



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**FARKLI BOYUT VE TAPER AÇILARINA SAHİP
Nİ-Tİ ROTARY KANAL EĞELERİ İLE PREPARE
EDİLMİŞ, REZİN VE BİYOSERAMİK İÇERİKLİ
KANAL PATLARI KULLANILARAK DOLDURULMUŞ
KÖKLERİN KIRILMA DİRENCİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Berkuk SAYAR

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Berna ASLAN**

**ANKARA
2023**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI BOYUT VE TAPER AÇILARINA SAHİP
Nİ-Tİ ROTARY KANAL EĞELERİ İLE PREPARE
EDİLMİŞ, REZİN VE BİYOSERAMİK İÇERİKLİ
KANAL PATLARI KULLANILARAK DOLDURULMUŞ
KÖKLERİN KIRILMA DİRENCİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Berkuk SAYAR

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Berna ASLAN**

**ANKARA
2023**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Farklı Boyut ve Taper Açıklarına Sahip Ni-Ti Rotary Kanal Eğeleri ile Prepare Edilmiş, Rezin ve Biyoseramik İçerikli Kanal Patları Kullanılarak Doldurulmuş Köklerin Kırılma Direncinin Karşılaştırılması” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı: Berkuk SAYAR

Tarih : 16.11.2023

İmza :

KABUL VE ONAY

ANKARA ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ENDODONTİ UZMANLIK PROGRAMI

Çerçevesinde yürütölmüş olan “Farklı Boyut ve Taper Açılarına Sahip Ni-Ti Rotary Kanal Eğeleri ile Prepare Edilmiş, Rezin ve Biyoseramik İçerikli Kanal Patları Kullanılarak Doldurulmuş Köklerin Kırılma Direncinin Karşılaştırılması” konulu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

16.11.2023

Prof. Dr. Fatmagöl ZIRAMAN

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Faköltesi

Endodonti Anabilim Dalı

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Berna ASLAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Faköltesi

Endodonti Anabilim Dalı

Üye

Prof. Dr. Özgür UYANIK

Hacettepe Üniversitesi

Diş Hekimliği Faköltesi

Endodonti Anabilim Dalı

Üye

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	v
Simgeler ve Kısaltmalar	vi
Şekiller	vii
Çizelgeler	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kök Kanal Preperaysonunun Diş Üzerine Etkileri	1
1.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	5
1.2.1. Döner Eğe Sistemleri	6
1.2.2. Çalışmada Kullanılan Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri	8
1.2.2.1. FKG RACE EVO	8
1.3. Kök Kanal Patları	9
1.3.1. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patları	12
1.3.2. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Patları	14
1.3.2.1. AH Plus	14
1.3.2.2. TotalFill BC Sealer	17
2. GEREÇ VE YÖNTEM	19
2.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	19
2.2. Kontrol ve Deney Gruplarının Oluşturulması	20
2.3. Köklerin Akrilik Rezin Bloklara Gömülmesi	27
2.4. Push-Out Testinin Gerçekleştirilmesi	28
2.5. İstatistiksel Analiz	30
3. BULGULAR	31
4. TARTIŞMA	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	41
ÖZET	42
SUMMARY	43
KAYNAKLAR	44
EKLER	55
ÖZGEÇMİŞ	56

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince ve tez çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve özenle bana yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerini paylaşan, yol gösteren, hoşgörüsüyle her konuda desteğini hissettiğim, değerli danışman hocam Prof. Dr. Berna Aslan' a,

Uzmanlık eğitimim süresince bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Uzmanlık eğitimim boyunca tanımaktan ve beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum kıymetli eş kıdemlilerim Uzm. Dt. Çağla Nur Delibaşı, Dt. Gizem Aynur, Dt. Ömer Faruk Topkara' ya ve değerli meslektaşım Dt. Hamdi Alperen Yalçın' a,

Hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen, bu günlere gelmeme vesile olan aileme,

Hayatımın her alanında olduğu gibi uzmanlık sürecimin tüm zorluklarında da desteği ile yanımda olan Dt. Aybike Memiş' e,

Ülkemizin kurucusu ve bilimin yol açıcısı olarak bu eğitimi almamızı sağlayan Mustafa Kemal ATATÜRK' e

Sonsuz teşekkürler.

SİMGELER VE KISALTMALAR

>	: Büyüktür
°	: Derece
<	: Küçüktür
µm	: Pikometre
%	: Yüzde
p	: Anlamlılık Düzeyi
AP	: AH Plus
ark	: Arkadaşları
rpm	: Dakikadaki Tur Sayısı
E. faecalis	: Enterococcus Faecalis
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
OH-	: Hidroksil
ISO	: International Organization for Standardization
Ca+2	: Kalsiyum
mm	: Milimetre
MTA	: Mineral Trioksit Agregat
nm	: Nanometre
N	: Newton
Ncm	: Newton/Santimetre
Ni-Ti	: Nikel Titanyum
Si+4	: Silisyum
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
SS	: Standart Sapma
SPSS	: Statistical Package for The Social Sciences
TF	: TotalFill BC Sealer

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Su Soğutması Altında Çalışan Kesme Cihazı	20
Şekil 2.2. FKG RACE EVO Ni-Ti Döner Aletler	21
Şekil 2.3. DTE E-COM+ Endodontik Motor	22
Şekil 2.4. FKG TotalFill BC Sealer Kök Kanal Dolgu Patı	23
Şekil 2.5. AH Plus Kök Kanal Dolgu Patı	23
Şekil 2.6. Universal Test Cihazı	28
Şekil 2.7. Universal Test Cihazına Yerleştirilmiş Akrilik Rezin Blok	29
Şekil 2.8. Kuvvet Uygulandıktan Sonra Kırılmış Örnek	30
Şekil 3.1. Tüm Gruplara Ait Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (Newton)	32

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Kontrol ve Deney Gruplarına Ait Kırılma Testi Sonucu Elde Edilen Ortalama ($\pm SS$), Minimum ve Maksimum Değerler (Newton)	31
Çizelge 3.2. Kontrol ve Deney Gruplarına Ait Ortalama Değerlerin Kanal Patları ve Farklı Boyut ve Taper Açıları Yönünden Karşılaştırılması	33



1.GİRİŞ

Endodontik tedavinin temel amacı kök kanallarının preparasyonunu takiben üç boyutlu olarak doldurulmasıdır. Bu şekilde kök kanallarından mikroorganizmalar uzaklaştırılır ve yeni mikroorganizmaların kök kanal sistemine girmesi önlenir. Böylece periapikal dokuların tamiri için en uygun ortamın sağlanması hedeflenir (Berman ve Hargreaves, 2020).

Kök kanallarının preparasyonundaki amaç, mekanik olarak enfekte dokuların uzaklaştırılması ile birlikte preparasyonun kimyasal aşaması için de gerekli alanı sağlamaktır. Bu nedenle aynı zamanda “kemomekanik preparasyon” olarak da adlandırılmaktadır (Berman ve Hargreaves, 2020). Kemomekanik preparasyonun başarılı olarak uygulanabilmesi için kök kanallarının apikal foramenden koronale doğru genişleyen bir formda olması istenir. Bu sayede irrigasyon ve medikaman uygulamalarının daha etkili olduğu bildirilmiştir (Berman ve Hargreaves, 2020).

Endodontik tedavi görmüş dişlerde sağlam kalan dokuların miktarı ve yapısal bütünlüğü, restorasyon sonrasında dişin fonksiyonel prognozunu belirlemede kritik bir bileşendir. Kök kanal tedavisi sırasında çürük dokuların uzaklaştırılması, giriş kavitesinin hazırlanması, kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi gibi uygulamalar diş dokusunda kayba neden olarak genel dayanımı azaltmaktadır (Soares ve ark., 2018).

1.1. Kök Kanal Preparasyonunun Diş Üzerine Etkileri

Endodontik tedavinin uzun vadede başarısı değerlendirilirken, kök kanal tedavili dişlerin kırılma dirençlerindeki azalma ciddi bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Endodontik tedavi görmüş dişlerin yapısal bütünlüğü, uzun süreli prognozda kritik bir faktördür (Reeh ve ark., 1989). Bu nedenle uzun vadeli kök kanal tedavisi başarısı için kök kanal morfolojisi, kemomekanik preparasyon süreçleri ve

kavite tasarımları hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir. Bu doğrultuda özellikle servikal dentinin bütünlüğü kök kanal tedavisi görmüş dişlerin uzun vadeli prognozunu belirlemede önemlidir. Sert dokusu daha çok korunmuş endodontik tedavili dişler daha dirençlidir ve özellikle servikal bölgede daha düşük stres konsantrasyonlarına sahiptirler (Chan ve ark., 2022).

Dentin dokusu, pulpada bulunan hücrelerin canlılığını sürdürmesini sağlayan odontoblastların uzantılarını bulunduran bir dokudur (Ossareh ve ark., 2018). Dentindeki kollajenler dentine ve diş yapısına güç sağlarken, inorganik bileşenler ise su bazlı yapısıyla yüksek sıkıştırma kuvvetlerine dayanabilmektedir. Pulpa ve dentin tübüllerindeki sıvı, dentinde çatlak oluşmasını engellemek için dentinin organik ve inorganik yapısıyla birlikte çalışmaktadır (Wolters ve ark., 2017).

Endodontik tedavi, dentinin su içeriğinde azalmaya neden olmaktadır. Dentin dokusundaki su içeriğinin azalması ise dentin dokusunun daha fazla gerilmesine ve dişin kırılmasına kadar gidebilecek çatlakların oluşmasına neden olabilir (Soares ve ark., 2007). Endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direncinin nem kaybına bağlı olarak geliştiğini gösteren ilk çalışma köpekler üzerinde yapılmıştır ve pulpasız dişlerin vital dişlere göre %9 daha az nem içerdiği gösterilmiştir (Helfer ve ark., 1972). Gutmann ise yaptığı çalışmada dentindeki nem kaybının kalsifiye dişlerde olduğu gibi geri dönüşümsüz olduğunu göstermiştir (Gutmann, 1992).

Bir dişin kırılmaya karşı direnci iç ve dış anatomisine bağlıdır. Dişin iç anatomisi kök kanal preparasyonu sırasında yapılan mekanik enstrümantasyon ile değiştirilmektedir (Ricks-Williamson ve ark., 1995). Yapılan çalışmalar endodontik tedavi görmüş dişlerin yapısal bütünlüğünü korumak için kök dentinini korumanın önemini göstermiştir (Ricks-Williamson ve ark., 1995; Sathorn ve ark., 2005). Wilcox ve ark. (1997) ise kök kanallarını kök çapının %40' ından fazla genişletilmemesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Konservatif ve daha oval şekilli kök kanal preparasyonlarının stres alanlarını ortadan kaldırdığı ve mikro çatlak oluşumu insidansını düşürdüğü ileri sürülmüştür (Sathorn ve ark., 2005).

Karapınar ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kök kanal preparasyonu yapılmış ve doldurulmamış köklerin kırılma dirençlerinin oldukça düşük olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında bu çalışmada kök kanallarının doldurulmasının dişlere direnç kazandırdığı da ileri sürülmüştür. Topçuoğlu ve arkadaşlarının (2012) yaptıkları diğer bir çalışmada ise daha önceki çalışmalarda da iddia edildiği gibi kök kanal preparasyonunun dişin sert dokularını önemli ölçüde zayıflattığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, kök kanal preparasyonu yapılmış dişlerin kırılma direncinin, kök kanal preparasyonu yapılmamış gruba nazaran istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğunu fakat diğer çalışmalardan farklı olarak kök kanallarının doldurulmasının kökün kırılma direncini arttırmadığını belirtmişlerdir.

Ricks-Williamson ve ark. (1995) tarafından dişlerde fonksiyonel kuvvetler altındaki stres ve gerilim dağılımını incelemek için sonlu elamanlar analizi uygulanmıştır. Araştırmacılar statik yük altında üst santral dişlerde kök kanal preparasyonunu simüle ederek vertikal kuvvetler uygulandığında, daha büyük preparasyonların daha yüksek streslere yol açtığını göstermişlerdir. Araştırmacılar ayrıca en yüksek stresin kökün orta ve koronal üçlüsünün birleşim yerinde meydana geldiğini ve bu bölgenin klinik olarak kırılmaya en yatkın bölge olduğunu bildirmişlerdir.

Alt birinci molar dişlerin model olarak kullanıldığı diğer bir çalışmada, kök kanallarının genişletilmesinin koronal üçlüde daha fazla stres artışına neden olduğu ileri sürülmüştür (Lertchirakarn ve ark., 2003a). Lertchirakarn ve ark. (2003b) yaptıkları bir başka çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak azalmış dentin miktarının endodontik tedavi görmüş dişleri kırılmaya daha yatkın hale getirmediğini, kök kanallarının şekillendirilmesinin önemli dentin kaybına rağmen iç stresi azaltabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Çiçek ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada Protaper Next X4 (40/0.06) kullanılarak şekillendirilen grubun, daha küçük taper açısına sahip gruptan (Twisted File (40/0.04)), eşit taper açısına sahip gruptan (Protaper Universal F4 40/0.06)) ve daha büyük taper açısına sahip gruptan (WaveOne Large (40/0.08)) daha büyük bir

kırılma direncine sahip olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni olarak ise çalışmada kullanılan eğelerin tasarımı, alaşımı, hareket tipi gibi özelliklerindeki farklılıklar gösterilmiştir.

