sistemi

Grup 4. K tipi el eğesi

Gruptaki 20 diş step-back yöntemi ile prepare edildi. Bu yöntemde diğer gruptaki eğelerin apikal çapı göz önünde bulundurularak MAF 25 seçildi. 10 numaralı K tipi el eğesinden 25 numaralı K tipi eğesine kadar olan eğeler ile çalışma boyunda preparasyon yapıldı. Ardından dişler; MAF'tan büyük ardışık üç eğe (30, 35, 40 numaralı K tipi el eğeleri) ile çalışma boyundan sırasıyla 1, 2, 3 mm kısa olacak şekilde prepare edildi. Eğe değişimlerinde rekapitülasyon yapılarak MAF ile tekrar çalışma boyuna ulaşıldı.

3.5. Kesit Alma Protokolü

Dişlerden düşük hızlı hassas kesme makinesinde (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) su soğutması altında horizontal doğrultuda, apikalden başlayarak 3, 6, 9 mm uzaklığında kesitler alındı (Resim 6). Bu kesitlerden 3 mm olanı apikal üçlü, 6 mm olanı orta üçlü, 9 mm olanı ise koronal üçlü olarak isimlendirildi.



Resim 6. Çalışmamızda kullanılan hassas kesme makinesi

3.6. Örneklerin incelenmesi

Elde edilen kesitler, x40 büyütmede Zeiss Stemi 2000-C Stereomikroskop (Zeiss, Jena, Almanya) altında incelenerek stereomikroskopun yazılımı tarafından desteklenen AxioCam ERc5s dijital kamera (Zeiss, Jena, Almanya) ile fotoğraflandı (Resim 7). Kesitler üzerindeki mikro çatlaklar iki tarafsız gözlemci tarafından incelendi. Örneklerin skorlamasında, Arumugam ve ark.'nın yanı sıra Monga ve ark.'nın kullandığı skorlama tercih edildi (76, 77).



Resim 7. Çalışmamızda kullanılan Stereomikroskop

Çatlak yok (skor 0): Hem kökün dış yüzeyinin hem de kök kanal duvarının iç yüzeyinin belirgin bir kusur göstermediği, herhangi bir çizgi veya çatlaktan yoksun kök yapısı olarak ifade edilir.

Çizgisel çatlak (Craze line) (skor 1): Kökün dış yüzeyinden dentine uzanan fakat kanal lümenine ulaşmayan çatlak

Kısmi çatlak (skor 2): Kanal lümeninden başlayıp dentinde ilerleyen fakat kökün dış yüzeyine ulaşmayan çatlak

Kırık (skor 3): Kök kanal boşluğundan kök dış yüzeyine kadar ulaşan çatlak hattı

3.7. İstatistiksel Analiz

Bu tez çalışmasında elde edilen veriler IBM SPSS V 21 (IBM SPSS Inc., Armonk, NY, ABD) paket programı ile analiz edilmiştir.

Değişkenlerin dağılımları incelenirken birim sayıları nedeniyle Shapiro Wilk testi kullanılmıştır. Değişkenlerin normal dağılım göstermediği durumlarda gruplar arasındaki farklılıklar Kruskal Wallis-H Testi ile incelenmiştir. Kruskal Wallis-H testinde anlamlı farklılıkların görüldüğü durumlarda Post-Hoc Çoklu Karşılaştırma testi ile farklılık olan gruplar tespit edilmiştir.

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

4. BULGULAR

4.1. Stereomikroskop Bulguları

Kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra dişlerden elde edilen kesitlerin stereomikroskopta incelenmesi sonucu tespit edilen mikro çatlak skorları ve bu skorların eğe gruplarına göre dağılımı Tablo-1 de verilmiştir.

Tablo 1. Mikro çatlak skorlarının eğe sistemlerine ve kesitlere göre dağılımı

	Reciproc	TruNatomy	Mtwo	El egesi	Toplam
Koronal					
Skor 0	11	17	13	19	60
Skor 1	3	2	2	1	8
Skor 2	3	1	2	0	6
Skor 3	3	0	3	0	6
Orta					
Skor 0	13	18	16	19	66
Skor 1	2	1	1	1	5
Skor 2	2	1	2	0	5
Skor 3	3	0	1	0	4
Apikal					
Skor 0	14	18	18	20	70
Skor 1	2	1	1	0	4
Skor 2	3	1	0	0	4
Skor 3	1	0	1	0	2

4.1.1. Kesit Seviyesine Göre Bulgular

4.1.1.1. Koronal Üçlü Seviyesindeki Bulgular

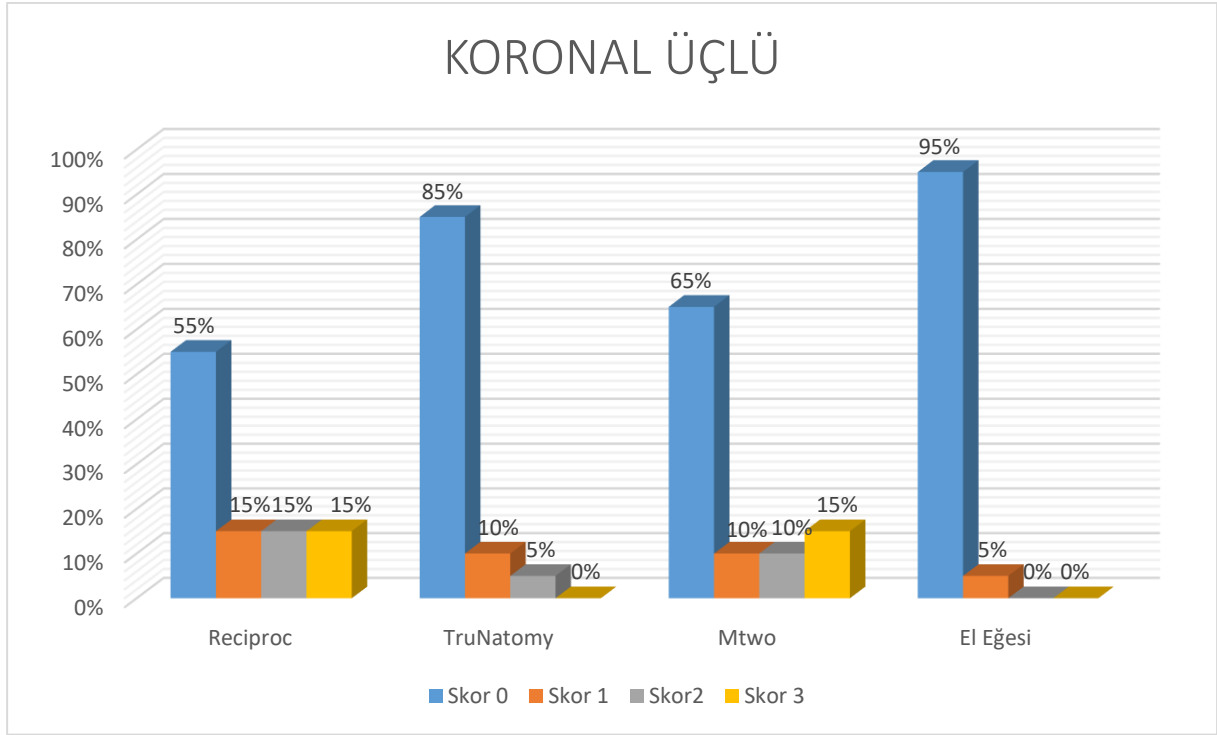
Koronal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Koronal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

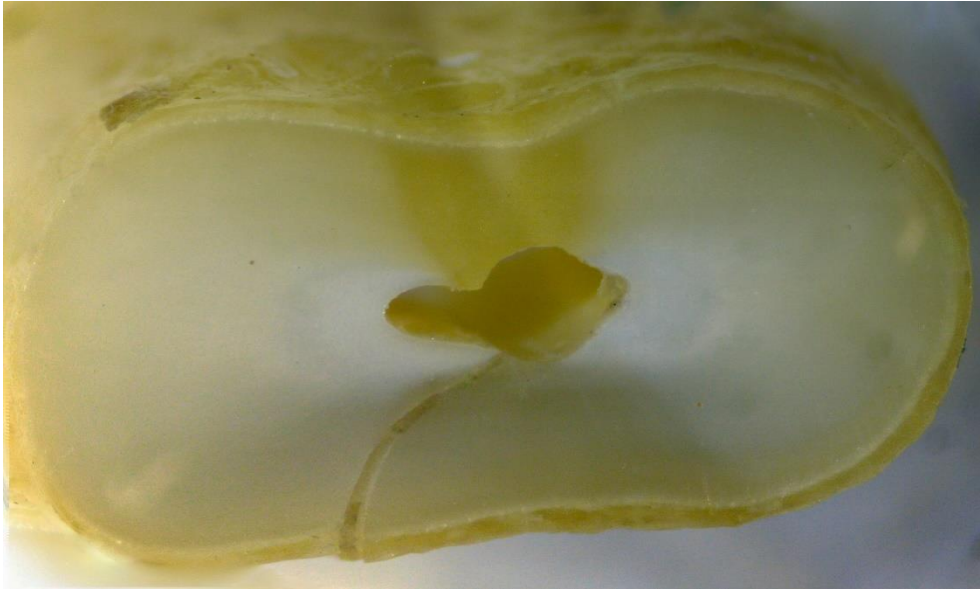
	n	Mean	Medyan	Min	Max	Sd	H	P
Reciproc	20	0,9 ^a	0	0	3	1,17	11,514	0,009
TruNatomy	20	0,2 ^{ab}	0	0	2	0,52		
Mtwo	20	0,75 ^{ab}	0	0	3	1,16		
El Eğesi	20	0,05 ^b	0	0	1	0,22		