Puleio ve ark. (2022) tarafından yapılan literatür tarama çalışmasında Ocak 2011 ile Nisan 2022 tarihleri arasında konuyla ilgili yapılan 20 çalışma incelenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında çalışmalar arasında farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Aksoy ve ark. (2019), Çapar ve ark. (2014), Tian ve ark. (2019), Zogheib ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalar taper açısının ve kök kanalının genişletilmesinin kök direncinde azalmaya sebep olmadığını belirtmişlerdir. Bu sonuçların aksine Askerbeyli Örs ve Serper (2018), Doğanay Yıldız ve ark. (2021), Kılıç ve ark. (2021), Sabeti ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda ise taper açısını arttırmanın ve kök kanalındaki genişletmenin kök direncini azalttığı ileri sürülmüştür.

Endodontik tedavi görmüş dişlerde preparasyon büyüklüğünün kırılma direncine etkisinin yanında, tedavi sonrası sızıntı, patın adaptasyonu ve irrigasyon etkinliğine olan etkileri de araştırılmaktadır. Tabrizizadeh ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada ISO 40 nolu eğe ile yapılan preparasyon ISO 25 nolu eğe ile yapılan preparasyondan daha fazla sızıntı göstermiştir.

İrrigasyon etkinliği ile alakalı yapılan bir çalışmada kök kanalının konikliğini arttırmanın, irrigasyon sırasında debrisin daha iyi uzaklaştırılmasıyla sonuçlanabileceği bildirilmiştir (Albrecht ve ark., 2004). Ancak bu çalışmadan çıkan sonuç artan kök kanal konikliği ile irrigasyon iğnesinin çalışma uzunluğuna daha yakın konumlandırılabilmesinin bileşik etkisini yansıtmaktadır. Öte yandan yapılan bir diğer çalışmada hem enjektör irrigasyonu hem de apikal negatif basınçlı irrigasyonun antimikrobiyal etkinliği açısından konik ve minimal taper açısına sahip kök kanalları arasında anlamlı bir fark olmadığı da bildirilmiştir (Hockett ve ark., 2008).

Huang ve ark. (2008) yapmış oldukları bir çalışmada daha büyük taper açısına sahip grupta daha etkili irrigasyon yapıldığını ileri sürmüşlerdir. Çalışmada taper açısının artması tüm gruplarda irrigasyon solüsyonu değişim hızını arttırmıştır.

Boutsioukis ve ark. (2010) yapmış oldukları bir çalışmada kök kanalındaki irrigasyon akış paternine taper açısının etkisini değerlendirmişlerdir. Taper açısının artması ile irrigasyon solüsyon değişiminin doğru orantılı olarak arttığını ileri sürmüşlerdir. Ancak kök kanalının apikal çapının ve taper açısının büyütülmesi belli bir sınırı aştığında irrigasyon solüsyonu değişim hızının ve irrigasyonun debridman etkinliğinin azalmaya başladığı ileri sürülmüştür. Apikal çapta yapılan değişikliklerde ise en yüksek verim 60/0.02 taper açısı boyutlarında gözlenmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar ile kök kanal preparasyonunda taper açısı ve apikal çap için optimum değerler ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır. Literatürde taper açısının artması ile dişlerin kırılma direnci arasındaki ilişki açısından çelişkili sonuçlar bulunmaktadır.

1.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kök kanallarının mekanik preparasyonu giriş kavitesinin açılması ve kök kanal ağzlarının lokalize edilmesiyle başlamaktadır. Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi tamamlandığında, apikal daralımdan koronale doğru genişleyen ve orijinal kök kanal yolunu takip eden bir koniklik sağlanmalıdır (Berman ve Hargreaves, 2020). Kök kanallarının şekillendirilmesi amacıyla günümüze kadar çeşitli genişletme teknikleri ve eğe sistemleri geliştirilmiştir.

Kök kanal sisteminin şekillendirilmesinde kullanılan tüm aletler kemomekanik preparasyonu gerçekleştirirken diş morfolojisine mümkün olan en az zararı vermek üzere tasarlanmışlardır. Şekillendirme işleminde ana hedef irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin artırılması ve kemomekanik preparasyon sonrasında kök kanallarının doldurulması için yeterli alanın oluşturulmasıdır.

Kök kanal preparasyonunda kullanılan kök kanal şekillendirme aletleri genel olarak 3 gruba ayrılmaktadır (Berman ve Hargreaves, 2020):

- Grup 1 : El aletleri (Turnerfler, K-tipi ve H-tipi eğeler)

- Grup 2 : Düşük hızlı aletler (Gates-Glidden ve Peeso-Reamer)
- Grup 3 : Motorla kullanılan aletler (Ni-Ti döner aletler, Self Adjusting File, sonik ve ultrasonik aletler vb.)

1.2.1. Döner Eğe Sistemleri

Kök kanal sisteminin preparasyonu el aletleri veya motorlu (döner) aletler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. 20. Yüzyılın sonlarına kadar endodontik aletler paslanmaz çelikten üretilmekteydi. Ancak gelişen teknolojiyle birlikte son yıllarda Ni-Ti alaşımından üretilen eğe sistemleri ön plana çıkmaya başlamışlardır.

Mekanik preparasyonda Ni-Ti alaşımların kullanılmaya başlanması endodonti alanında yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Yapılan çalışmalarda Ni-Ti döner aletlerin paslanmaz çelik aletlere kıyasla daha yüksek burulma direncine ve daha yüksek esnekliğe sahip olduğu gösterilmiştir (Walia ve ark., 1988).

Ni-Ti döner aletlerin geliştirilmesiyle birlikte bu eğeler en zorlu kanal anatomilerinde bile etkin preparasyon sağlarken, kırılmaya karşı dirençli hale gelmişlerdir. Ni-Ti döner aletlerin üretiminde Nitinol-55 ve Nitinol-60 alaşımları kullanılmaktadır. Bu alaşımların isimlerindeki sayılar alaşımın içerisindeki Nikel elementinin oranını belirtmektedir. Bu iki alaşımdan Nitinol-60' ın şekil hafızası daha düşük olması sebebiyle daha çok Nitinol-55 kullanılmaktadır. Bu alaşımların ikisi de paslanmaz çelik eğelere göre daha az sertliğe ve daha düşük elastisite modülüne sahiptir. Bu nedenle Ni-Ti döner aletler paslanmaz çelik eğelere göre daha esnektirler.

Ni-Ti alaşımlarının tüm bu özelliklerinden faydalanılarak döner aletler üretilmiştir ve bu aletler ile yapılan şekillendirme kök kanalının orijinal şeklini korurken hız ve kolaylık sağlamaktadır (Capar ve ark., 2014). Aynı zamanda kök kanalına verdiği daha konik form sayesinde kök kanal dolgusunun kalitesinin de yükselmesi hedeflenmektedir (Katge ve ark., 2014).

Ni-Ti döner aletler, el aletleri ile karşılaştırıldığında preparasyon süresini kısaltma ve prosedüral hataları minimize etme gibi avantajlara sahiptirler. Ancak bunun yanında büyük taper açısına sahip döner aletler dentin dokusunda çatlaklara neden olabilirler. Kim ve ark. (2010), Ni-Ti döner aletlerin tasarımı ile vertikal kök kırıkları arasında bir ilişki olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ni-Ti döner aletler aynı zamanda oval kanallarının preparasyonunda da yeterince başarılı değillerdir.

Endodontik tedavi uygulanırken, hem yeterli dezenfeksiyonu sağlamak, hem de başarılı bir kanal dolgusu elde edebilmek için aşırı dentin kaybına neden olmayacak şekilde ideal kök kanal preparasyon büyüklüğü belirlenmelidir. Literatürde optimal preparasyon boyutu ve taper açısı konusunda görüş birliği henüz sağlanamamıştır. Daha önceki çalışmalarda, apikal çap ve taper açısı arttığında kök kanallarından debris ve bakterilerin kolaylıkla uzaklaştırılabileceği, irrigasyon solüsyonlarının daha etkili olacağı ve kök kanal dolgusu yapılırken uygulanan lateral ve vertikal kuvvetlerin daha homojen dağılacığı ileri sürülmüştür (Harvey ve ark., 1981; Dalton ve ark., 1998; Card ve ark., 2002). Bazı çalışmalarda ise aşırı kök kanal preparasyonunun mikro çatlak ve hatta kırıklara neden olduğu rapor edilmiştir (Lang ve ark., 2006; Al Amri ve ark., 2016; Sabeti ve ark., 2018). Ayrıca bazı araştırmacılar büyük taper açılı döner aletlerin kullanılmasının kanal volümü ve geometrisinde değişikliğe neden olabileceğini ve vertikal kırık riskini arttırabileceğini bildirmişlerdir (Hauelsen ve ark., 2013; Capar ve ark., 2014; Plotino ve ark., 2019). Bu nedenle daha küçük taper açısına sahip döner aletlerin kullanımı özellikle koronaldeki dentini koruyarak bu riski azaltabilir.

Son yıllarda özellikle dentin dokusunun kuvveti karşılama ve dişin tamamına yayma özelliği sebebiyle mümkün olduğunca korunması gerektiği yönünde fikir birliği oluşmuştur. Dentin miktarını korumak amacıyla minimal invaziv giriş kavimleri uygulanmaya başlanmıştır. Endodontinin en önemli aşamalarından biri olan kemomekanik preperasyon aşamasında da minimal invaziv kök kanal preperasyonu ön plana çıkmaktadır.

1.2.2. Çalışmada Kullanılan Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

Kök kanal aletlerinin herhangi bir kısmı rotasyon hareketine devam ederken geri kalan kısmı kök içinde sıkıştığında kanal aletlerinde torsiyonel kırılma meydana gelmektedir. Kök kanal aletinin tekrarlayan kompresyon ve gerilim kuvvetlerine maruz kalması ile ise döngüsel yorgunluk meydana gelmektedir. Ni-Ti kök kanal aletlerinin bu tip kırılmalara maruz kalmaması amacıyla mekanik özelliklerini ve esnekliklerini geliştirmek için ısıtma işlemi uygulanmaktadır (Thu ve ark., 2020).

Ni-Ti eğelere ısıtma işlemi uygulanması fazla arası geçiş sıcaklıklarını değiştirerek kırılma ve burulma dirençlerini arttırmayı hedefleyen bir işlemdir (McCormick ve Liu, 1994). Bu işlem sonucunda Ni-Ti eğelere esneklik kazandırılırken şekil hafızası özelliği de kazandırılmaktadır.

1.2.2.1. FKG RACE EVO

FKG, ısıtma işlemi görmüş eğe sistemi olarak RACE EVO (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Switzerland) eğelerini tanıtmıştır. Elektro-polisaj işlemi uygulanmış bu yeni eğe sistemi ilk versiyonlarında olduğu gibi üçgen bir kesit tasarımına, alternatif kesme kenarlarına ve yuvarlak bir uca sahiptir. Aynı zamanda RACE EVO kök kanal aletleri mavi renkleri ile ayırt edilebilmektedir. FKG bu eğelerin döngüsel yorulma direncine ve yeterli esnekliğe sahip olduğunu iddia etmektedir (FKG Dentaire, 2022).

RACE EVO eğe sistemi yeni nesil minimal invaziv endodontik şekillendirme prosedürleri için uygun olarak tasarlanmıştır. 0.04 ve 0.06 olmak üzere farklı iki taper açısına sahip eğeleri bulunmaktadır. 0.04 taper açısına sahip eğelerde şekillendirme işlemine öncelikle 15/0.04 eğesi ile başlanır. Bu eğe kanal yolu açıcı eğesi olarak işlev görmektedir. Ardından şekillendirme eğesi olarak sırasıyla 25/0.04, 30/0.04, 40/0.04 ve 50/0.04 eğeleri kullanılabilir. 0.06 taper açısına sahip eğelerde ise kanal yolu açıcı eğe olarak yine 15/0.04 eğesi kullanılmaktadır. Başlangıç şekillendirmesi 25/0.04 eğesi ile yapılırken final şekillendirmesi ise sırasıyla 25/0.06, 30/0.06 ve 35/0.06

eğeleri ile yapılabilmektedir. Şekillendirme işleminde ise üretici hız olarak tüm eğelerde 800-1000 rpm, ideal tork değeri olarak ise 1.5 Ncm önermektedir (FKG Dentaire, 2022).

Eğeler arasındaki ayırım sap kısmındaki renklendirilmiş çizgiler ile yapılmaktadır. Sapın alt kısmındaki kalın çizgiler eğenin apikal ISO boyutunu verirken, ince çizgiler ise eğenin taper açısını belirtmektedir. Apikal ISO boyutu 15, 25, 30, 35, 40 ve 50 olan eğeler için kalın çizginin rengi sırasıyla beyaz, kırmızı, mavi, yeşil, siyah ve sarı olarak belirlenmiştir. 0.04 taper açısına sahip eğelerde ince çizgi kırmızı renkliyken, 0.06 taper açısına sahip eğelerde ise ince çizgi mavi renklidir (FKG Dentaire, 2022).

Eğeler tüm dişlerde rahatça kullanılabilmesi amacıyla farklı uzunluklarda da üretilmiştir. 21, 25 ve 31 mm uzunluğa sahip 3 çeşit eğe bulunmaktadır. Bu uzunluklardaki tüm eğelerde ise kesici kısmın uzunluğu eşit ve 16 mm olarak belirlenmiştir. Bu eğeler arasındaki ayrımı sağlamak için ise farklı renklerde çalışma boyu belirleyici lastik kullanılmıştır. 21, 25 ve 31 mm uzunluğa sahip eğelerde sırasıyla kırmızı, mavi ve siyah lastik bulunmaktadır (FKG Dentaire, 2022).

Yapılan bir çalışmada RACE EVO eğelerin, çalışmada kullanılan diğer eğelere kıyasla döngüsel yorgunluğa daha dayanıklı olduğu ileri sürülmüştür (Ramadan ve ark., 2023). Bu dayanıklılık RACE EVO eğelerinin ısıtma işlemi görmüş olmasına bağlanmıştır.

1.3. Kök Kanal Patları

Kök kanal preperasyonunu takiben kök kanallarının mikrobiyal sızıntı nedeniyle yeniden enfekte olmasını ve tedavi sonrası patoloji gelişmesini önlemek amacıyla kök kanalları hermetik olarak, doku dostu bir madde ile doldurulmalıdır. Kök kanal dolgusunun bu özelliği gösterebilmesi için hermetik ve sızdırmaz bir şekilde yapılması gerekmektedir (Sundqvist ve ark., 1998). Kök kanal sistemi düzensiz alanlar, aksesuar

ve yan kanallar bulunabilen karmaşık bir anatomiye sahiptir. Bu karmaşık yapının tek başına katı kor materyalleri ile doldurulması mümkün olmamaktadır (Lee ve ark., 2002). Güta-perka gibi katı kor materyalleri ile birlikte kullanılan kök kanal patlarının; hermetik bir kök kanal dolgusu sağlaması beklenir (Berman ve Hargreaves, 2020). Kök kanal patları, güta-perka ile kök dentin duvarı arasındaki boşlukları ve düzensizlikleri doldurarak kök kanal dolgusunun kalitesini arttırmaktadır ve aynı zamanda obtürasyon esnasında katı kor materyaline kayganlaştırıcı bir etki sağlamaktadırlar (Komabayashi ve ark., 2020).

Endodontik tedavi görmüş bir dişin uzun vadeli başarısını arttırmak için kök kanal dolgusunun kök dentinine bağlanması ve böylece kalan diş yapısını güçlendirmesi gerektiği ileri sürülmüştür (Johnson ve ark., 2000). Güta-perkanın kök kanal dentinine bağlanma yeteneği bulunmadığından bu durumda kök kanal patları önemli bir rol oynayabilir (Sağsen ve ark., 2012). Bugüne kadar birçok çalışmada kök çeşitli kanal patlarının dişlerin kırılma direncine olan etkileri araştırılmıştır (Trope ve Ray, 1992; Apicella ve ark., 1999; Johnson ve ark., 2000; Ghoneim ve ark., 2011; Ersev ve ark., 2012). Ancak güta-perka ile birlikte farklı tipte kök kanal patlarının kullanımının dişlerin kırılma direncine olan etkisi konusunda bir fikir birliğine varılamamıştır.

Günümüzde kullanılan farklı içeriklerde birçok kök kanal patı bulunmaktadır. Kök kanal patları bileşenlerine göre beş ana gruba ayrılmaktadır (Berman ve Hargreaves, 2020):

- 1.Çinko oksit esaslı kök kanal patları patlar
 - a) Çinko oksit – öjenol içerikli patlar
 - b) İlaçlı olanlar
 - i. Paraformaldehit içerenler
 - ii. Paraformaldehit içermeyenler
 - c) Öjenolsüz çinko oksit içerikli patlar
2. Kalsiyum hidroksit esaslı kök kanal patları
3. Cam iyonomer esaslı kök kanal patları

4. Polimerler

- a) Epoksi rezin esaslı
- b) Metakrilat rezin esaslı
- c) Poliketon (polivinil) esaslı
- d) Silikon polimerler

5. Tri/Di kalsiyum silikat içerenler

Eski nesil kök kanal patlarının, sertleşme reaksiyonu sırasında biyoyumlu olmayan maddeler açığa çıkarmaları ve sertleştikten sonra çözünmeye başlamaları gibi istenmeyen özelliklerinden ötürü kullanımları terk edilmiştir (Berman ve Hargreaves, 2020). Günümüzde epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patları radyoopasite, dentine adezyon, apikal örtücülük yeteneği gibi fizikokimyasal özellikleri yüksek olan patlardır ve bu nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Birçok çalışmada AH Plus altın standart bir kök kanal dolgu patı olarak kabul edilmektedir (Berman ve Hargreaves, 2020; Lim ve ark., 2020). Bununla birlikte patın sitotoksikite, enflamatuvar yanıt ve hidrofobik özelliğe sahip olması gibi sınırlamaları mevcuttur. Bu problemleri ortadan kaldırmak amacıyla firmalar MTA' nın avantajlarından yararlanarak yüksek düzeyde biyoyumlu ve hidrofilik özelliğe sahip kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarını piyasaya sürmüşlerdir (Lim ve ark., 2020).

MTA' nın içeriğinde bulunan alüminyum, bizmut oksit ve eser elementler nedeniyle materyalin stabilitesinin bozulduğu bildirilmiştir (Tawil ve ark., 2015). Aynı zamanda sertleşme süresinin uzunluğu nedeniyle kullanımı pulpa kuafajı, amputasyon, apeksifikasyon ve perforasyon tamiri ile sınırlı kalmıştır. İlerleyen yıllarda bu dezavantajları ortadan kaldırmak için materyalin içeriğinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Portland çimentosu yerine saf trikalsiyum silikat kullanılmış ve bu sayede alüminyum ve eser element sorunu ortadan kaldırılmıştır. Radyopak madde olarak bizmut oksit yerine zirkonyum oksit eklenmiş ve dişlerde yarattığı renklenme sorununun önüne geçilmiştir. Bu yeni geliştirilen materyaller, Portland çimentosu esaslı ürünler ile karıştırılmaması için 'biyoseramik' olarak adlandırılmıştır.

1.3.1. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patları

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları ana yapılarında dikalsiyum ve trikalsiyum silikat içeren kök kanal patlarıdır (Berman ve Hargreaves, 2020). Biyoseramikler, biyomalzemelerin önemli bir alt dalıdır (Thrivikraman ve ark., 2014) ve dokularla etkileşimlerine göre biyoinert, biyoaktif veya biyobozunur gibi sınıflandırılabilen malzemeleri içermektedir (Raghavendra ve ark., 2017). Biyoseramikler dokulara uygulandığında herhangi bir reaksiyona neden olmamaktadır. Bu nedenle radyoterapi camlarının içeriğinde de biyoseramikler kullanılmaktadır.

Biyoseramikler biyolojik hidroksiapatitler ile benzerliklerinden dolayı yüksek derecede biyouyumluluk gösteren maddelerdir. Diş yapısı ile kimyasal bağ oluşturmakta ve bu nedenle iyi derecede hermetik sızdırmazlık sağladıkları ve radyopak özelliğe sahip oldukları bildirilmiştir (Prati ve Gandolfi, 2015; Utneja ve ark., 2015). Biyoseramikler bakteri adezyonunu önleyen 1-3 nm çapında nanokristaller içeren gözenekli bir yapıya sahiptir. Bazı durumlarda florür iyonlar bu nanokristallerin yapısında bulunur ve biyoseramik materyallere antibakteriyel özellik kazandırır (Jitaru ve ark., 2016).

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının biyouyumluluk özellikleri kök kanal patının ortama saldığı iyonlar tarafından sağlanır. Bu iyonlar hidrasyon reaksiyonları sonucu oluşan kalsiyum silikat hidrattan salınan Ca^{+2} , Si^{+4} ve OH^- iyonlarıdır (An ve ark., 2015; Shi ve ark., 2015). Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının antimikrobiyal etkisi saldıkları OH^- iyonunun ortamın pH değerini yükseltmesiyle gerçekleşmektedir. Candeiro ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada AH Plus ve Endosequence BC Sealer kök kanal patlarının *E. Faecalis*' e karşı olan etkinlikleri araştırılmış ve benzer olduğu bildirilmiştir.

Geleneksel kök kanal patları hidrofobik yapıya sahiptir. Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları ise sertleşme reaksiyonunun başlaması için su molekülü varlığına ihtiyaç duymaktadır. Su molekülü varlığında dikalsiyum silikat veya trikalsiyum

silikat molekülleri tepkimeyi başlatır. Bu tepkime sonucunda kalsiyum silikat hidrat jeli ve kalsiyum hidroksit oluşmaktadır (Torres ve ark., 2020). Kalsiyum hidroksit ise kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına ayrıışmaktadır. Ortamda kalan hidroksil iyonları ise ortamın pH değerini yükselterek antimikrobiyal etkinliğı arttırmaktadır (Mukhtar-Fayyad, 2011; Güven ve ark., 2013; Collado-González ve ark., 2017)

Yapılan çalışmalarda kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının boyutsal stabilitelerinin, sertleşme reaksiyonu sırasında büzülme eğiliminde olan çinko oksit öjenol esaslı patlara göre daha iyi bulunmuştur (Trope ve ark., 2015). MTA içerikli kök kanal patları gibi kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları da %0,2' ye kadar hacimsel genişleme gösterebilmektedir (Trope ve ark., 2015). Sertleşme reaksiyonu sırasında meydana gelen bu genişleme biyoseramik esaslı patların sızdırmazlığına olumlu yönde etki etmektedir (Best ve ark., 2008; Jefferies, 2014).

Biyoseramik esaslı kök kanal patları ile doldurulmuş dişlerin kırılma direncine olan etkisi ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Daha önceden yapılan çalışmalarda biyoseramiklerin dentinle kimyasal bir bağ oluşturduğu ve bu nedenle dişlerin kırılma direncine olumlu etki yapabilecekleri ileri sürülmüştür (Sağsen ve ark., 2012; Topçuoğlu ve ark., 2013). Patil ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada kök kanal patı olarak EndoSequence BC Sealer kullanılan grup AH Plus grubu ile kırılma direnci açısından karşılaştırılmış ve biyoseramik pat (EndoSequence BC Sealer) ile doldurulmuş dişlerin kırılma dirençleri daha yüksek bulunmuştur. Çobankara ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada da biyoseramik bir kök kanal patı (EndoSequence BC Sealer) ile doldurulmuş dişlerin aynı şekilde kırılma dirençleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak bazı çalışmalarda ise biyoseramik esaslı kök kanal patları ile rezin esaslı kök kanal patları arasında kırılma direnci açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır (Yendrembam ve ark., 2019; Almanie ve ark., 2020; Varghese ve ark., 2022).

Donnermeyer ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada MTA Fillapex, Bioroot RCS, TotalFill BC Sealer ve AH Plus' ın dentine bağlanma dayanımları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre epoksi rezin esaslı kök kanal patı olan

AH Plus' ın dentine bağlanma kuvveti kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu çalışmanın aksine Tuncel ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise epoksi resin esaslı kök kanal patı AH Plus ile kalsiyum silikat esaslı kök kanal patı iRoot SP bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmış ve iRoot SP' nin AH Plus' a göre bağlanma dayanımı daha yüksek bulunmuştur.

Kanal tedavisinin başarılı olmasında gerekli olan kriterler arasında kök kanal patının dentinle etkileşimi ile birlikte kök kanal patının kor materyali ile olan bağlanması da oldukça önemli bir faktördür (Ørstavik, 2014). Bazı üretici firmalar kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları ile gütaperka arasındaki bağlanmayı arttırmak için farklı materyalleri piyasaya sürmüştür. Septodont firması, BioRoot RCS patına organik bir polimer (povidon) dahil etmiştir. Aynı zamanda biyoseramik nanopartiküllerin emdirildiği gütaperka konlarının kullanımını önermiştir. Fakat Eltair ve ark. (2018) tarafından yapılmış olan bir çalışmada biyoseramik nanopartiküllerin emdirildiği gütaperkalar ile kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları arasında yeterli bir sızdırmazlık sağlanmadığı bildirilmiştir.

1.3.2. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Patları

1.3.2.1. AH Plus

AH 26 (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) piyasaya ilk sürülen epoksi resin esaslı kök kanal patıdır. İlk olarak 1957 yılında Schröder tarafından kullanıma sunulmuştur. Tozunda bulunan hekzametilen tetramin, likitinde bulunan bisfenol-A-diglisidil eter ile birleşerek polimerizasyonu başlatır. Bu reaksiyon sonucunda formaldehit oluşur. Formaldehit patın fiksatif ve antibakteriyel etki göstermesini sağlar.

AH 26' nın kök kanallarına adezyon özellikleri iyidir (Parameswaran, 2021). Yapılan çalışmalarda kök dentini ve gütaperka ile oluşturduğu bağlanma kuvveti çinko oksit, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı kök kanal patlarına göre daha yüksek bulunmuştur (Lee ve ark., 2002; Parameswaran, 2021). Aynı zamanda doku sıvılarında çözünmesi diğer kök kanal patlarına göre daha düşük bulunmuştur (Lee ve ark., 2017).

Ancak, tüm bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Polimerizasyon reaksiyonu sırasında oluşan formaldehit sitotoksik etkilere sahiptir. Aynı zamanda içeriğinde bulunan gümüş nedeniyle diş dokularında renk değişimine neden olmaktadır (Koch, 1999).

AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya), AH 26 kök kanal patının formaldehit salınımı, renklenmeye neden olma gibi dezavantajlarının giderilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Formaldehit salınımını azaltmak için formülünde bulunan aminler değiştirilmiştir. AH Plus' ın AH 26' ya kıyasla çok daha az miktarda formaldehit salınımı bulunmaktadır (Leonardo ve ark., 1999).

AH Plus, iki tüpten oluşmaktadır. Bir tüpünde epoksi rezin, diğer tüpünde ise amin içeriği bulunmaktadır. Epoksi rezin tüpünde ana içerik olarak bisfenol-A diglisidil eter ve doldurucular bulunmaktadır. Amin tüpünde ise ana içerik olarak primer monoamin, sekonder diamin, disekonder diamin, silikon yağı ve doldurucular bulunmaktadır (Tyagi ve ark., 2013). Ayrıca AH 26' da radyoopasite verici olarak kullanılan bizmut oksit ve kalsiyum tungstat yerine zirkonyum oksit kullanılmıştır.