*Grupların aynı üst karakter harfe sahip olması, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterir. (p>0.05)

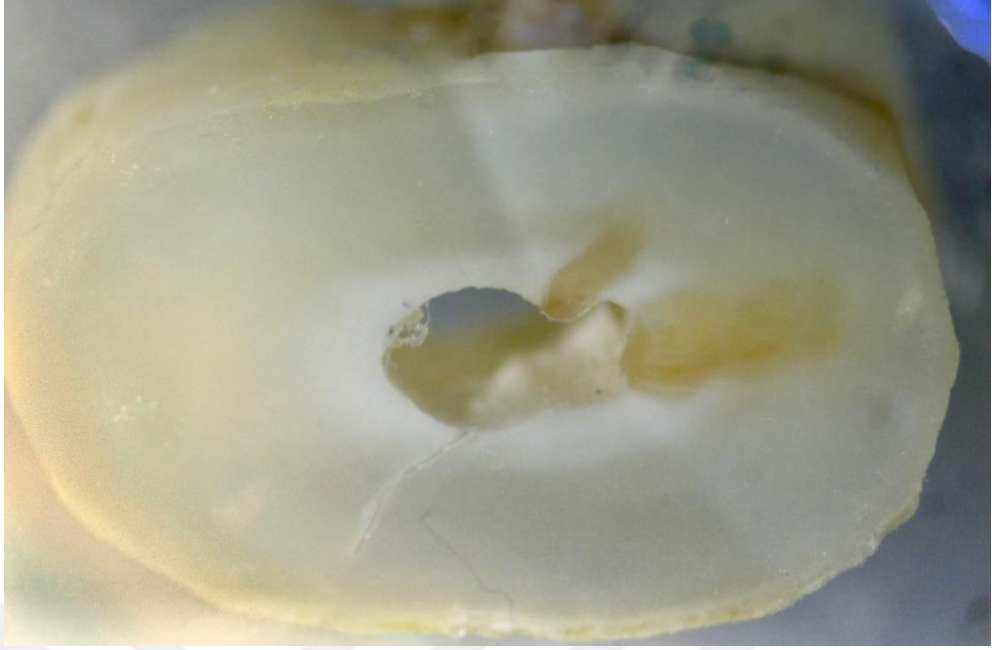
Koronal kesitlerde yapılan değerlendirmelerde görülen mikro çatlak sayısı büyükten küçüğe doğru: Reciproc, Mtwo, TruNatomy, El Eğesi şeklinde sıralandı. Ayrıca Reciproc ve Mtwo ile prepare edilen 3 kesitte kanal lümeni ile kök dış yüzeyini birleştiren kırık görüldü (Resim 8). Bu seviyede eğelerin oluşturdukları mikro çatlak skorları istatistiksel anlamda farklı bulundu. (p=0,009) (p<0,05). Koronal kesitte, el eğesi grubunun çatlak skoru Reciproc grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu. Ayrıca koronal kesitte diğer kesitlere göre istatistiksel olarak anlamlı derece daha fazla mikro çatlak oluşmuştur (p<0,05). Koronal üçlü seviyesindeki yüzdesel veriler Şekil 1’de, Mtwo ve Reciproc ile prepare edilen dişlerden elde edilen koronal kesitlerin stereomikroskop görüntüsü Resim 8 ve Resim 9’da verilmiştir.



Şekil 1. Koronal üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skorlara ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri



Resim 8. Reciproc eğesi ile prepare edilmiş dişin koronal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 3: Kırık)



Resim 9. Mtwo eğesiyle prepare edilmiş dişin koronal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 2: Kısmi çatlak)

4.1.1.2. Orta Üçlü Seviyesindeki Bulgular

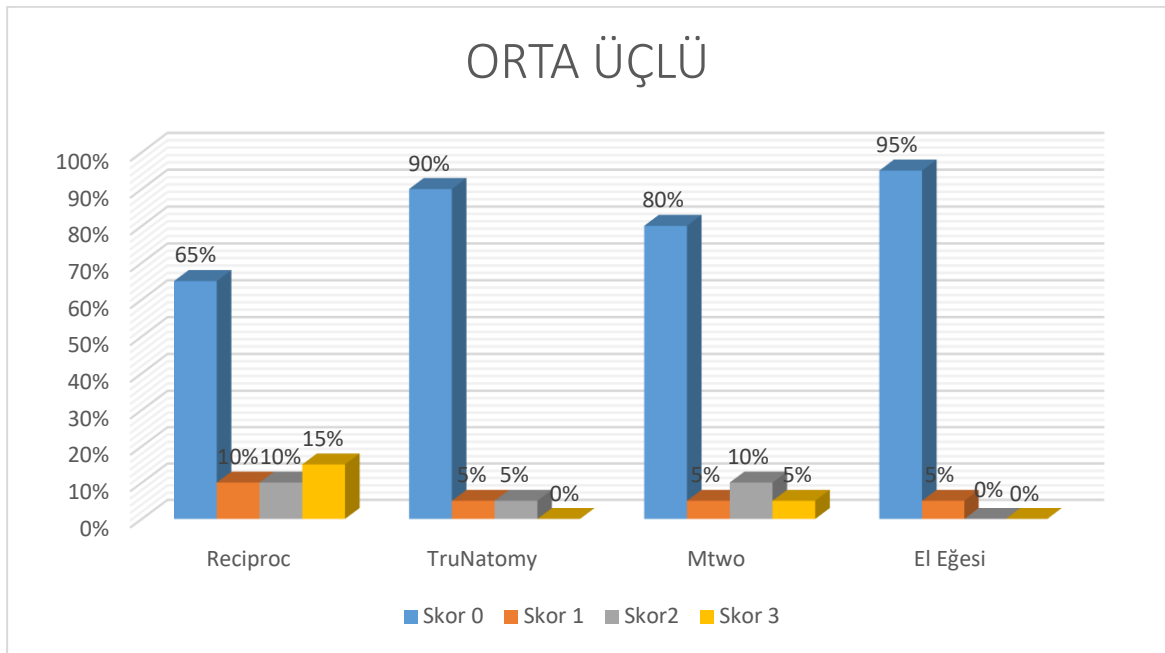
Orta üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Orta üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

	n	Mean	Medyan	Min	Max	Sd	H	P
Reciproc	20	0,75 ^a	0	0	3	1,16	7,841	0,049
TruNatomy	20	0,15 ^{ab}	0	0	2	0,49		
Mtwo	20	0,4 ^{ab}	0	0	3	0,88		
El Eğesi	20	0,05 ^b	0	0	1	0,22		

*Grupların aynı üst karakter harfe sahip olması, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterir. (p>0.05)

Orta kesitlerde yapılan değerlendirmelerde görülen mikro çatlak sayısı büyükten küçüğe doğru: Reciproc, Mtwo, TruNatomy, El Eğesi şeklinde sıralandı. Ayrıca Reciproc ile prepare edilen 3 kesitte, Mtwo ile prepare edilen 1 kesitte kanal lümeni ile kök dış yüzeyini birleştiren kırık görüldü. Bu seviyede eğelerin oluşturdukları mikro çatlak skorları istatistiksel anlamda farklı bulundu. ($p=0,049$) ($p<0,05$). Orta kesitte, el eğesi grubunun çatlak skoru Reciproc grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu. Orta üçlü seviyesindeki yüzdesel bulgular Şekil 2’de, Mtwo ve el eğesi ile prepare edilen dişlerden elde edilen koronal kesitlerin stereomikroskop görüntüsü Resim 10 ve Resim 11’de verilmiştir.