AH Plus, 26 µm' lik bir film kalınlığı (ISO 6876;50 µm) ve 36 mm' lik akışkanlığa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Hafif tiksotropik özelliğe sahiptir. Sertleşme süresi 8 saat iken kıvamı ise akışkandır. Bu sayede patın kök kanal sistemindeki mikro düzensizliklere nüfuz ederek mekanik kilitlenmeyi arttırdığı ve böylece kök dentinine oldukça iyi adezyon göstermesini sağladığı ileri sürülmüştür (Azar ve ark., 2000).

Zhou ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada AH Plus kök kanal patını MTA Fillapex, Endosequence BC ve ThermanSeal ile viskozite, film kalınlığı, çalışma zamanı, sertleşme zamanı, çözünürlük, boyutsal stabilite ve pH değişimi bakımından karşılaştırmıştır. Çalışma sonunda tüm kanal patlarının özelliklerinin ISO standartlarına uygun oldukları tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda ise AH Plus kök kanal patının kök kanallarında bulunan karmaşık anatomik yapıları doldurma kabiliyeti için yeterli akıcılığı sahip olduğu bildirilmiştir (Piai ve ark., 2018; Heran ve ark., 2019).

AH Plus kök kanal patının sertleşme süresinin yaklaşık 10 saat olduğu bildirilmiştir (Ruiz-Linares ve ark., 2013). Kök kanal patının doku uyumluluğunun incelendiği bir diğer çalışmada ise sertleşene kadar geçen süre içerisinde sitotoksikite gösterdiği ancak sertleşmesini tamamladıktan sonra sitotoksik olmadığı bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2015).

Yapılan histopatolojik çalışmalarda epoksi rezin esaslı kök kanal patlarının periapikal ve subkutan dokularda yüksek düzeyde inflamasyona neden olduğu bildirilmiştir (Pascon ve ark., 1991; Cintra ve ark., 2017). Literatürde kök kanal patlarının sitotoksikite etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda AH Plus' ın; iRoot SP' den (Innovative BioCreamix Inc., Vancouver, Kanada) (Zhang ve ark., 2010), Endosequence BC' den (Zoufan ve ark., 2011), silikon esaslı (Silva ve ark., 2015) ve metakrilat esaslı (Garza ve ark., 2012) kök kanal patlarından daha fazla sitotoksik olduğu rapor edilmiştir.

AH Plus kök kanal patı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uygunluğu nedeniyle endodontide uzun yıllardır bir standart olarak kabul görmekte ve kullanılmaktadır (Silva Almeida ve ark., 2017). Piyasaya yeni sürülmüş olan versiyonu AH Plus Jet' in içeriği AH Plus ile aynıdır. Enjektör formu sayesinde daha homojen karıştırılabilir ve kullanımı kolaylaştırılmıştır (Portela ve ark., 2011).

1.3.2.2. TotalFill BCSealer

TotalFill BCSealer 2013 yılında FKG tarafından piyasaya sunulmuş kalsiyum silikat esaslı bir kök kanal dolgu patıdır. Patın içeriğinde hem dikalsiyum silikat hem de trikalsiyum silikat bulunmaktadır. Bunların yanında kolloidal silika ve monobazik kalsiyum ihtiva eder. Radyoopasite sağlayıcı olarak zirkonyum oksit eklenmiştir. Zirkonyum oksit MTA'nın içeriğinde bulunan bizmut oksit yerine tercih edilmiştir (FKG Dentine, 2022).

TotalFill BCSealer kendi enjektör sistemiyle kullanıma hazır olarak üretildiğinden karıştırma işlemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Materyal nemli bir yüzeye temas ettiği anda nem ile birlikte sertleşme reaksiyonu başlamaktadır. Çalışma süresi en az 30 dakikadır. Sertleşme süresi ise normal koşullarda en az 2 saat sürmektedir. Ancak ekstra kuru kanallarda bu sürenin daha da uzayabileceği belirtilmiştir (FKG Dentine, 2022).

Yapılan bir çalışmada aralarında TotalFill BCSealer kök kanal patının da bulunduğu bazı kök kanal patlarının pH, radyoopasite ve akıcılık özellikleri karşılaştırılmıştır. TotalFill BCSealer'ın radyoopasite 5,1 mm Al ile ISO standartlarının üzerinde çıkmıştır. Akıcılık değeri ise istenen 30 mm değerinin üstünde bir sonuç olan 42 mm olarak ölçülmüştür. Yapılan pH analizinde ise TotalFill BCSealer kök kanal dolgu patının pH değeri ilk 1 saatte 7,17 olarak ölçülmüş ve ilerleyen saatlerde giderek yükselmiştir (Almeida ve ark., 2020).

TotalFill BC Sealer, Bio-C Sealer ve AH Plus kök kanal patlarını sitotoksisite, hücre migrasyonu ve hücre ölümü açısından karşılaştıran bir çalışmada TotalFill BC Sealer'ın en az sitotoksik, en az hücre migrasyonuna neden olan ve en az hücre ölümüne neden olan kök kanal patı olduğu bildirilmiştir (Zordan-Bronzel ve ark., 2019).

Üretici firma kullanımdan önce kök kanallarına ekstra bir işlem uygulanmasına gerek olmadığını belirtmiştir. Uygulama ucu kök kanalı içerisine yerleştirilir ve

materyal kanal içine uygulanır. Kök kanalının apikal çap ve taper açısına uygun seçilen tek kon güta-perka kök kanal dolgu patına bulanır ve kanal içine çalışma boyunda yerleştirilir. Bu işlemlerin ardından koronalde taşan kanal patı bir pamuk pelet ile temizlenir (FKG Dentaire, 2022).

TotalFill BC Sealer' ın dişin kırılma direncine olan etkisini araştıran bir çalışmada TotalFill BC Sealer ile kök kanal dolgusu yapılmış olan grubun AH Plus'a göre daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Almohaimede ve ark., 2020). Diğer bir çalışmada da AH Plus ve MTA Fillapex patları ile karşılaştırılan TotalFill BC Sealer' ın en dayanıklı grup olduğu ileri sürülmüştür (Mohammed ve Al-Zaka, 2020).



2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 05.12.2022 tarihinde 18/11 karar numarası ile onay almış olup, örnek hazırlama ve deney aşamaları Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında yürütülmüştür.

Çalışmamızda farklı boyut ve taper açlarına sahip eğeler ile şekillendirilmiş, biyoseramik ve rezin içerikli kök kanal patları ile doldurulmuş köklerin kırılma dirençleri karşılaştırılmıştır.

2.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Çalışmamızda protetik ve periodontal nedenlerle çekilmiş, çürüksüz, restoratif işlem görmemiş 90 adet tek köklü, tek kanallı insan alt premolar diş kullanılmıştır. Dişler çekim işleminden sonra deney başlayıncaya kadar +4°C' de %0,1' lik timol içeren salin solüsyonunda muhafaza edilmiştir.

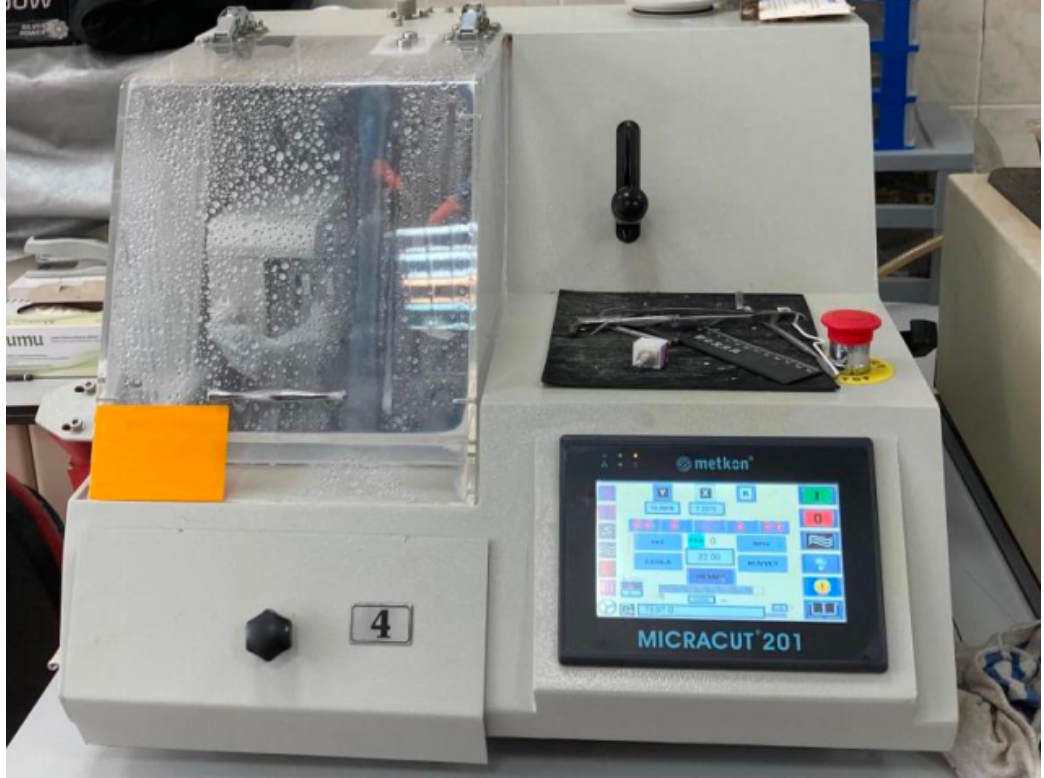
Dişlerin üzerindeki diş taşları, organik debris ve yumuşak dokular periodontal küret (Gracey, Nordent, ABD) yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Dişlerin kök kanal anatomisini değerlendirmek amacıyla bukkolingual ve meziodistal yönden radyografiler alınmıştır. Kök kanalında kalsifikasyon izlenen ve birden fazla kök kanalı bulunan dişler çalışma dışı bırakılmıştır.

Apeksten 9 mm uzaklıktaki kök çapları dijital kumpas ile bukkolingual ve meziodistal yönden ölçülmüş ve mümkün olduğunca benzer boyutlardaki dişler çalışmaya dahil edilmiştir.

Tüm dişlerde kök boyutlarını standardize etmek için elektronik dijital kumpas kullanılarak, kök uzunluğu apeksten koronale doğru 13 mm olacak şekilde ölçülerek,

diş üzerine işaretlenmiş ve su soğutması altında kesme cihazı (Şekil 2.1.) (Metkon, Microcut Precisioncutter, Bursa, Türkiye) ile dişlerin kronları uzaklaştırılmıştır.

Dişler kökte herhangi bir çatlak veya defekt varlığı ve apeks gelişiminin kontrolü amacıyla x12 büyütmede stereomikroskop (Zeiss Sterni, Carl Zeiss, Jena, Almanya) ile incelenmiştir. Kriterlere uygun olmayan dişler çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 2.1. Su Soğutması Altında Çalışan Kesme Cihazı (Microcut Precisioncutter)

2.2. Kontrol ve Deney Gruplarının Oluşturulması

Yukarıda ifade edilen kriterlere uygun olarak seçilen toplam 90 adet dişten 10' u kontrol grubunu oluşturmak üzere ayrılmış ve bu örneklerde herhangi bir işlem yapılmamıştır. Kontrol grubu ayrıldıktan sonra geriye kalan köklerde 15 numaralı K tipi paslanmaz çelik eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kanal içine yerleştirilip apekten görünür hale gelene kadar ilerletilmiştir. Kanal aleti apekten

görüldüğü anda uzunluğu ölçülmüş ve bu uzunluktan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlenmiştir.

Çalışma boyu tespiti yapılan kökler her bir deney grubunda 20 adet örnek olacak şekilde rastgele 4 deney grubuna ayrılmıştır:

25/0.04 Grubu: 15 numaralı K tipi el eğesi çalışma boyunda, kanal içerisinde serbest hale gelene kadar kullanılmıştır. Ardından FKG RACE EVO (Şekil 2.2) (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Switzerland) sisteminin eğeleri çalışma boyunda sırasıyla 15/0.04 ve 25/0.04 numara eğeler ile DTE E-COM+ (Şekil 2.3.) (Guilin Woodpecker, Guangxi, China) endodontik motorunda 800 rpm ve 1,5 Ncm ayarlanarak kök kanalı şekillendirilmiştir.

Kök kanalı şekillendirilirken eğeler her sıkıştığında kök kanalından çıkarılmış üzerlerindeki debris temizlenmiş ve kök kanalı irrig edilmiştir. İrrigasyon için toplam 10 ml %2,5' lik NaOCl (Wizard, Rehber Kimya, Konya) kullanılmıştır. Kök kanal preperasyonu 25/0.04 nolu eğe kanalda serbest hale gelince sonlandırılmıştır.



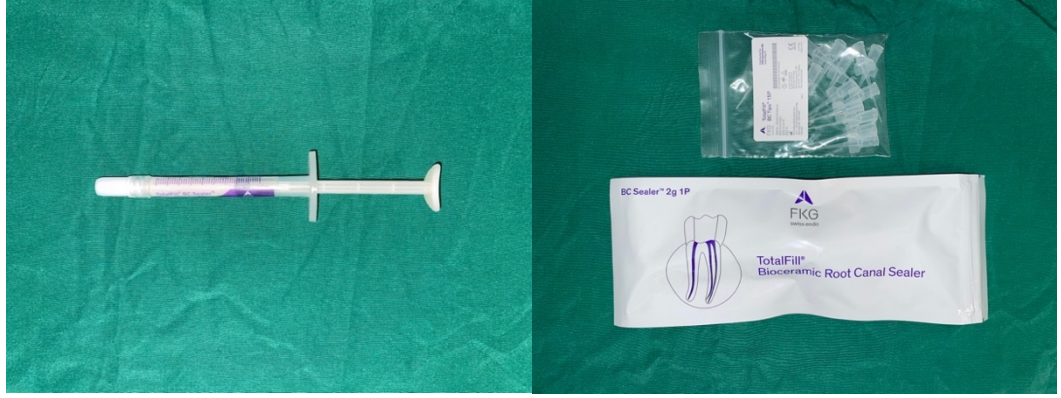
Şekil 2.2. FKG RACE EVO Ni-Ti Döner Aletler



Şekil 2.3. DTE E-COM+ Endodontik Motor

Kök kanalı şekillendirmesi tamamlandıktan sonra son yıkama protokolü olarak kök kanalları sırasıyla 5 ml %2,5 NaOCl, 5 ml %17 EDTA ve 5 ml distile su ile irrigasyon yapılmıştır. Ardından kök kanalları kağıt konlar ile kurularak kök kanal dolgusu işlemine geçilmiştir.

Kök kanal dolgusu yapılmadan önce dişler her grupta 10 adet örnek olacak şekilde iki alt gruba ayrılmıştır. Gruplardan birinde kök kanal patı olarak FKG Total Fill BCSealer (TF) (Şekil 2.4) (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Switzerland), diğerinde ise AH Plus (AP) (Şekil 2.5.) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kök kanal patı kullanılmıştır.



Şekil 2.4. FKG TotalFill BC Sealer Kök Kanal Dolgu Patı



Şekil 2.5. AH Plus Kök Kanal Dolgu Patı

25/0.04 TF Grubu: FKG TotalFill BCSealer kök kanal dolgu patı aplikatör ucu ile kök kanalları içerisine gönderilmiştir. 25/0.04 nolu güta-perka da kök kanal patına bulanmış ve kök kanalına çalışma boyunca yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

25/0.04 AP Grubu: AH Plus kök kanal dolgu patı firmanın önerdiği talimatlar doğrultusunda karıştırılarak hazırlanmıştır. 25/0.04 nolu güta-perka kök kanal patına bulunarak çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

30/0.04 Grubu: 15 numaralı K tipi el eğesi çalışma boyunda, kanal içerisinde serbest hale gelene kadar kullanılmıştır. Ardından FKG RACE EVO sisteminin eğeleri çalışma boyunda sırasıyla 15/0.04 25/0.04 ve 30/0.04 numara eğeler ile DTE E-COM+ endodontik motorunda 800 rpm ve 1,5 Ncm ayarlanarak kök kanalı şekillendirilmiştir.

Kök kanalı şekillendirilirken eğeler her sıkıştığında kök kanalından çıkarılmış üzerlerindeki debris temizlenmiş ve kök kanalı irriga edilmiştir. İrrigasyon için toplam 10 ml %2,5' lik NaOCl kullanılmıştır. Kök kanal preperasyonu 30/0.04 nolu eğe kanalda serbest hale gelince sonlandırılmıştır.

Kök kanalı şekillendirmesi tamamlandıktan sonra son yıkama protokolü olarak kök kanalları sırasıyla 5 ml %2,5 NaOCl, 5 ml %17 EDTA ve 5 ml distile su ile irrigasyon yapılmıştır. Ardından kök kanalları kağıt konlar ile kurularak kök kanal dolgusu işlemine geçilmiştir.

Kök kanal dolgusu yapılmadan önce dişler her grupta 10 adet örnek olacak şekilde iki alt gruba ayrılmıştır. Gruplardan birinde kök kanal patı olarak FKG Total Fill BCSealer (TF), diğerinde ise AH Plus (AP) kök kanal patı kullanılmıştır.

30/0.04 TF Grubu: FKG TotalFill BCSealer kök kanal dolgu patı aplikatör ucu ile kök kanalları içerisine gönderilmiştir. 30/0.04 nolu güta-perka kök kanal patına bulunmuş ve kök kanalına çalışma boyunda yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla

güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

30/0.04 AP Grubu: AH Plus kök kanal dolgu patı üreticinin önerdiği şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. 30/0.04 nolu güta-perka kök kanal patına bulanarak çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

25/0.06 Grubu: 15 numaralı K tipi el eğesi çalışma boyunda, kanal içerisinde serbest hale gelene kadar kullanılmıştır. Ardından FKG RACE EVO sisteminin eğeleri ile çalışma boyunda sırasıyla 15/0.04 25/0.04 ve 25/0.06 numara eğeler ile DTE E-COM+ endodontik motorunda 800 rpm ve 1,5 Ncm ayarlanarak kök kanalı şekillendirilmiştir.

Kök kanalı şekillendirilirken eğeler her sıkıştığında kök kanalından çıkarılmış üzerlerindeki debris temizlenmiş ve kök kanalı irriga edilmiştir. Irrigasyon için toplam 10 ml %2,5' lik NaOCl kullanılmıştır. Kök kanal preparasyonu 25/0.06 nolu eğe kanalda serbest hale gelince sonlandırılmıştır.

Kök kanalı şekillendirmesi sona erdikten sonra son yıkama protokolü olarak kök kanalları sırasıyla 5 ml %2,5 NaOCl, 5 ml %17 EDTA ve 5 ml distile su ile irrigasyon yapılmıştır. Ardından kök kanalları kağıt konlar ile kurularak kök kanal dolgusu işlemlerine geçilmiştir.

Kök kanal dolgusu yapılmadan önce dişler her grupta 10 adet örnek olacak şekilde iki alt gruba ayrılmıştır. Gruplardan birinde kök kanal patı olarak FKG Total Fill BCSealer (TF), diğerinde ise AH Plus (AP) kök kanal patı kullanılmıştır.

25/0.06 TF Grubu: FKG TotalFill BCSealer kök kanal dolgu patı aplikatör ucu ile kök kanalları içerisine gönderilmiştir. 25/0.06 nolu güta-perka kök kanal patına

bulanarak kök kanalına çalışma boyunda yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

25/0.06 AP Grubu: AH Plus kök kanal dolgu patı üreticinin önerdiği şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. 25/0.06 nolu güta-perka kök kanal patına bulanarak çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

30/0.06 Grubu: 15 numaralı K tipi el eğesi çalışma boyunda, kanal içerisinde serbest hale gelene kadar kullanılmıştır. Ardından FKG RACE EVO sisteminin eğeleri çalışma boyunda sırasıyla 15/0.04 25/0.04, 25/0.06 ve 30/0.06 numara eğeler ile DTE E-COM+ endodontik motorunda 800 rpm ve 1,5 Ncm ayarlanarak kök kanalı şekillendirilmiştir.

Kök kanalı şekillendirilirken eğeler her sıkıştığında kök kanalından çıkarılmış üzerlerindeki debris temizlenmiş ve kök kanalı irriga edilmiştir. Irrigasyon için toplam 10 ml %2,5' lik NaOCl kullanılmıştır. Kök kanal preparasyonu 30/0.06 nolu eğe kanalda serbest hale gelince sonlandırılmıştır.

Kök kanalı şekillendirmesi sona erdikten sonra son yıkama protokolü olarak kök kanalları sırasıyla 5 ml %2,5 NaOCl, 5 ml %17 EDTA ve 5 ml distile su ile irrigasyon yapılmıştır. Ardından kök kanalları kağıt konlar ile kurularak kök kanal dolgusu işlemlerine geçilmiştir.

Kök kanal dolgusu yapılmadan önce dişler her grupta 10 adet örnek olacak şekilde iki alt gruba ayrılmıştır. Gruplardan birinde kök kanal patı olarak FKG Total Fill BCSealer (TF), diğerinde ise AH Plus (AP) kök kanal patı kullanılmıştır.

30/0.06 TF Grubu: FKG TotalFill BCSealer kök kanal dolgu patı aplikatör ucu ile kök kanalları içerisine gönderilmiştir. 30/0.06 nolu güta-perka kök kanal patına bulanarak kök kanalına çalışma boyunda yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

30/0.06 AP Grubu: AH Plus kök kanal dolgu patı üreticinin önerdiği şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. 30/0.06 nolu güta-perka kök kanal patına bulanarak çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilerek kök kanalı tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde kalan fazla güta-perka sıcak aletle kesilerek, artık kök kanal patı da pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır.

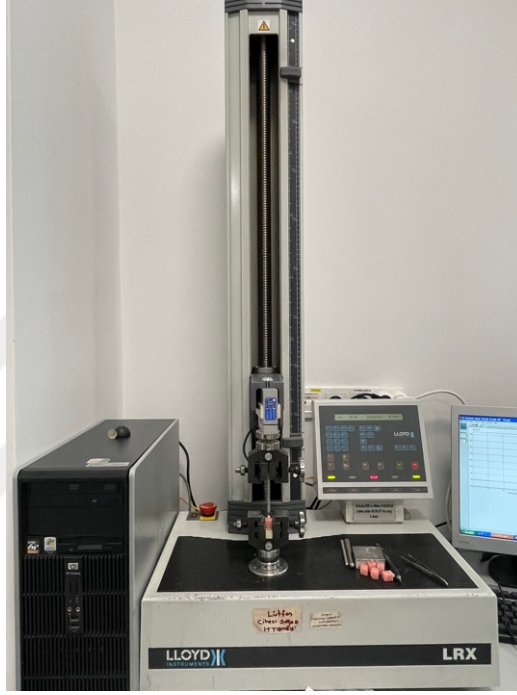
2.3. Köklerin Akrilik Rezin Bloklara Gömülmesi

Tüm deney gruplarında kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra örnekler kök kanal patının tamamıyla sertleşmesi için 1 hafta süreyle 37°C, %100 nemli ortamda muhafaza edilmiştir. Daha sonra tüm kontrol ve deney gruplarına ait örneklerde kök kanallarının koronalinde Gates-Glidden frezler ile 1,5 mm çapında ve 2 mm derinliğinde kaviteler açılmıştır.

Kökleri akrilik rezin içerisine gömmek için 10 mm genişliğinde, 10 mm derinliğinde ve 15 mm yüksekliğinde dikdörtgenler prizması şeklinde rehber kalıplar hazırlanmıştır. Bu rehber kalıplar akrilik rezin (Imicryl, Konya, Türkiye) ile doldurulduktan sonra örnekler kökün 9 mm koronal kısmı dışarıda, 4 mm apikal kısmı akrilik rezin içerisinde kalacak şekilde gömülerek sabitlenmiştir. Tüm köklerin akrilik rezin dışında kalan 9 mm kısmı elektronik dijital kumpas ile ölçülerek kontrol edilmiştir. Akrilik rezin tamamen sertleştikten sonra örnekler rehber kalıplardan çıkarılmıştır.

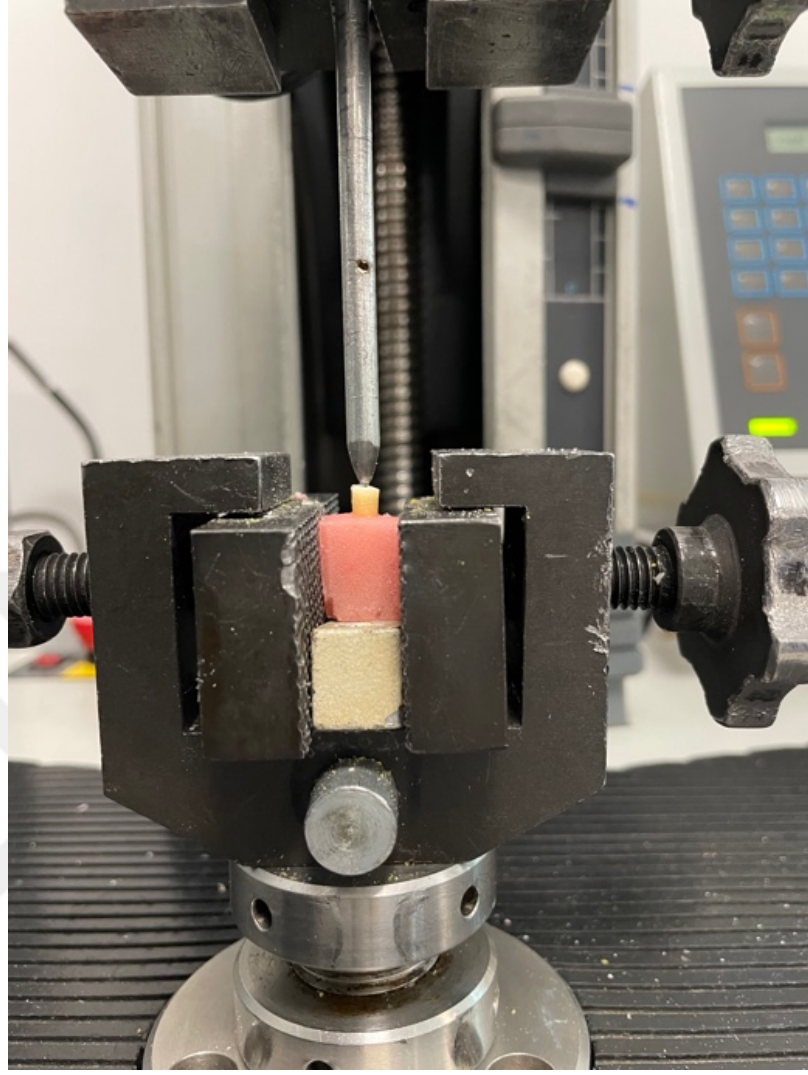
2.4. Push-Out Testinin Gerçekleştirilmesi

Akrilik rezine gömülmüş olan örnekler Universal Test Cihazı (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) ile kırılma direnci testine tabi tutulmuştur (Şekil 2.6).