Şekil 2. Orta üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skorlara ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri



Resim 10. Mtwo eğesiyle prepare edilmiş dişin orta kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 3: Kırık)



Resim 11. El eğesi ile prepare edilmiş dişin orta kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 0: Çatlak yok)

4.1.1.3. Apikal Üçlü Seviyesindeki Bulgular

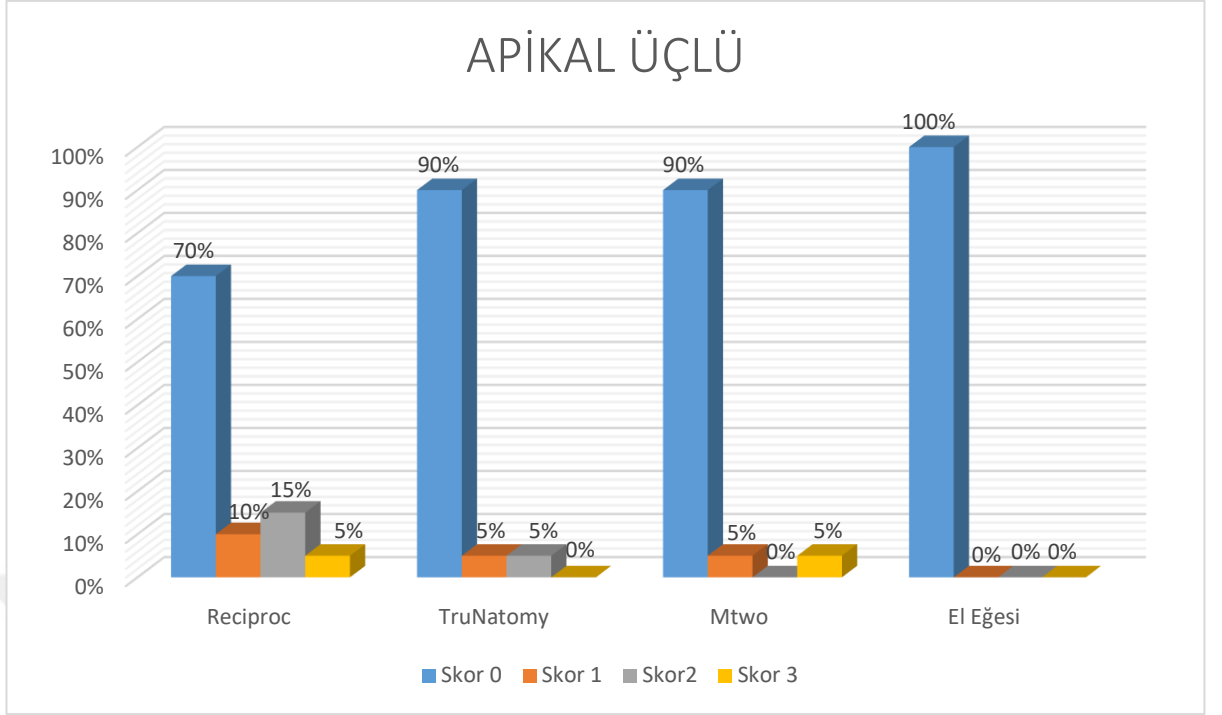
Apikal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Apikal üçlüdeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

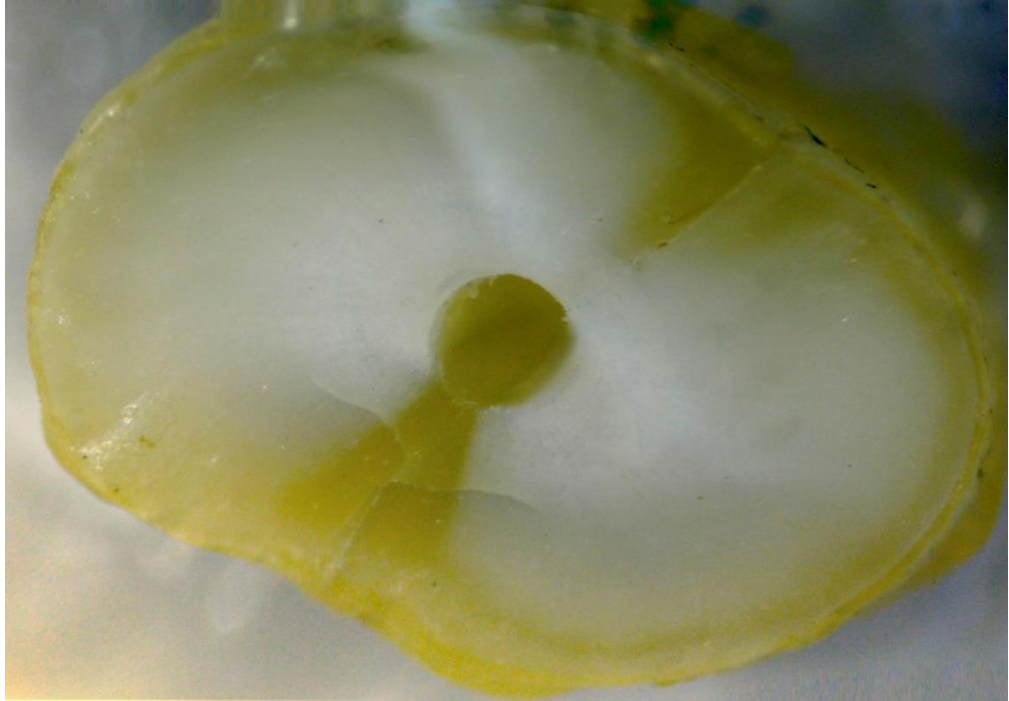
	n	Mean	Medyan	Min	Max	Sd	H	P
Reciproc	20	0,55 ^a	0	0	3	0,94	8,625	0,035
TruNatomy	20	0,15 ^{ab}	0	0	2	0,49		
Mtwo	20	0,2 ^{ab}	0	0	3	0,7		
El Egesi	20	0,0 ^b	0	0	0	0		

*Grupların aynı üst karakter harfe sahip olması, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterir. (p>0.05)

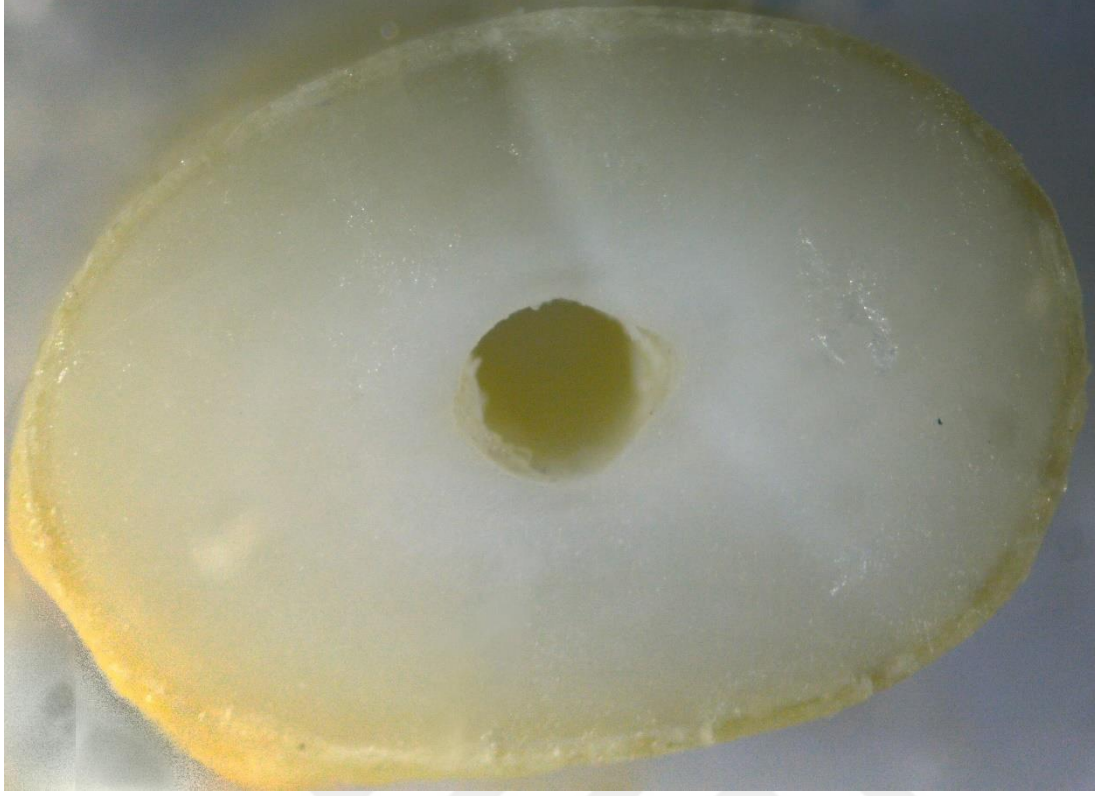
Apikal kesitlerde yapılan değerlendirmelerde Reciproc en fazla çatlağa sebep olurken onu Mtwo ile TruNatomy eşit sayıda mikro çatlak oluşturarak takip etti. El egesinin ise hiç çatlak oluşturmadığı gözlemlendi. Ayrıca Reciproc ve Mtwo ile prepare edilen birer kesitte kanal lümeni ile kök dış yüzeyini birleştiren kırık görüldü. Bu seviyede eğelerin oluşturdukları mikro çatlak skorları istatistiksel anlamda farklı bulundu. (p=0,035) (p<0,05). Apikal kesitte, el egesi grubunun çatlak skoru Reciproc grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür. Apikal üçlü seviyesindeki yüzdesel bulgular Şekil 3'te, Reciproc ve TruNatomy ile prepare edilen dişlerden elde edilen koronal kesitlerin stereomikroskop görüntüsü Resim 12 ve Resim 13'te verilmiştir.