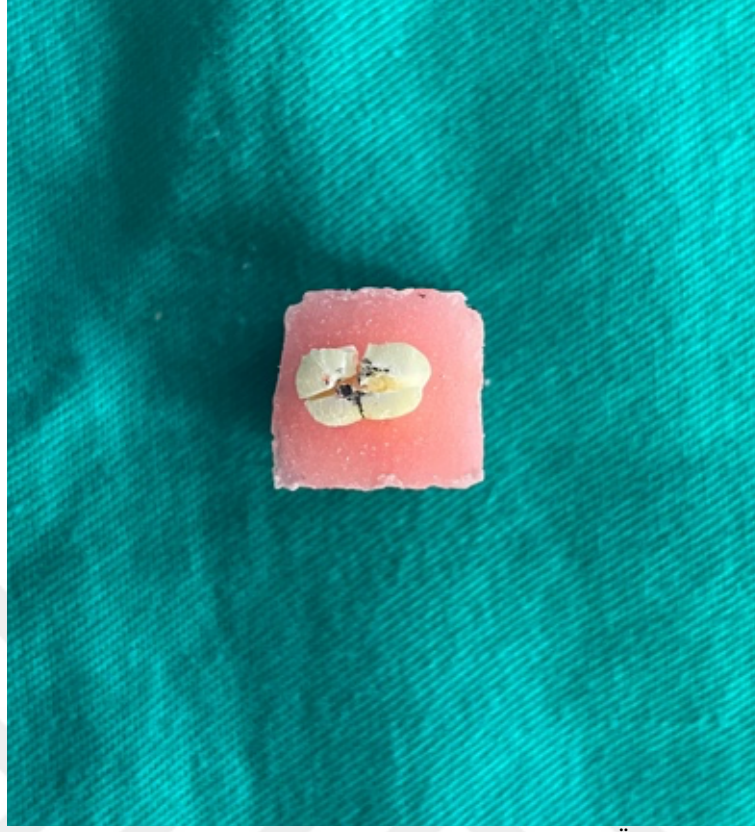
Şekil 2.6. Universal Test Cihazı

Standardizasyonu sağlamak amacıyla örnekler dişin uzun aksı ile cihaz 0° açı yapacak şekilde Universal Test Cihazı'na yerleştirilerek, kuvvetin uygulanacağı pozisyon sabitlenmiştir. Köklerin gömülü olduğu akrilik rezin bloklar cihazın sabitleştirici başlıklarıyla sıkıştırılarak kuvvet uygulanması sırasında hareket etmemesi sağlanmıştır. Ardından 1,5 mm çapındaki itici uç köklerin kanal girişlerine açılmış olan kaviteye yerleştirilmiştir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Universal Test Cihazına Yerleştirilmiş Akrilik Rezin Blok

Daha sonra köklere kırılma gerçekleşene kadar vertikal yönde 1 mm/dk sabit hız ile kuvvet uygulanmıştır (Şekil 2.8). Kırılmanın gerçekleştiği kuvvet cihazın bağlı olduğu bilgisayardaki Nexygen Data Analiz Programı (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) ile Newton cinsinden kaydedilmiştir. Ardından kaydedilen veriler Microsoft Excel yazılımına tablo olarak aktarılmıştır.



Şekil 2.8. Kuvvet Uygulandıktan Sonra Kırılmış Örnek

2.5. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for The Social Sciences) 20 programı ile analiz edilmiştir. Tanımlayıcı olarak nicel değişkenler için ortalama±standart sapma ve ortanca (minimum-maksimum), nitel değişkenler için ise örnek sayısı kullanılmıştır. Nicel değişken bakımından iki kategoriye sahip nitel değişkenin kategorileri arasında fark olup olmadığına, normal dağılım sağlanıyorsa Student-t testi, sağlanmıyorsa Mann-Whitney U testi kullanılarak bakılmıştır. Nicel değişken bakımından ikiden fazla kategoriye sahip nitel değişkenin kategorileri arasında fark olup olmadığına, normal dağılım varsayımları sağlanmadığı için Kruskal Wallis H testi kullanılarak bakılmıştır. Sonuçlar yorumlanırken istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kullanılmış olup; $p < 0,05$ olması durumunda anlamlı bir farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

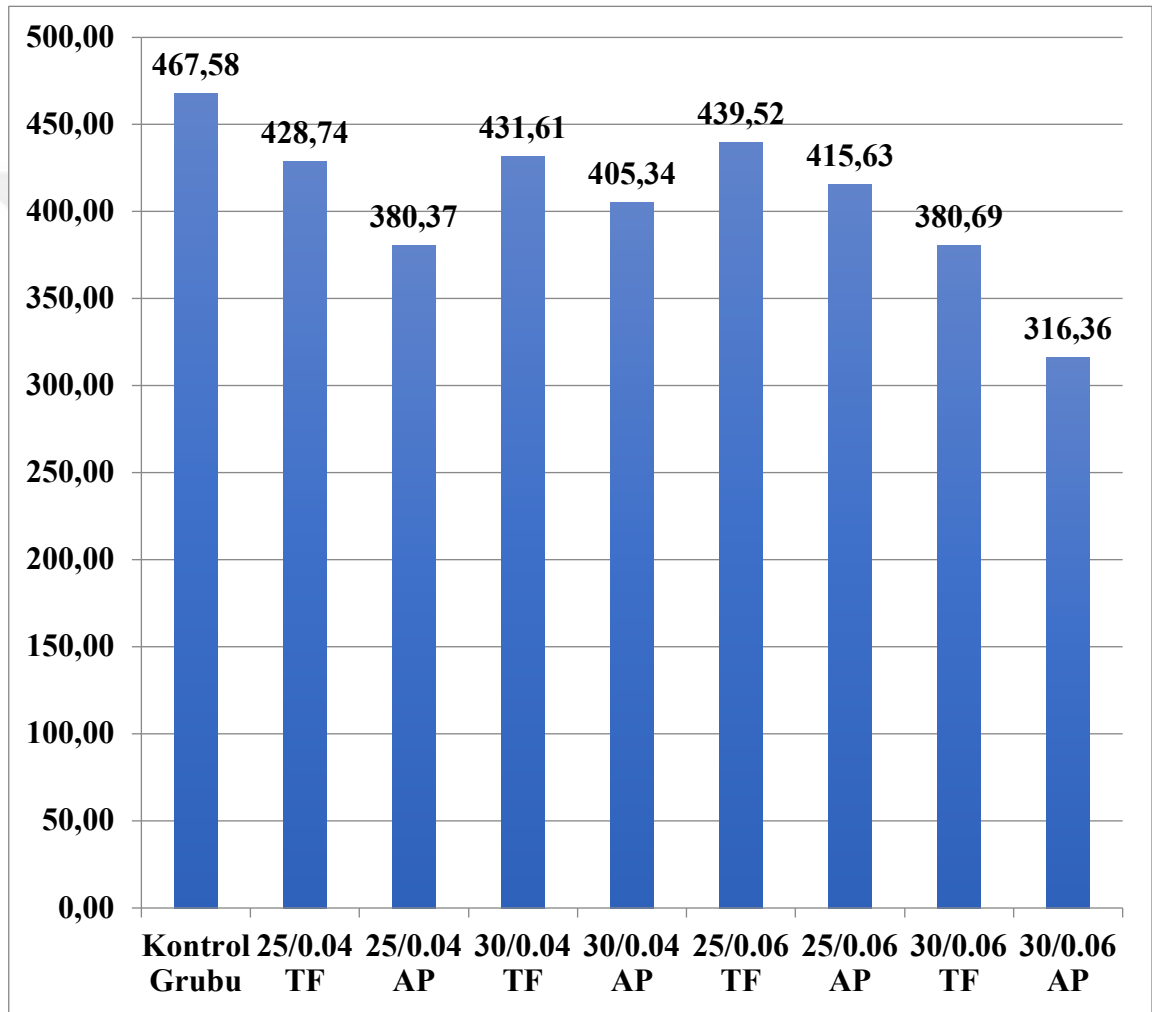
3.BULGULAR

Bu çalışmada farklı boyut ve taper açılarında kullanılan Ni-Ti döner eğeleri ile şekillendirilmiş, rezin ve biyoseramik içerikli kanal patları kullanılarak kök kanal dolguları tamamlanmış köklerin vertikal kuvvetlere karşı kırılma direnci karşılaştırılmıştır. Kırılma deneyi sonucunda kontrol ve deney gruplarından elde edilen değerlerin Newton cinsinden ortalamaları ($\pm$ Standart Sapma = SS), minimum ve maksimum değerleri ise Çizelge 3.1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kontrol ve Deney Gruplarına Ait Kırılma Testi Sonucu Elde Edilen Ortalama ($\pm$ SS), Minimum ve Maksimum Değerleri (Newton)

Gruplar	Ortalama ($\pm$SS)	Minimum	Maksimum
Kontrol Grubu	467,58 $\pm$ 65,65	341,97	551,85
25/0.04 TF	428,74 $\pm$ 129,71	294,97	637,8
25/0.04 AP	380,36 $\pm$ 131,25	209,48	597,94
30/0.04 TF	431,6 $\pm$ 108,82	322,22	645,3
30/0.04 AP	405,34 $\pm$ 162,76	216,83	641,9
25/0.06 TF	439,51 $\pm$ 132,23	178,98	677,52
25/0.06 AP	415,63 $\pm$ 117,54	256,21	606,01
30/0.06 TF	380,69 $\pm$ 138,85	263,01	696,78
30/0.06 AP	316,35 $\pm$ 132,63	133,21	553,55

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre kontrol grubu en yüksek kırılma direncini göstermiştir (467,58 N). Bunu sırasıyla 25/0.06 TF grubu (439,51 N), 30/0.04 TF grubu (431,6 N), 25/0.04 TF grubu (428,74 N), 25/0.06 AP grubu (415,63 N), 30/0.04 AP grubu (405,34 N), 30/0.06 TF grubu (380,69 N), 25/0.04 AP grubu (380,36 N) ve 30/0.06 AP grubu (316,35 N) takip etmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Tüm Gruplara Ait Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (Newton)

Ancak tüm kontrol ve deney grupları arasındaki farklılıklara ilişkin yapılan Kruskal Wallis H testi sonucunda, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$) (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Kontrol ve Deney Gruplarına Ait Ortalama Değerlerin Kanal Patları ve Farklı Boyut ve Taper Açıları Yönünden Karşılaştırılması

	25/0.04	30/0.04	25/0.06	30/0.06	Kontrol	p değeri
FKG TotalFill BCSealer	428,74	431,6	439,51	380,69	467,58	0,076*
AH Plus	380,36	405,34	415,63	316,35		

(*p>0,05)

4.TARTIŞMA

Endodontik tedavi uygulanan dişler çürük travma, aşınmalar veya daha önceden yapılmış restorasyonlar gibi nedenlerle birincil olarak madde kaybına uğramış dişlerdir. Bu nedenle endodontik tedavi görmüş dişlerin vital dişlere oranla kırık oluşumuna daha yatkın oldukları düşünülmektedir. Endodontik tedavi görmüş dişlerde oluşan dikey kök kırıkları, genellikle diş kaybı ile sonuçlanması nedeniyle prognoz açısından oldukça önemlidir (Pitts ve Natkin, 1983; Dang ve Walton, 1989). Kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerin vitalite kaybı nedeniyle dehidrate oldukları ve bu nedenle kırılmaya karşı direncinin azaldığı yönünde genel bir görüş bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda dişlerde kırılma direncinin azalmasında dehidratasyonun yanı sıra kök kanal preparasyonu sonucu oluşan dentin kaybının da etkili olduğu ileri sürülmüştür (Khasnis ve ark., 2014). Kök kanal tedavisi esnasında fazla doku uzaklaştırılması ile dişin kırılma direncinin azalması arasında doğrudan bir bağlantı vardır.

Son yıllarda Ni-Ti döner aletler ile kök kanal preparasyonunun yaygınlaşmasıyla birlikte daha büyük taper açısına sahip eğeler ile yapılan şekillendirme sonucu dentin dokusunda oluşan kayıp ile kırılmaya olan direncinin de o ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Wilcox ve ark., 1997). Ayrıca şekillendirme sırasında eğeler ile dentin duvarı arasında oluşan stresin de kök kırığı oluşumu üzerine etkili olabileceği ileri sürülmüştür (Lertchirakarn ve ark., 2003). Çalışmalar ayrıca kök kanal tedavisinin dentin duvarlarını inceltmesi sonucu, fonksiyonel kuvvetlerle birlikte özellikle apikal bölgede dentin çatlaklarını başlatabileceğini de göstermektedir (Tamse ve ark., 1999; Shemesh ve ark., 2009; Barreto ve ark., 2012). Bu dentin çatlaklarının genellikle eğimli köke sahip dişlerde gözlemlendiği bildirilmiştir (Versluis ve ark., 2006; Kim ve ark., 2010).

Kök kırıkları, kök kanal duvarında oluşan gerilimin kök kanal dentininin dayanma kuvvetini aştığı noktada meydana gelmektedir (Llena-Puy ve ark., 2001; Adorno ve ark., 2011). Şu anda belirli bir endodontik tedavi protokolünün veya özel bir preparasyon aşamasının kök kırıkları ile ilişkili olabileceğine dair herhangi bir

kanıt yoktur. Bu nedenle kök kanal tedavisi sonucu kök dentininin incilmesi gibi tedavi ile doğrudan ilişkili temel unsurların araştırılması, klinisyenlerin böyle bir olayın meydana gelme olasılığını azaltacak tedavi protokolleri tasarlamasına yardımcı olacaktır.