Şekil 3. Apikal üçlü seviyesindeki mikro çatlakların skora ve eğe gruplarına göre yüzdesel dağılım verileri



Resim 12. Reciproc eğesi ile prepare edilmiş dişin apikal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 1: Kısmi çatlak)



Resim 13. TruNatomy ile prepare edilmiş dişin apikal kesitine ait stereomikroskop görüntüsü (Skor 0: Çatlak yok)

4.1.2. Kesit seviyesi göz ardı edilerek yapılan istatistiksel karşılaştırma

Kesit seviyesi göz ardı edildiğindeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kesit seviyesi göz ardı edildiğindeki bulguların Kruskal Wallis-H testine göre istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

	n	Mean	Medyan	Min	Max	Sd	H	P
Reciproc	60	0,73 ^c	0	0	3	0,94	26,025	0,001
TruNatomy	60	0,17 ^{ab}	0	0	2	0,49		
Mtwo	60	0,45 ^{bc}	0	0	3	0,7		
El Egesi	60	0,3 ^a	0	0	1	0		

*Grupların aynı üst karakter harfe sahip olması, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterir. (p>0.05)

Kesit seviyesine bakılmaksızın yapılan değerlendirmelerde görülen mikro çatlak sayısı büyükten küçüğe doğru: Reciproc, Mtwo, TruNatomy, El Eğesi şeklinde sıralandı. El eğesi ve TruNatomy ile prepare edilen dişlerde, kanal lümeni ile kök dış yüzeyini birleştiren kırık görülmezken Reciproc ve Mtwo ile prepare edilen dişlerde tüm çatlak türleri görüldü. Kesit seviyesi göz ardı edildiğinde eğe sistemleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmaktadır ($p=0,001$) ($p<0,05$). Grupların ikili karşılaştırmalarına göre;

Reciproc, el eğesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla mikro çatlak oluşturmuştur. ($p<0,05$).

Reciproc, TruNatomy'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla mikro çatlak oluşturmuştur ($p<0,05$).

Mtwo, el eğesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla mikro çatlak oluşturmuştur ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin bütün aşamaları gibi kök kanallarının biyomekanik şekillendirilmesi de tedavi başarısındaki önemli faktörlerdendir. Kök kanallarının preparasyonu sırasında kök dentininde çatlak oluşumu, basamak oluşumu, transportasyon, perforasyon ve alet kırılması gibi dişin çekilmesi ile sonuçlanabilecek komplikasyonlar meydana gelebilir (1). Vertikal kök kırıkları, kök kanal tedavisi görmüş dişlerde belli bir zaman aralığında oluşabilen ve prognozu en kötü komplikasyonlardandır (78). Geçmişte endodontik tedavi görmüş dişlerde vertikal kök kırığı gelişme olasılığı oldukça yüksektir (78, 79). Bu kırıklar sıklıkla kök kanal tedavisinden sonra meydana gelen mikro çatlakların zamanla ilerlemesi sonucunda oluşur (79). Bir takım kanal şekillendirme yöntemlerinin bu tarz çatlaklara sebep olduğu konu hakkında yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Oluşan bu çatlaklar, dişin işlev gördüğü süreçte çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle vertikal kök kırıklarına dönüşmektedir (43, 50). Vertikal kök kırığının etyolojik faktörleri: çürük veya travma sebebiyle dişin sağlıklı dokularındaki kayıp, dentindeki mevcut çatlaklar veya destek periodontal dokuların kaybı olarak sayılabilir.

Çalışmamızda yeni nesil Ni-Ti kök kanal şekillendirme sistemleri ve K tipi el eğesinin kök dentininde mikro çatlak oluşturma etkileri kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda kullanılan TruNatomy sisteminin literatürde mikro çatlak oluşumuna etkisini karşılaştırarak değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır.

In-vitro koşullar, diş ve çevresel dokuların doğal yapısını tam olarak oluşturmaz (80). Periodontal ligament dişe gelen kuvvetleri absorbe eder. Dişe kuvvet uygulanması gereken in vitro çalışmalarda periodontal ligamentin taklidi önemli bir aşamadır. Periodontal ligamentin taklit edilmediği çalışmalar olduğu gibi periodontal ligamentin taklit edildiği çalışmalar da mevcuttur (29, 31, 81). Bu çalışmalarda periodontal dokuları taklit edebilmek için otopolimerizan tamir akriliği ve silikon ölçü maddesi kullanılmıştır. Çapar ve ark., çalışmalarında dişleri alüminyum folyo ile sarıp dental enjektörden hazırlanan kalıp içerisine otopolimerize tamir akriliğiyle birlikte gömmüştür. Polimerizasyon sağlandıktan sonra dişler yerlerinden çıkarılıp alüminyum folyo uzaklatırılmıştır. Silikon ölçü maddesi ile (light body formu) alüminyum

folyonun oluşturduğu boşluk doldurulmuş ve dişler tekrar yerlerine yerleştirilmiştir. Böylelikle periodontal ligament, in vitro olarak taklit edilmiştir (54). apar ve ark.'nın periodontal ligamentin in vitro taklidi amacıyla uyguladıkları metodoloji çalışmamızda da kullanılmıştır. Dişin akrilik bloklara gömülmesi stabilizasyona yardımcı olurken, silikon ölçü materyalinin kullanılması doğal dişlerdeki kuvvet dağılımının taklit edilmesini sağlamıştır. Çalışmamızda oluşturduğumuz bu düzenek, şekillendirme ve yıkama aşamalarının rahatlıkla uygulanması ve dişlerin hasar görmemesi açısından kullanışlıydı.

Diş ekimi esnasında, diş dokularında çatlaklar meydana gelebilir (54). Dişlerde var olan eski çatlakların çalışmamızın sonucunu etkilemesinin nne geçmek için, çalışmada kullanılacak dişler stereomikroskop ile x12 büyütmede incelendi ve üzerinde çatlak tespit edilen dişler çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmada kullanılmak üzere 80 adet alt kesici insan dişi, eşit şekilde rastgele 4 gruba ayrıldı. Çalışma sürecinde tüm dişlerin saklanma koşulları eşit tutuldu. Bu nedenle gruplar arasında çalışmanın sonucunu etkileyecek bir farklılık oluşmadığı grşndeeyiz.

Kök kanal morfolojisi, dentin dokusunda mikro çatlak oluşumunu etkileyebilecek etkenlerden biridir (82). Bukkolingual çapına göre daha dar meziodistal çapa sahip olan köklerde vertikal kök kırığının daha sık rastlandığı bildirilmiştir (83). Alt ene kesici dişlerin; kök yapısının oval ve meziodistal yönde dentin duvarlarının ince olması sebebiyle vertikal kök kırığına yatkındırlar (84). Bu nedenle konu ile ilgili çalışmaların çoğunda alt çene kesici dişler kullanılmıştır. Çalışma ile varılacak sonuçların, eğelerin klinik kullanımları yönünden daha doğru yönlendirme yapacağı dşnlerek çalışmamızda da alt çene kesici diş grubu seçilmiştir.

Yapılan çalışmalarda; preparasyon öncesi ve sonrasında dişlerin saklanma koşullarının sonuçları etkileyebileceği rapor edilmiştir (29). Aynı zamanda dehidratasyonun dentinde çatlaklara sebep olabileceği bildirilmiştir (56). Distile suyun, dentin üzerine hiçbir zararlı etkisi olmadığından dentin ile ilgili çalışmalarda kullanılması önerilmektedir (85). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan dişler, dehidratasyonu önlemek amacıyla distile suda bekletildi.

Kök kanal preparasyonunda çalışma boyundaki farklılıkların mikro çatlak oluşturma riski tartışmalı bir konudur. Çalışma boyunun kanal boyundan 1 mm eksik olarak belirlendiği bir çalışmada oluşan dentinal defektlerin; çalışma boyunun kanal boyunda ve kanal boyundan 1 mm fazla belirlendiği gruplardaki dişlerde oluşan dentinal defektlere göre anlamlı olarak daha az olduğu rapor edilmiştir (86). Liu ve ark., yaptıkları çalışmada, çalışma boyunun kök boyundan eksik olduğu gruplarda yine anlamlı olarak daha az çatlak olduğunu gözlemlemişlerdir (87). De Oliveira ve ark., çalışma boyunu; kök boyu ve kök boyundan 1 mm kısa olarak belirledikleri çalışmalarında, kök kanal preparasyonu sonucunda iki grup arasında anlamlı fark tespit etmediklerini rapor etmişlerdir (32). Çalışmamızda önceden yapılan birçok çalışmada olduğu gibi (60, 81, 88, 89), kök kanal preparasyonu yapılırken çalışma boyu kök boyundan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi.

Plotino ve ark., 98 makaleyi inceleyerek yaptıkları sistematik bir derlemede rehber yol oluşturma'nın mikro çatlak insidansına etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir (90). Çalışmamız dahilinde TruNatomy Ni-Ti döner eğe sistemi ile preparasyon yapılırken üretici firmanın önerdiği şekilde TruNatomy Glider eğesi ile rehber yol oluşturuldu. Diğer gruptaki dişlerin kök kanallarının preparasyonu esnasında döner eğe sistemleri kullanılmadan önce bütün gruplarda üretici firma talimatları doğrultusunda 10 ve 15 numaralı K tipi el eğeleriyle bir rehber yol oluşturuldu.