Kök kanal şekillendirmesinde taper açısının artması ile dişin kırılma direnci arasındaki ilişkiyi araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu literatür çalışmaları arasında bir fikir birliği oluşmamıştır. Aksoy ve ark. (2019), Çapar ve ark. (2014), Tian ve ark. (2019) ve Zogheib ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalar taper açısının artması ve kök kanalının daha fazla genişletilmesinin kök direncinde azalmaya sebep olmadığını belirtmişlerdir. Bu sonuçların aksine Askerbeyli Örs ve Serper (2018), Doğanay Yıldız ve ark. (2021), Kılıç ve ark. (2021) ve Sabeti ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda ise taper açısının artmasının ve kök kanalındaki genişletmenin kök direncini azalttığı ileri sürülmüştür.

Son yıllarda kök kanal tedavisi sonucunda meydana gelen madde kaybını en aza indirmek için minimal invaziv teknikler ve aletler geliştirilmiştir. Bu aletlerin başında daha küçük taper açısına sahip Ni-Ti döner aletler gelmektedir. Bu nedenle çalışmamızda farklı boyut ve taper açılara sahip Ni-Ti döner aletler ile prepare edilmiş ve biyoseramik ve rezin içerikli kanal patları kullanılarak doldurulmuş dişlerin kırılma dirençlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

FKG RACE EVO eğe sistemi de küçük taper açılı eğelere sahiptir ve minimal invaziv şekillendirme imkanı tanımaktadır. Çalışmamızda hem minimal invaziv şekillendirme için üretilmiş bir eğe sistemi olması hem de farklı boyut ve taper açılara sahip eğeleri bulunması sebebiyle FKG RACE EVO döner eğe sisteminin eğeleri kullanılmıştır. Tüm gruplarda aynı eğe sisteminin kullanılması ile farklı eğe sistemleri arasında oluşabilecek farklılıkların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Kök kanal tedavisinin son aşaması olarak, kök kanallarının kök kanal dolgu maddeleri ile doldurulmasının nedenleri arasında şekillendirme işlemleri ile zayıflayan kök yapılarının güçlendirilmesi de bulunmaktadır (Apicella ve ark., 1999; Johnson ve

ark., 2000). Katı kor materyali ile birlikte dentine adhezyon özelliği olan bir kök kanal patının kullanımı da dişin mekanik kuvvetler karşısında dayanımına katkıda bulunabilmektedir (Schäfer ve ark., 2007; Ribeiro ve ark., 2008). Endodontik malzemelerdeki gelişmeler ve araştırmalar ile birlikte uygun biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduğu düşünülen kalsiyum silikat esaslı simanların kök kanal dolgu patı olarak da kullanılabileceği düşünülmüş (Bogen ve Kuttler, 2009) ve piyasaya bir çok kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patı sunulmuştur. Donnermayer ve ark. (2019) kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, dentinle etkileşimlerinin ve biyolojik özelliklerinin araştırıldığı *in vitro* çalışmaları derlemişlerdir. Bu derlemenin sonuçlarına göre araştırmacılar kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının rezin esaslı patlara kıyasla dentin tübül penetrasyonunun daha fazla olduğunu ve bağlanma dayanımlarının daha yüksek olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Daha önceden yapılmış çalışmalar incelendiğinde, kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının köklerin kırılma direncini arttırdığını gösteren çalışmalar olduğu gibi, (Sağsen ve ark., 2012; Topçuoğlu ve ark., 2013; Hegde ve Arora, 2015; Sungur ve ark., 2016) bu sonuçların tam tersi olarak kök direncine hiçbir katkıda bulunmadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Mandava ve ark., 2014; Ersoy ve Evcil, 2015). Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının *in vitro* koşullarda epoksi rezin esaslı kök kanal patları ile karşılaştırıldığı çalışmalarda da benzer bir şekilde çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. İki kök kanal dolgu patı arasında kök direnci açısından bir fark olmadığını bildiren çalışmalar bulunurken (Sağsen ve ark., 2012; Topçuoğlu ve ark., 2013; Dibaji ve ark., 2017; Osiri ve ark., 2018; Saba ve ElAsfour, 2019), kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patları ile doldurulmuş olan köklerin daha dirençli olduğunu bildiren çalışmalar da vardır (Hegde ve Arora, 2015; Patil ve ark., 2017).

Epoksi rezin esaslı bir kök kanal dolgu patı olan AH Plus daha önce yapılan birçok çalışmada da dentin adezyonunda birçok kök kanal dolgu patına göre üstün bulunmuştur ve endodonti alanında altın standart olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle günümüzde birçok çalışmada temel karşılaştırma materyali olarak

kullanılmaktadır (Ersahan ve Aydın, 2010; Garrido ve ark., 2010; Hergt ve ark., 2015; Viapiana ve ark., 2016; Silva ve ark., 2019). TotalFill BC Sealer kök kanal dolgu patı, 2007 yılında piyasaya sunulan ilk kalsiyum silikat esaslı pat olan iRoot SP patı ile benzer içeriğe sahiptir. TotalFill BC Sealer kök kanal patının yüksek biyouyumluluk ve hidroksiapatit oluşturma kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Collado-González ve ark., 2017). Bu nedenlerle çalışmamızda kalsiyum silikat esaslı TotalFill BCSealer ile epoksi rezin esaslı AH Plus, köklerin kırılma direncine olan etkileri bakımından karşılaştırılmıştır.

Çalışmamızda anatomik ve biyolojik varyasyonları en aza indirmek için tek köklü, tek kanallı insan alt premolar dişleri kullanılmıştır. Alt premolar dişlerin seçiminde endodontik tedavi sonrası kırılmaya en yatkın diş olmaları da göz önüne alınmıştır (Zare Jahromi ve ark., 2011).

Standardizasyonu sağlamak mekanik testler yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli noktadır. Dişlerin saklama süreleri, saklama koşulları ve kök boyutları çalışmanın sonucunu etkileyebilir (Cobankara ve ark., 2002). Bu nedenle çalışmamızda daha önce yapılan kırılma deneylerindeki benzer biçimde dişler dijital kumpas ile bukkolingual ve meziolingual doğrultuda ölçülmüş ve mümkün olduğunca benzer boyutlardaki dişler çalışmaya dahil edilmiştir (Trope ve Ray, 1992; Johnson ve ark., 2000; Cobankara ve ark., 2002; Capar ve ark., 2014). Çalışmamızda daha önce yapılan araştırmalarda olduğu gibi örnekler köklerin 9 mm koronal kısmı açıkta kalacak şekilde akrilik rezine gömülerek kök uzunlukları standardize hale getirilmiştir (Apicella ve ark., 1999; Capar ve ark., 2014).

Kök kanallarında mekanik şekillendirme yapıldığında, kanal duvarları ve dentin kanalları boyunca smear tabakası oluşmaktadır. Bu smear tabakası kanal dolgusunun kanal duvarına adaptasyonunu etkileyen bir bariyer etkisi göstermektedir. Bu nedenle çalışmamızda tüm deney gruplarında kök kanallarından smear tabakası uzaklaştırılmıştır.

Filho ve ark. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada 5 dakika süre ile dentin yüzeyine %15'lik EDTA uygulanması sonucunda dentin mikrosertliğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Dentin duvarlarını yumuşatıcı etkisi olan kimyasal solüsyonlar dar ve kalsifiye kanallarda etkili bir preparasyon sağlayarak çalışma süresini kısaltsa da; demineralizasyon yaparak dişin fiziksel yapısını değiştirme ihtimali bulunmaktadır (Thangaraj ve ark., 2015). Ancak literatürde EDTA kullanımının dentin dokusu üzerine olan etkileri sonucunda kırık riskinin artmış olduğunu gösteren bir çalışma bulunmamaktadır. Aynı zamanda tüm örneklerle aynı işlemin uygulanmış olduğunu da göz önüne alarak EDTA kullanımının grupların karşılaştırılmasını olumsuz yönde etkilemediğini düşünmekteyiz.

Endodontik işlemlerin dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkisini ölçmek amacıyla birçok çalışmada Universal Test Cihazı kullanılmaktadır (Teixeira ve ark., 2004; Al-Omiri ve Al-Wahadni, 2006). Kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerin kırılma direncine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda, kullanılan diş tipi, test cihazının kuvveti uygulama açısı ve hızının etkisi birçok in vitro çalışmada belirtilmiştir (Stokes ve Hood, 1993; Loney ve ark., 1995; Farik ve ark., 2000). Apicella ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi çalışmamızda Universal Test Cihazı' na yerleştirilen örneklerle kuvvet 1,5 mm çapındaki küresel uç ile dişin uzun aksına paralel olacak şekilde uygulanmıştır. Cihazın kuvveti uygulama hızı diğer çalışmalarda olduğu gibi 1 mm/dk olarak ayarlanmıştır (Apicella ve ark., 1999; Teixeira ve ark., 2004; Naumann ve ark., 2009). Böylece tüm örneklerle uygulanan kuvvetin hızı ve açısı standardize edilmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, tüm kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). İstatistiksel olarak bir fark bulunmamasına rağmen, grupların ortalama kırılma direnci değerleri incelendiğinde, kontrol grubunun deney gruplarına göre matematiksel olarak daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu görülmüştür. Zogheib ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada 30/0.04 ve 30/0.06 boyut ve taper açılına sahip iRace eğe sistemi ile şekillendirilen kök kanalları AH Plus kök kanal patı kullanılarak doldurulmuştur. Bu çalışmada da 0.04 ve 0.06 taper açısı grupları arasında istatistiksel

olarak anlamlı bir fark bulunamazken, hiçbir işlem yapılmamış kontrol grubunda kırılma direnci deney gruplarından daha yüksek bulunmuştur ancak bizim çalışmamızdan farklı olarak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sonuçlar arasındaki bu farklılığın sebebi, kullanılan eğe sisteminin farklı olması veya çalışmada kırılma direnci testlerinin dişlerin kronlarının korunarak yapılmasından kaynaklanmış olabilir. Doğanay Yıldız ve ark. (2021) tarafından yapılan diğer bir çalışmada kök kanalları 25 ve 30 boyutunda, 0.04, 0.06 ve 0.08 taper açılara sahip K3XF eğe sistemi kullanılarak preparasyon işlemi yapılmıştır. Preparasyon işleminden sonra kök kanal dolgusu yapılmamıştır. Bu çalışmada tüm boyutlarda 0.04 taper açısı gruplarında kırılma direnci 0.06 taper açısı gruplarından istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Hiçbir işlem uygulanmamış kontrol grubunda ise kırılma direnci, deney gruplarından istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Sonuçlar arasındaki farklılık bu çalışmada bizim çalışmamızda kullanılan eğelerden daha büyük taper açılara (0.06 ve 0.08) sahip olan K3XF eğe sisteminin kullanılmasından ve kök kanal dolgusunun yapılmamış olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmamızda deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasa da 30/0.04 taper açısı deney gruplarının kırılma direnci değerleri 30/0.06 taper açısı deney gruplarına göre matematiksel olarak daha yüksek olarak ölçülmüştür. Kılıç ve ark. (2021) tarafından mandibular büyük azı dişler kullanılarak yapılan bir çalışmada 25 ve 30 boyutunda, 0.04 ve 0.06 taper açısına sahip VDW.ROTATE eğe sistemiyle perpare edilmiş kök kanalları AH Plus kök kanal patı ile doldurulmuştur. Sonuçta 0.04 taper açısı deney grubunun kırılma direnci 0.06 taper açısı deney grubundan bizim çalışmamızın sonuçlarından farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde yüksek bulunmuştur. Sonuçlar arasındaki bu farklılığa, kullanılan diş tipinin ve eğe sisteminin farklı olması neden olmuş olabilir. Sabeti ve ark. (2018) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kök kanalları 25 boyutunda 0.04, 0.06 ve 0.08 taper açısına sahip Twisted File eğe sistemiyle şekillendirilmiş ve preparasyon işleminden sonra kök kanal dolgusu yapılmamıştır. Çalışmada 0.04 taper açısı deney grubu, 0.06 taper açısı deney grubundan daha yüksek kırılma direnci göstermiş olmasına rağmen bizim çalışmamızda olduğu gibi gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, TotalFill BC Sealer ve AH Plus kök kanal patları açısından değerlendirildiğinde de gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak aynı boyut ve taper açılarında şekillendirilmiş tüm gruplar içinde TotalFill BC Sealer gruplarında AH Plus gruplarından matematiksel olarak daha yüksek kırılma direnci gözlenmiştir. Topçuoğlu ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada kök kanalları ProTaper sistemi ile F3 boyutunda şekillendirilmiş ve kök kanal dolguları AH Plus ve Endosequence BC Sealer kök kanal patları kullanılarak tamamlanmıştır. Çalışmada farklı eğe sistemi ve farklı boyutlarda eğe kullanılmış olmasına rağmen, AH Plus ve Endosequence BC Sealer kök kanal patları arasında kırılma direnci açısından bizim çalışmamıza benzer şekilde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Almohaimede ve ark. (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kök kanalları ProFile eğe sistemi ile 40/0.06 boyut ve taper açısında şekillendirilmiş ve kök kanal dolgusu TotalFill BC Sealer ve AH Plus ile tamamlanmıştır. Bu çalışmada da farklı eğe sistemi ve farklı boyutlarda eğe kullanılmış olmasına rağmen bizim çalışmamızda da olduğu gibi gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır.