Kök kanallarının kimyasal temizliğinde kullanılan irrigasyon solüsyonları kök dentinin fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişikliğe sebep olabilmektedir (36). Sim ve ark., %5,25'lik NaOCl'nin; dentinin elastik modülünü serum fizyolojige göre önemli derecede düşürdüğünü ve sodyum hipokloritin konsantrasyonu azaldıkça dentin üzerindeki zararlı etkisinin de azaldığını rapor etmişlerdir (5). Zapparoli ve ark.'nın NaOCl ve EDTA solüsyonlarının dentinin yapısı üzerindeki değişiklikleri gözlemledikleri çalışmanın sonucuna göre, NaOCl ve EDTA solüsyonları dentinin mikrosertliğini azalttığı ve distile suyun mikrosertliğe herhangi bir etkisi olmadığını saptamışlardır (91). Çalışmamızda, irrigasyon solüsyonunun dentin üzerine olumsuz etkisini engellemek ve klinik koşulları sağlamak amacıyla irrigasyonda %2,5'lik NaOCl, tüm gruplardaki dişlere eşit miktarda uygulandı.

Dişin apikal kısmı preparasyon işlemi açısından kritik bölge olarak görülür. Her diş uygun apikal preparasyon eğesi farklılık gösterebilir. Küçük ISO numaralı eğeler, dentin yapısından daha az madde kaldırarak preparasyon yapılmasına olanak sağlarken; büyük ISO numaralı eğeler, enfekte dentin duvarında daha fazla aşındırma yapılmasını sağlar (92, 93). Dar kök kanallarına sahip mandibular kesici dişlerin kök kanallarında yapılan preparasyonda büyük boy eğeler tercih edildiğinde, daha fazla mikro çatlak oluşabilir (94). Bundan dolayı çalışmamızda tüm gruplarda, çalışma boyunda yapılan son preparasyonda 25 numara kadar olan aletler kullanıldı. Mandibular kesici dişler ile yapılan farklı çalışmalarda da aynı metot kullanılmıştır (81, 95).

Kök kanallarında oluşan çatlaklar, sement dokusuna ulaşmadan dentin dokusunda sınırlı kalmış ise tamamlanmamış çatlak olarak adlandırılır (31, 81). Bu şekilde oluşan çatlakların, kök kanallarının biyomekanik preparasyonu sırasında oluşan stresin, dentin dokusunun gerilme dayanımını aşmasıyla oluştuğu düşünülmektedir. Dentin dokusundan başlayan gerilme kuvveti, kök dış yüzeyindeki dentini bir arada tutan kuvvetten büyük ise bu bölgeyi aşarak dışsal bir çatlak oluşumuna neden olabilmektedir. Tamamlanmış ve tamamlanmamış çatlakların var olduğu kök kanallarında dolum sırasında, basınçla spreader kullanımı, post boşluğu oluşturmak için yapılan preparasyonlar veya dişte oluşan fonksiyonel kuvvetler kök kırığına sebep olabilmektedir (93). Shemesh ve ark., Wilcox ve ark.'nın çalışmalarına göre kök kanal dolum işlemi ve kanal yenileme prosedürleri sonrasında kök dentininde yüksek oranda kırık oluşmuştur (3, 93). Bu veriler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde nikel titanyum döner sistemlerle yapılan kök kanallarının biyomekanik preparasyonu dentinde mikro çatlak ve kök kırıklarına sebep olabilmektedir. Biz de çalışmamızda mikro çatlaktan kök fraktürüne kadar varan defektler tespit ettik. En çok kök fraktürü oluşturan eğe grubu Reciproc olarak saptandı. Tüm kesitlerde Reciproc grubu el eğesine göre istatistiksel olarak anlamdı derecede daha fazla mikro çatlak oluşturdu. Reciproc grubunun oluşturduğu mikro çatlakların yaklaşık %11'i kök kırığıydı. Kök kırığı oluşum sebebinin resiprokasyon hareketi, yüksek taper açısı ve fazla miktarda kaldırılan dentin miktarı olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda dişlerden kesit alınması amacıyla hassas kesme cihazı kullanıldı. Bu aletlerle dişleri kesitlere ayırmak, dişin doğal yapısını bozabilecek ve mikro çatlak oluşumuna sebep olabilecek bir işlemdir. Mikro çatlak ile ilgili mevcut çalışmalara göre; herhangi bir işleme tabi tutulmayan kontrol grubundaki dişlerde, kesit alındıktan sonra mikro çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir (43, 53, 96, 97). Mikro çatlakın kesit alınarak incelendiği bir çok çalışmada, kesit alma aşamasında Isomet cihazı tercih edilmiştir (81, 98). Yine bu aşama için Minitom hassas kesme cihazını tercih eden araştırmacılar da bulunmaktadır (97, 99). Bizim çalışmamızda bu aşama için Isomet hassas kesme cihazı kullanıldı. Mikro çatlak incelenmesinin kesit alınmadan yapılabileceği başka metotlar da bulunmaktadır. Matsushita ve ark., yaptıkları çalışmada dentinal defektleri incelemek amacıyla kızılötesi (infrared) termografi metodunu kullanmışlardır. Bu metotta, çatlak genişliği 42 mikrometreyi geçtiğinde çatlak yüzeyi ile temasın azalması ve uygun sürtünme sıcaklığı derecesine ulaşılamaması sebebiyle metodun eksik yanları bulunmaktadır (48). Shemesh ve ark., optik koherens tomografinin vertikal kök kırığını tespitindeki yeterliliğini incelemişler ve bu tür tomografilerin güçlü ve güvenilir bir tanı yöntemi olduğunu belirtmişlerdir (2, 50).

Son zamanlarda mikro çatlak ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan mikro-CT yöntemi, dişlerden kesit almadan incelemeye olanak sağladığı için sıkça tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. De-Deus ve ark., mikro-CT vasıtasıyla farklı ege sistemlerinin mikro çatlak oluşturma insidansını incelemişlerdir (60, 100). Bazı araştırmacılar dentinal defektleri mikro-CT ve bilgisayarlı tomografi aracılığıyla görüntüleme esnasında açığa çıkan X-ray'in değişen miktarda ısı üretimine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Bu ısı miktarı X-ray'in dozuna ve X-ray'e maruz kalma süresine göre değişmektedir. Yüksek çözünürlüklü mikro-CT kullanımıyla birlikte artan sıcaklık, dişlerin dehidratasyona uğramasına sebep olur. Bundan dolayı bu yöntemin mikro çatlakların incelendiği çalışmaların sonucunu etkileyebileceği, mevcut olan çatlakların ilerlemesine sebep olabileceği görüşüne sahip olan araştırmacılar mevcuttur (95). Stereomikroskop görüntüyü büyütürken optik dalga boyunu kullanır. Dişlerden kesit alındıktan sonra stereomikroskop ile inceleme yapılırken farklı büyütme kullanılmıştır. Bu aşamada değerlendirme yaparken bazı araştırmacıların x10, x25 x40'lık büyütme kullandığı gözlemlendi (31, 81, 98, 101,

102). Çalışmamızda mikro çatlakların en iyi şekilde görüntülenmesi için x40 büyütme ile fotoğraflar alınıp incelenmiştir.

Dentinde oluşan mikro çatlaklarla ilgili yapılan çalışmalarda birçok sınıflandırma ve skorlama kullanılmıştır. Bu sınıflandırmalarda mikro çatlaklara vertikal kırık, tamamlanmış mikro çatlaklar, tamamlanmamış mikro çatlak, çizgisel çatlak, primer kırık, sekonder kırık, vertikal kök kırığı vb. gibi isimler konulmuş ve buna göre belli skorlar verilmiştir. Bazı araştırmacılar sadece çatlak var ve yok şeklinde skorlamaya kullanmışlardır (31, 81). Bazı araştırmacılar ise daha detaylı bir skorlama tercih etmişlerdir (77, 80, 102). Çalışmamızda gözlemlenen mikro çatlakları daha detaylı değerlendirmek amacıyla; çatlak yok (skor 0), dış yüzeyden başlayan kanal lümenine ulaşmayan çizgisel çatlak (skor 1), kanal lümeninden dış yüzeye ulaşmayan kısmi çatlak (skor 2), kanal lümeni ile dış yüzeyi birleştiren kırık (skor 3) şeklinde 4'lü skorlama kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan skorlama türü Arumugam ve ark.'nın, Monga ve ark.'nın, çalışmalarında yapmış olduğu skorlama ve sınıflandırma metodundan alınmıştır (76, 77).

Kim ve ark.'nın Ni-Ti döner ege sistemleri ile yaptıkları çalışmada, kök kanalında oluşan streslerin çatlak oluşumunda etkili olduğunu saptamışlardır. Bunun yanında apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen kesitler incelendiğinde Ni-Ti döner ege sistemleriyle yapılan preparasyonun mikro çatlak oluşumuna etkisinin olduğunu bulmuşlardır (7). Yapılan farklı çalışmalarda hangi kesitte daha fazla mikro çatlak oluştuğu konusu değişkenlik göstermiştir. Apikal üçlüde daha fazla mikro çatlak oluştuğu çalışmalar bulunduğu gibi (80, 103), bu çalışmalardan farklı olarak koronal bölgede daha çok çatlak bulunan çalışmalar da mevcuttur (77, 86, 87, 98). Versluis ve ark., çalışmalarında orta ve koronal bölgelerde apikal üçlüye göre 3 kat daha fazla çatlak tespit etmişlerdir (104). Benzer biçimde Üstün ve ark., çalışmalarında koronal üçlü kesit seviyesinde, orta ve apikal bölgelere göre daha fazla çatlak tespit etmişlerdir (97). Bizim çalışmamızda da oluşan mikro çatlakların %45,4'ü koronal üçlüde %31,8'i orta üçlüde, %22,7'si apikal üçlüde görüldü. Koronal üçlüde oluşan mikro çatlak sayısı apikal ve orta üçlüye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. Ni-Ti döner ege sistemleriyle kök kanallarında çalışılırken, koronal bölgede eğenin artan taper açısıyla dentine temas artar. Böylece bu bölgede stres

yoğunlaşır (29). Çalışmamızda en fazla mikro çatlak koronal bölgede oluşmasının sebebinin şekillendirme sırasında bu bölgenin orta ve apikal bölgelere göre daha fazla gerilime maruz kalması olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda üç farklı döner eğe sisteminin yanında K tipi el eğesi ile preparasyon yapılan grupta da mikro çatlak oluşumu gözlemlendi. K tipi el eğesi ile preparasyonu yapılan 20 adet diştten elde edilen 60 adet kesitin yalnızca 2 adedinde çatlak tespit edildi. Bizim çalışmamıza paralel olarak Helvacıoğlu ve ark. da mikro çatlak oluşumunu inceledikleri çalışmalarında K tipi el eğesi ile preparasyon yaptıkları grupta mikro çatlakla rastlamışlardır (31). Bizim çalışmamızdan farklı olarak Bier ve ark., Yoldaş ve ark., K tipi el eğesi ile prepare ettikleri dişlerde mikro çatlak oluşumunu incelemiş ve herhangi bir çatlakla rastlamamışlardır (31, 53). Çalışma için uygun dişler seçilirken hiçbir preparasyon yapılmamış ve periodontal sebeplerle çekilmiş dişlerin kök yüzeyleri stereomikroskop ile incelenmiştir. Bunun amacı preparasyon öncesi mikro çatlakla sahip olan dişleri tespit etmek ve çalışmaya dahil etmemektir. Buna rağmen kökün dış yüzeyinden gözükmeyen içsel çatlakları tespit etmek mümkün değildir. El aleti ile prepare edilen 20 adet diştten elde edilen 60 kesitten sadece 2 tanesinde çatlak bulunmasının nedeni, dişlerde önceden bulunan bir içsel çatlakla diştten kesit alınmasıyla ortaya çıkması olabilir.

Çalışmamızda koronal, orta ve apikal üçlü düzeyinde el eğesi Reciproc eğesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az mikro çatlak oluşturdu. Hem kesitler düzeyinde hem de kesit düzeyi göz ardı edilerek yapılan istatistiksel değerlendirmelerde el eğesi grubunun, çalışmamızda kullanılan diğer Ni-Ti döner eğe sistemlerine göre anlamlı derece düşük mikro çatlak oluşturduğunu gözlemlemekteyiz. Ni-Ti döner eğe sistemleri, el eğelerine göre daha fazla miktarda dentin dokusu aşındırmaktadır. Çalışmamızda K tipi el eğelerinin kullanıldığı grupta mikro çatlakla anlamlı olarak daha az sayıda oluşmasının sebebi; K tipi el eğesi ile yapılan preparasyonda daha az dentin kaldırılması olabilir. Bunun yanında kullandığımız K tipi el eğelerinin Ni-Ti döner eğelere nispeten daha düşük tapera sahip olması da bu eğelerin daha az mikro çatlak oluşturmasının sebebi olabilir. Bunun yanında el eğelerinin kök kanalını temizleme ve şekillendirme etkinliğinin döner eğe sistemlerine göre yeterli olup olmadığı tartışmalıdır (105).

Çalışmamızda hem kesit düzeyinde hem de kesit düzeyi göz ardı edilerek yapılan değerlendirmelerde sayıca en fazla mikro çatlak yine Reciproc eğe sistemiyle prepare edilen dişlerde görüldü. Reciproc; resiprokasyon hareketi ile çalışan bir “tek eğe sistemi”dir. Çalışmamızda kullanılan diğer iki döner eğe sistemi Mtwo ve TruNatomy, rotasyonel hareket yaparak kök kanallarında preparasyon yapar. Gruplar arasındaki bu farklılık eğelerin hareketinden doğan farklılık ile açıklanabileceği kanaatindeyiz. Bürklein ve ark., resiprokal ve rotasyonel hareket yapan eğelerin oluşturduğu dentinal defektleri incelediği çalışmalarında, resiprokasyon hareketi yapan Reciproc eğesinin rotasyon hareketi yapan eğelere göre istatistiksel olarak daha fazla mikro çatlak oluşturduğunu gözlemlemiştir. Bu çalışmanın sonucu bizim çalışmamızla paralellik göstermiştir. Resiprokasyon hareketiyle, rotasyon hareketine göre kanal içerisinde daha fazla debris kaldığını ve resiprokasyon hareketi sırasında torsiyonel kuvvetlerin arttığını ifade eden araştırmacı bu iki sebebin de mikro çatlak oluşumunu artırdığını belirtmiştir (29).

Çalışmamızda Ni-Ti döner eğe sistemleriyle final preparasyonunu yapacak eğeler seçilirken, D0’daki apikal çapları göz önünde bulunduruldu. Final preparasyonunda TruNatomy Prime File, Reciproc R25, Mtwo 25/06 eğeleri kullanıldı. TruNatomy eğesinin istatistiksel olarak Reciproc ve Mtwo eğesinden daha az mikro çatlak oluşturduğu gözlemlendi. TruNatomy Prime File eğesinin D0 çapı 0.25 mm, konikliği %4 olarak tasarlanmıştır. D0 çapı 0,25 mm olan Reciproc R25 eğesinin konikliği %8, Mtwo eğesinin konikliği %6’dır. Bu bağlamda TruNatomy eğesinin Reciproc ve Mtwo eğelerine göre daha az mikro çatlak oluşturmasının bir sebebinin de eğelerin koniklik açıları arasındaki farklılık olabileceği kanaatindeyiz. Bier ve ark., farklı koniklik açısına sahip Ni-Ti döner eğe sistemlerinin oluşturduğu dentinal defektleri incelerken gruplar arasındaki mikro çatlak sayısının farklılığını eğelerin koniklik açılarına bağlamıştır. Araştırmacının çalışmasına göre taperı fazla olan eğeler daha fazla dentinal strese neden olur ve bu stres, preparasyon sırasında daha çok mikro çatlak oluşumuyla sonuçlanır. Bundan dolayı eğelerin taperları dentin defekti oluşumunda etkili bir faktördür (53). Yine Kim ve ark., farklı Ni-Ti döner eğe sistemlerinin yarattığı dentinal defektleri incelerken, oluşan farklı sayıda mikro çatlakları eğelerin farklı koniklik açılarına sahip olmasına bağlamıştır. Kim ve ark., artan konikliğin; dentini daha fazla strese maruz bırakacağı, dentinde daha fazla madde kaybına, dolayısıyla mikro çatlak

oluşumuna sebep olabileceğini belirtmiştir (7). Bu açıdan bu iki çalışmanın sonuçlarıyla bizim çalışmamızın sonuçları paralellik göstermiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler ışığında döner eğe sistemlerinin dentinde yüksek oranda mikro çatlak oluşturduğu tespit edildi. Sonuçlarımıza dayanarak döner eğe sistemlerinin farklı tasarımları, farklı hareket çeşitleri, farklı koniklik açıları gibi faktörlerin mikro çatlak oluşumunda etkili olduğu saptanmıştır.



6. SONUÇLAR

80 adet alt kesici insan dişi kullanılarak üç farklı döner eğe sistemi ve el eğesinin mikro çatlak oluşturma etkilerinin incelendiği çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre sonuçlar řu şekildedir:

1. Tüm döner eğe sistemleri ve el eğesi, kök kanalının mekanik preparasyonu sırasında dentinde mikro çatlak oluşturmuştur
2. Dentinde en çok mikro çatlak oluşturan döner eğe sistemi Reciproc olurken en az çatlak ise el eğesi ile preparasyon yapılan dişlerde grlmştur
3. Resiprokasyon hareketi ile yapılan mekanik preparasyon sonucunda rotasyon hareketine göre kök kanalında daha fazla mikro çatlak oluştuğu saptanmıştır
4. Reciproc ve Mtwo döner eğe sistemleri kök kırığına sebep olurken, TruNatomy ve el eğesi kök kırığına sebep olmamıştır
5. Kök kanalında en fazla çatlak koronalde oluşmuştur.
6. Dentinde mikro çatlak oluşmasını etkileyen faktörlerin eğelerin farklı tasarımları, hareket eşitleri, koniklik açısının büyüklüğü olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda döner eğe sistemlerinin kullanıldığı tüm gruplarda mikro çatlak oluşumu gözlemlendi. Diş hekimlerinin sıklıkla kullandığı Ni-Ti döner eğe sistemlerinin meydana getirdiği bu durum dikkate alınarak kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için defekt oluşturmayacak eğe sistemlerine, Ni-Ti eğe sistemlerinin sebep olduğu dentin defektlerini inceleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görüşünde yiz.

7. KAYNAKLAR

1. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spångberg LS. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112(6):825-42.
2. Shemesh H, Van Soest G, Wu M-K, Van der Sluis LW, Wesselink PR. The ability of optical coherence tomography to characterize the root canal walls. *Journal of endodontics*. 2007;33(11):1369-73.
3. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu M-K. Damage to root dentin during retreatment procedures. *Journal of Endodontics*. 2011;37(1):63-6.
4. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *International endodontic journal*. 2010;43(7):545-54.
5. Sim T, Knowles J, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International endodontic journal*. 2001;34(2):120-32.
6. Wu M-K, Van Der Sluis L, Wesselink P. Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. *Journal of dentistry*. 2004;32(4):265-8.
7. Kim H-C, Lee M-H, Yum J, Versluis A, Lee C-J, Kim B-M. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of endodontics*. 2010;36(7):1195-9.
8. BH Ş. Endodontide Problemler. Quintessence yayıncılık. 2014.
9. Marshall Jr GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of dentistry*. 1997;25(6):441-58.
10. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2003;66(4):850-3.
11. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Dental Traumatology*. 1985;1(5):176-9.
12. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence International*. 2008;39(2).
13. Pekkan G. Tam seramikler ve dentin arasındaki dualcure rezin simanların kesme ve gerilme dayanıklılığının incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Ankara. 2005.
14. Coffey CT, Ingram MJ, Bjorndal AM. Analysis of human dentinal fluid. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1970;30(6):835-7.
15. Ferguson DB. Progress in Oral Biology Research, 1959-1999. A Review and Update of Volume 1. *Archives of oral biology*. 1999;44(12):993-8.
16. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of endodontics*. 1989;15(11):512-6.
17. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;67(4):458-67.

18. Kahler B, Swain MV, Moule A. Fracture-toughening mechanisms responsible for differences in work to fracture of hydrated and dehydrated dentine. *Journal of biomechanics*. 2003;36(2):229-37.
19. Bajaj D, Sundaram N, Nazari A, Arola D. Age, dehydration and fatigue crack growth in dentin. *Biomaterials*. 2006;27(11):2507-17.
20. Kishen A, Asundi A. Experimental investigation on the role of water in the mechanical behavior of structural dentine. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2005;73(2):192-200.
21. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of endodontics*. 1992;18(7):332-5.
22. Kruzic JJ, Nalla RK, Kinney JH, Ritchie R. Crack blunting, crack bridging and resistance-curve fracture mechanics in dentin: effect of hydration. *Biomaterials*. 2003;24(28):5209-21.
23. Nalla RK, Kinney JH, Marshall SJ, Ritchie RO. On the in vitro fatigue behavior of human dentin: effect of mean stress. *Journal of dental research*. 2004;83(3):211-5.
24. ERDOĞAN AŞ, KÖSEOĞLU M. KÖK KANAL MORFOLOJİSİNİN BELİRLENMESİ İÇİN KULLANILAN METODLAR. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 1998(1).
25. Wu M-K, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2000;89(6):739-43.
26. Portenier I, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *International Endodontic Journal*. 1998;31(2):103-11.
27. Bryant S, Thompson S, Al-Omari M, Dummer P. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *International Endodontic Journal*. 1998;31(4):275-81.
28. Shantiaee Y, Dianat O, Mosayebi G, Namdari M, Tordik P. Effect of root canal preparation techniques on crack formation in root dentin. *Journal of endodontics*. 2019;45(4):447-52.
29. Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of endodontics*. 2013;39(4):501-4.
30. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *International endodontic journal*. 2014;47(7):622-7.
31. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *Journal of endodontics*. 2012;38(2):232-5.
32. 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. *Journal of endodontics*. 2017;43(7):1143-7.
33. Austin JH, Taylor HD. Behavior of hypochlorite and of chloramine-T solutions in contact with necrotic and normal tissues in vivo. *The Journal of experimental medicine*. 1918;27(5):627.

34. Gomes B, Ferraz C, ME V, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*. 2001;34(6):424-8.
35. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*. 2002;13:113-7.
36. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppini-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry*. 2009;37(12):903-8.
37. ÖNAY EO, Ezgi K, KIZILIRMAK İ, NUYAN D, GÜRAN Ç, ERDOĞAN T. Kök Kanal İrrigasyonunda Geleneksel ve Güncel Yaklaşımlar. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*. 7(2):1459-68.
38. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Saquy PC, Pécora JD. Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *Journal of endodontics*. 2001;27(3):183-4.
39. Ferraz CCR, de Almeida Gomes BPF, Zaia AA, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*. 2001;27(7):452-5.
40. Mohammadi Z, Abbott P. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International endodontic journal*. 2009;42(4):288-302.
41. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of endodontics*. 2004;30(11):792-5.
42. Oliveira LD, Carvalho CAT, Nunes W, Valera MC, Camargo CHR, Jorge AOC. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007;104(4):e125-e8.
43. Shemesh H, Bier C, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink P. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *International endodontic journal*. 2009;42(3):208-13.
44. Detsch SG, Cunningham WT, Langloss JM. Endoscopy as an aid to endodontic diagnosis. *Journal of endodontics*. 1979;5(2):60-2.
45. von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *Journal of endodontics*. 2010;36(9):1563-8.
46. GÜNEŞER MB, DİNÇER AN, ARSLAN D. Kök Kanallarının Şekillendirilmesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Araştırma Yöntemleri. 2017.
47. Tan J-H, Ng E, Acharya UR, Chee C. Infrared thermography on ocular surface temperature: a review. *Infrared physics & technology*. 2009;52(4):97-108.
48. Matsushita-Tokugawa M, Miura J, Iwami Y, Sakagami T, Izumi Y, Mori N, et al. Detection of dentinal microcracks using infrared thermography. *Journal of endodontics*. 2013;39(1):88-91.
49. Ayhan Z, Yaman A. What does optical coherence tomography offer for evaluating physical disability in patients with multiple sclerosis? *Archives of Neuropsychiatry*. 2018;55(Suppl 1):S37.

50. Shemesh H, van Soest G, Wu M-K, Wesselink PR. Diagnosis of vertical root fractures with optical coherence tomography. *Journal of endodontics*. 2008;34(6):739-42.
51. Johnson N, editor Physical damage to textiles. *Proceedings of Police Technology: Asia Pacific Police Technology Conference*; 1991: Citeseer.
52. Arslan H, Karataş E, Capar ID, Özsu D, Doğanay E. Effect of ProTaper Universal, Endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and Gates Glidden drills on crack formation. *Journal of endodontics*. 2014;40(10):1681-3.
53. Bier CAS, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu M-K. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *Journal of endodontics*. 2009;35(2):236-8.
54. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Uysal B. Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex instruments on crack formation in dentin. *Journal of endodontics*. 2014;40(9):1482-4.
55. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of endodontics*. 1975;1(7):238-42.
56. Shemesh H, Lindtner T, Portoles CA, Zaslansky P. Dehydration induces cracking in root dentin irrespective of instrumentation: a two-dimensional and three-dimensional study. *Journal of endodontics*. 2018;44(1):120-5.
57. Çapar İD, Gök T, Uysal B, Keleş A. Comparison of microcomputed tomography, cone beam tomography, stereomicroscopy, and scanning electron microscopy techniques for detection of microcracks on root dentin and effect of different apical sizes on microcrack formation. *Microscopy research and technique*. 2019;82(10):1748-55.
58. Rivera EM, Walton RE. Longitudinal tooth cracks and fractures: an update and review. *Endodontic Topics*. 2015;33(1):14-42.
59. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*. 2009;1(4):177-88.
60. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, Silva EJNL, de Almeida Neves A, Alves H, et al. Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. *Journal of endodontics*. 2015;41(7):1116-9.
61. Yeri EA. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*. 2015;1(3):32-9.
62. Taşdemir T, Aydemir H. Kök kanal preparasyonunda kullanılan kanal aletlerinin gelişim süreci. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;23(1):47-53.
63. Thompson S. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *International endodontic journal*. 2000;33(4):297-310.
64. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, Carlos E. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 1995;21(3):146-51.
65. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic topics*. 2013;29(1):3-17.
66. Bryant S, Dummer P, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. Shaping ability of. 04 and. 06 taper ProFile rotary nickel–titanium instruments in simulated root canals. *International Endodontic Journal*. 1999;32(3):155-64.

67. McCormick P, Liu Y. Thermodynamic analysis of the martensitic transformation in NiTi—II. Effect of transformation cycling. *Acta Metallurgica et Materialia*. 1994;42(7):2407-13.
68. Gutmann J, Gao Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *International endodontic journal*. 2012;45(2):113-28.
69. Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *Journal of endodontics*. 1985;11(5):203-11.
70. Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Foda MY, Omar GAF. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *Journal of endodontics*. 2012;38(7):996-1000.
71. Altunbaş D, Kuştarıcı A, Akpınar KE, Arslan D. Mtwo ve S5 NiTi döner kanal eğelerinin yapay kök kanalını şekillendirme etkinliklerinin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*. 2016;33(3):115-20.
72. UYGUN AD, Mehmet Ü, EVCİL MS, ALADAĞ H. IN VITRO COMPARISON OF CYCLIC FATIGUE RESISTANCE OF PROTAPER NEXT AND TRUSHAPE 3D CONFORMING FILE NICKEL-TITANIUM ROTARY INSTRUMENTS. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2021;31(3):385-9.
73. ÖZTÜRK Z, ERŞAHAN Ş, HEPSENOĞLU YE, Didem E, TOPKARA C. ÜÇ FARKLI NİKEL-TİTANYUM DÖNER ALET SİSTEMİNİN VÜCUT İSİSİNDAKI DÖNGÜSEL YORGUNLUK DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ. *Current Research in Dental Sciences*. 32(1):49-52.
74. Candaner Y. Üç farklı tek eğe sistemiyle yapılan kök kanal şekillendirilmesi sonucunda dentinde oluşan mikroçatlakların taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) incelenmesi. 2020.
75. van der Vyver PJ, Vorster M, Peters OA. Minimally invasive endodontics using a new single-file rotary system. *Int Dent–African ed*. 2019;9(4):6-20.
76. Arumugam S, Yew HZ, Baharin SA, Qamaruz Zaman J, Muchtar A, Kanagasingam S. Micro-computed tomography evaluation of dentinal microcracks following canal preparation with thermomechanically heat-treated engine-driven files. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47(3):520-30.
77. Monga P, Bajaj N, Mahajan P, Garg S. Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore dental journal*. 2015;36:29-33.
78. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endodontic topics*. 2006;13(1):84-94.
79. Moule AJ, Kahler B. Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Australian dental journal*. 1999;44(2):75-87.
80. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yilmaz A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2015;29(2):368-73.
81. Karataş E, Gündüz H, Kırıcı D, Arslan H. Incidence of dentinal cracks after root canal preparation with ProTaper Gold, Profile Vortex, F360, Reciproc and ProTaper Universal instruments. *International endodontic journal*. 2016;49(9):905-10.

82. Sathorn C, Palamara JE, Palamara D, Messer HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *Journal of endodontics*. 2005;31(4):288-92.
83. Abou El Nasr HM, Abd El Kader KG. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *Journal of endodontics*. 2014;40(6):849-51.
84. RIVERA EM, WALTON RE. Longitudinal tooth fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endodontic Topics*. 2007;16(1):82-111.
85. Strawn S, White J, Marshall G, Gee L, Goodis H, Marshall S. Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions—short term. *Journal of Dentistry*. 1996;24(6):417-23.
86. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *Journal of endodontics*. 2011;37(4):522-5.
87. Liu R, Kaiwar A, Shemesh H, Wesselink PR, Hou B, Wu M-K. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. *Journal of endodontics*. 2013;39(1):129-32.
88. Ceyhanli K, Erdilek N, Tatar I, Celik D. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *International endodontic journal*. 2016;49(7):684-9.
89. Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, da Silva EJNL, Lopes RT, Souza EM, et al. Micro-computed tomography assessment of dentinal micro-cracks after root canal preparation with TruShape and Self-Adjusting file systems. *Journal of endodontics*. 2017;43(4):619-22.
90. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veettil SK, De-Deus G, et al. Influence of negotiation, glide path, and preflaring procedures on root canal shaping—terminology, basic concepts, and a systematic review. *Journal of endodontics*. 2020;46(6):707-29.
91. Zapparolli D, Saquy PC, Cruz-Filho AM. Effect of sodium hypochlorite and EDTA irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars. *Brazilian dental journal*. 2012;23:654-8.
92. Siqueira Jr JF, Araujo M, Garcia PF, Fraga RC, Dantas C. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of endodontics*. 1997;23(8):499-502.
93. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics*. 1997;23(8):533-4.
94. Çapar İD, 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. *Journal of endodontics*. 2015;41(2):253-6.
95. Pedullà E, Genovesi F, Rapisarda S, La Rosa GR, Grande NM, Plotino G, et al. Effects of 6 single-file systems on dentinal crack formation. *Journal of endodontics*. 2017;43(3):456-61.
96. Adorno C, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *International endodontic journal*. 2010;43(4):321-7.

97. Ustun Y, Aslan T, Sagsen B, Kesim B. The effects of different nickel-titanium instruments on dentinal microcrack formations during root canal preparation. *European journal of dentistry*. 2015;9(01):041-6.
98. Priya NT, Veeramachaneni Chandrasekhar SA, Tummala M, Raj TP, Badami V, Kumar P, et al. "Dentinal microcracks after root canal preparation" a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2014;8(12):ZC70.
99. Li S-h, Lu Y, Song D, Zhou X, Zheng Q-h, Gao Y, et al. Occurrence of dentinal microcracks in severely curved root canals with ProTaper universal, WaveOne, and ProTaper next file systems. *Journal of endodontics*. 2015;41(11):1875-9.
100. De-Deus G, Silva EJNL, Marins J, Souza E, de Almeida Neves A, Belladonna FG, et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *Journal of Endodontics*. 2014;40(9):1447-50.
101. Barreto MS, do Amaral Moraes R, da Rosa RA, Moreira CHC, Só MVR, Bier CAS. Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *Journal of endodontics*. 2012;38(8):1135-9.
102. Shori DD, Shenoi PR, Baig AR, Kubde R, Makade C, Pandey S. Stereomicroscopic evaluation of dentinal defects induced by new rotary system: "ProTaper NEXT". *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2015;18(3):210.
103. Çiçek E, Koçak MM, Sağlam BC, Koçak S. 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.
104. Versluis A, Messer H, Pintado M. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *International Endodontic Journal*. 2006;39(12):931-9.
105. Mahran AH, AboEl-Fotouh MM. Comparison of effects of ProTaper, HeroShaper, and Gates Glidden Burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography. *Journal of endodontics*. 2008;34(10):1219-22.

8. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Belgesi



DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
YEREL ETİK KURUL KARARLARI



Committed to excellence

Protokol No: 2021-50
Tarih: 29.09.2021

TANIMLAYICI BİLGİLER	
Sorumlu Araştırmacı Unvanı / Adı	Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL
Kurumu / Anabilim / Bilim Dalı	Endodonti Anabilim Dalı
Araştırmacı (Protokol) Kodu	2021-50
Yürütücülüğünü Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL'in yaptığı "Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Üç Farklı Döner Eğe Sisteminin Dentin Üzerinde Oluşturduğu Mikro Çatlakların Değerlendirilmesi" başlıklı, 2021-50 Protokol no.lu çalışma Etik Kurulumuz tarafından görüşülmüş olup, Etik Kurallara UYGUN OLDUĞUNA , Oy Çokluğu –Oy Birliği ile karar verilmiştir.	

DİĞER ARAŞTIRMACILAR

No	Unvanı	Adı / Soyadı
1	DT/ Araştırma Görevlisi	Ömer ÖZKILIÇ

Görevi	Adı Soyadı	Birimi	Evet	Hayır	İmza
Başkan	Prof. Dr. Köksal BEYDEMİR	Diş.Hek.Fak. Protetik Diş Tedavisi A.D.	✓		[İmza Alanı]
Başkan Yrd.	Prof. Dr. Seher Gündüz ARSLAN	Diş.Hek.Fak. Ortodonti A.D.			
Raportör	Dr. Öğretim Üyesi Nedim GÜNEŞ	Diş.Hek.Fak. Ağız, Diş Ve Çene Cerrahisi A.D			
Üye	Prof. Dr. Ahmet DAĞ	Diş. Hek.Fak. Periodontoloji A.D.	✓		
Üye	Prof. Dr. Sema ÇELENK	Diş.Hek. Fak. Çocuk Diş Kliniği A.D.	✓		
Üye	Prof. Dr. Selahattin ATMACA	Tıp Fak. Mikrobiyoloji A.D	✓		
Üye	Prof. Dr. M. Zülküf AKDAĞ	Tıp Fak. Biyofizik A.D.			
Üye	Prof. Dr. Hasan AKKOÇ	Tıp Fak. Farmakoloji A.D.	✓		
Üye	Dr. Öğretim Üyesi Ersin UYSAL	D.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yük. Okulu	✓		
Üye	Dr. Öğretim Üyesi Elif Pınar BAKIR	Diş.Hek.Fak. Restoratif Diş Tedavisi A.D			
Üye	Av. Evin DAŞ	D.Ü Hukuk Müşavirliği	✓		

9. ORJİNALLİK RAPORU

KÖK KANAL PREPARASYONUNDA KULLANILAN ÜÇ FARKLI
DÖNER EĞE SİSTEMİNİN DENTİN ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU
MİKRO ÇATLAKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 14	% 14	% 2	% 1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikerisim.dicle.edu.tr	% 7
İnternet Kaynağı		
2	acikbilim.yok.gov.tr	% 3
İnternet Kaynağı		
3	earsiv.atauni.edu.tr	% 1
İnternet Kaynağı		
4	nek.istanbul.edu.tr:4444	% 1
İnternet Kaynağı		
5	Submitted to Bülent Ecevit Üniversitesi	% 1
Öğrenci Ödevi		
6	openaccess.ogu.edu.tr:8080	<% 1
İnternet Kaynağı		
7	libratez.cu.edu.tr	<% 1
İnternet Kaynağı		
8	acikerisim.antalya.edu.tr	<% 1
İnternet Kaynağı		

www.selcukmedj.org