Bu çalışmanın sınırları dahilinde farklı boyut ve taper açlarına sahip eğeler ile prepare edilip, TotalFill BC Sealer ve AH Plus kök kanal patları ile doldurulmuş köklerin kırılma dirençleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Klinik uygulamalara yol gösterecek sonuçlar elde edebilmek için, bu *in vitro* çalışmalara ilaveten, *in vivo* veya klinik daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda 25/0.04, 25/0.06, 30/0.04 ve 30/0.06 boyutlarında şekillendirilip TotalFill BC Sealer ve AH Plus kök kanal patları ile kök kanal dolguları tamamlanmış dişlerin kırılma dirençleri karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1) Kırılma direnci değerleri karşılaştırıldığında, kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen kontrol grubunda kırılma direnci değerlerinin deney gruplarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

2) Farklı boyut ve taper açısı ile şekillendirme yapılmış deney grupları arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen ($p>0.05$), matematiksel olarak kırılma direncinin en yüksek ölçüldüğü grup 25/0.06 TF ve en düşük ölçüldüğü grup 30/0.06 AP grupları olarak tespit edilmiştir.

3) Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar kök kanal patları açısından değerlendirildiğinde, TotalFill BC Sealer ve AH Plus kök kanal patları ile kök kanal dolguları yapılmış gruplar arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Ancak aynı boyut ve taper açılarında şekillendirilmiş tüm gruplar arasında TotalFill BC Sealer grupları, AH Plus gruplarından matematiksel olarak daha yüksek kırılma direnci değeri göstermiştir.

4) Kök kanal dolgusu yapılmış dişlerin, hiç işlem görmemiş dişlerle benzer kırılma direnci göstermesi nedeniyle kök kanal dolgusunun köklerin kırılma direncine olumlu etkisi olduğu ileri sürülebilir.

ÖZET

Farklı Boyut ve Taper Açıklarına Sahip Ni-Ti Rotary Kanal Eğeleri ile Prepare Edilmiş, Rezin ve Biyoseramik İçerikli Kanal Patları Kullanılarak Doldurulmuş Köklerin Kırılma Direncinin Karşılaştırılması

Bu çalışmanın amacı farklı boyut ve taper açıklarına sahip Ni-Ti rotary kanal eğeleri ile prepare edilmiş kök kanallarının rezin ve biyoseramik içerikli kök kanal patları (AH Plus, TotalFill BC Sealer) ile doldurulmasının kırılma direncine olan etkisini değerlendirilmesidir. Çalışmamızda 90 adet alt çene premolar insan dişi kullanılmıştır. Dişler kalan kök uzunlukları 13 mm olacak şekilde kronlarından ayrıldıktan sonra rastgele seçilen 10 diş kontrol grubu olarak ayrılmış ve hiçbir işlem uygulanmamıştır. Kalan dişler ise 4 eşit gruba bölünerek, FKG RACE EVO ege sistemi ile 25/0.04, 25/0.06, 30/0.04 ve 30/0.06 boyut ve taper açıklarında prepare edilmiştir. Şekillendirme işleminin tamamlanmasından sonra gruplar kendi içlerinde iki alt gruba ayrılmıştır. Birinci alt grupların kök kanal dolgu işlemi TotalFill BC Sealer kök kanal patı ile yapılırken, ikinci alt grupların kök kanal dolgusu AH Plus kök kanal patı ile tamamlanmıştır. Kök kanal dolguları tamamlandıktan sonra tüm kontrol ve deney gruplarına ait dişler akrilik rezin içerisine gömülmüştür. Akrilik rezine gömülmüş olan dişlere Universal Test Cihazı kullanılarak kuvvet uygulanmış ve dişlerin kırıldığı noktadaki kuvvet Newton (N) olarak kaydedilmiştir. Elde edilen verilerin analizinde Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır ve $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Çalışmamızda 25/0.04, 25/0.06, 30/0.04 ve 30/0.06 boyutlarında şekillendirilip, TotalFill BC Sealer ve AH Plus kök kanal patları kullanılarak doldurulmuş dişlerin kırılma dirençleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

Anahtar Sözcükler: AH Plus, Biyoseramik, Kırılma direnci, TotalFill BC Sealer,

SUMMARY

Comprasion of Fracture Resistance of Roots Prepared with Ni-Ti Rotary Canal Instruments with Different Sizes and Taper Angles, Filled with Resin and Bioceramic Based Root Canal Sealers

The aim of this study is to evaluate the effect of filling root canals prepared with Ni-Ti rotary canal instruments of different sizes and taper angles with resin and bioceramic-based root canal sealers (AH Plus, TotalFill BC Sealer) on fracture resistance. In our study, 90 lower premolar human teeth were used. After separating the crowns, leaving a remaining root length of 13 mm, 10 randomly selected teeth were assigned as the control group and received no treatment. The remaining teeth were divided into four equal groups and prepared at 25/0.04, 25/0.06, 30/0.04, and 30/0.06 sizes and taper angles using the FKG RACE EVO file system. After the shaping process was completed, the groups were further divided into two subgroups. The root canals in the first subgroups were filled with TotalFill BC Sealer root canal sealer, while the root canals in the second subgroups were filled with AH Plus root canal sealer. After the root canal fillings were completed, all teeth from the control and experimental groups were embedded in acrylic resin. Force was applied to the teeth embedded in acrylic resin using a Universal Testing Machine, and the force at which the teeth fractured was recorded in Newtons (N). The Kruskal-Wallis H test was used for data analysis, and $p < 0.05$ was considered statistically significant. In our study, no statistically significant difference was found in terms of fracture resistance between teeth that were prepared in 25/0.04, 25/0.06, 30/0.04, and 30/0.06 sizes and filled with TotalFill BC Sealer and AH Plus root canal sealers ($p > 0.05$).

Keywords: AH Plus, Bioceramic, Fracture resistance, TotalFill BC Sealer

KAYNAKLAR

- ADORNO CG, YOSHIOKA T, SUDA H (2011). Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *Journal of Endodontics*,**37**: 522-525.
- AKSOY Ç, KERİŞ EY, YAMAN SD, OCAK M, GENECİ F, ÇELİK HH (2019). Evaluation of xp-endo shaper, reciproc blue, and protaper universal niti systems on dentinal microcrack formation using micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*,**45**: 338-342.
- AL AMRI MD, AL-JOHANY S, SHERFUDHIN H, AL SHAMMARI B, AL MOHEFER S, AL SALOUM M, AL QARNI H (2016). Fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars with conservative access cavity and different restorative techniques: An in vitro study. *Australian Endodontic Journal*,**42**: 124-131.
- AL-OMIRI MK, AL-WAHADNI AM (2006). An ex vivo study of the effects of retained coronal dentine on the strength of teeth restored with composite core and different post and core systems. *International Endodontic Journal*,**39**: 890-899.
- ALBRECHT LJ, BAUMGARTNER JC, MARSHALL JG (2004). Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of profile gt files. *Journal of Endodontics*,**30**: EN425-428.
- ALMANIE D, ALAATHY S, ALMOHAIMEDE EAA (2020). Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: In vitro study. *European Endodontic Journal*,**5**: 134.
- ALMEIDA MM, RODRIGUES CT, MATOS AA, CARVALHO KK, SILVA EJ, DUARTE MA, OLIVEIRA RC, BERNARDINELI N (2020). Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of ah plus, mta fillapex and totalfill bc sealer. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*,**12**: e1058-e1065.
- ALMOHAIMEDE A, ALMANIE D, ALAATHY S, ALMADI E (2020). Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: In vitro study. *Eur Endod J*,**5**: 134-137.
- AN S, GAO Y, HUANG Y, JIANG X, MA K, LING J (2015). Short-term effects of calcium ions on the apoptosis and onset of mineralization of human dental pulp cells in vitro and in vivo. *Int J Mol Med*,**36**: 215-221.
- APICELLA MJ, LOUSHINE RJ, WEST LA, RUNYAN DA (1999). A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. *International Endodontic Journal*,**32**: 376-380.
- ASKERBEYLI ÖRS S, SERPER A (2018). Influence of nickel-titanium rotary systems with varying tapers on the biomechanical behaviour of maxillary first premolars under occlusal forces: A finite element analysis study. *International Endodontic Journal*,**51**: 529-540.

- AZAR NG, HEIDARI M, BAHRAMI ZS, SHOKRI F (2000). In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *Journal of Endodontics*,**26**: 462-465.
- BARRETO MS, MORAES RDO A, ROSA RA, MOREIRA CH, SÓ MV, BIER CA (2012). Vertical root fractures and dentin defects: Effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *Journal of Endodontics*,**38**: 1135-1139.
- BERMAN LH, HARGREAVES KM. (2020) Cohen's pathways of the pulp-e-book: Elsevier Health Sciences: 123-125.
- BEST SM, PORTER AE, THIAN ES, HUANG J (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of The European Ceramic Society*,**28**: 1319-1327.
- BOGEN G, KUTTLER S (2009). Mineral trioxide aggregate obturation: A review and case series. *Journal of Endodontics*,**35**: 777-790.
- BOUTSIOUKIS C, GOGOS C, VERHAAGEN B, VERSLUIS M, KASTRINAKIS E, VAN DER SLUIS LW (2010). The effect of root canal taper on the irrigant flow: Evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *International Endodontic Journal*,**43**: 909-916.
- CANDEIRO GTM, MOURA-NETTO C, D'ALMEIDA-COUTO RS, AZAMBUJA-JÚNIOR N, MARQUES MM, CAI S, GAVINI G (2016). Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *International Endodontic Journal*,**49**: 858-864.
- CAPAR ID, ALTUNSOY M, ARSLAN H, ERTAS H, AYDINBELGE HA (2014). Fracture strength of roots instrumented with self-adjusting file and the protaper rotary systems. *Journal of Endodontics*,**40**: 551-554.
- CAPAR ID, ERTAS H, OK E, ARSLAN H, ERTAS ET (2014). Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *Journal of Endodontics*,**40**: 852-856.
- CARD SJ, SIGURDSSON A, ØRSTAVIK D, TROPE M (2002). The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *Journal of Endodontics*,**28**: 779-783.
- CHAN MYC, CHEUNG V, LEE AHC, ZHANG C (2022). A literature review of minimally invasive endodontic access cavities - past, present and future. *European Endodontic Journal*,**7**: 1-10.
- CINTRA LTA, BENETTI F, DE AZEVEDO QUEIROZ Í O, FERREIRA LL, MASSUNARI L, BUENO CRE, DE OLIVEIRA SHP, GOMES-FILHO JE (2017). Evaluation of the cytotoxicity and biocompatibility of new resin epoxy-based endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*,**43**: 2088-2092.
- COBANKARA FK, UNGÖR M, BELLİ S (2002). The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture. *Journal of Endodontics*,**28**: 606-609.

- COLLADO-GONZÁLEZ M, GARCÍA-BERNAL D, OÑATE-SÁNCHEZ RE, ORTOLANI-SELTENERICH PS, LOZANO A, FORNER L, LLENA C, RODRÍGUEZ-LOZANO FJ (2017). Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *International Endodontic Journal*,**50**: 875-884.
- CRUZ-FILHO A, SOUSA-NETO M, SAQUY P, PÉCORÁ J (2001). Evaluation of the effect of edta, cdta and egta on radicular dentin microhardness. *Journal of endodontics*,**27**: 183-184.
- ÇİÇEK E, KOÇAK MM, SAĞLAM BC, KOÇAK S (2015). Evaluation of microcrack formation in root canals after instrumentation with different niti rotary file systems: A scanning electron microscopy study. *Scanning*,**37**: 49-53.
- DALTON BC, ØRSTAVIK D, PHILLIPS C, PETTIETTE M, TROPE M (1998). Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*,**24**: 763-767.
- DANG DA, WALTON RE (1989). Vertical root fracture and root distortion: Effect of spreader design. *Journal of Endodontics*,**15**: 294-301.
- DIBAJI F, AFKHAMI F, BIDKHORI B, KHARAZIFARD MJ (2017). Fracture resistance of roots after application of different sealers. *Iranian Endodontic Journal*,**12**: 50-54.
- DOĞANAY YILDIZ E, FIDAN ME, SAKARYA RE, DINÇER B (2021). The effect of taper and apical preparation size on fracture resistance of roots. *Australian Endodontic Journal*,**47**: 67-72.
- DONNERMEYER D, BÜRKLEIN S, DAMMASCHKE T, SCHÄFER E (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: A systematic review. *Odontology*,**107**: 421-436.
- DONNERMEYER D, DORNSEIFER P, SCHÄFER E, DAMMASCHKE T (2018). The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & Face Medical*,**14**: 13.
- ELTAIR M, PITCHIKA V, HICKEL R, KÜHNISCH J, DIEGRITZ C (2018). Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (sem). *Clinical Oral Investigations*,**22**: 1631-1639.
- ERSAHAN S, AYDIN C (2010). Dislocation resistance of iroot sp, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *Journal of Endodontics*,**36**: 2000-2002.
- ERSEV H, YILMAZ B, PEHLIVANOĞLU E, OZCAN-ÇALIŞKAN E, ERIŞEN FR (2012). Resistance to vertical root fracture of endodontically treated teeth with metaseal. *Journal of Endodontics*,**38**: 653-656.
- ERSOY I, EVCİL MS (2015). Evaluation of the effect of different root canal obturation techniques using two root canal sealers on the fracture resistance of endodontically treated roots. *Microscopy Research and Technique*,**78**: 404-407.
- FARIK B, MUNKSGAARD EC, ANDREASEN JO (2000). Fracture strength of fragment-bonded teeth. Effect of calcium hydroxide lining before bonding. *American Journal of Dentistry*,**13**: 98-100.

- FKG DENTAIRE, RACE EVO, <https://www.fkg.ch/products/endodontics/canal-shaping-and-cleaning/race-evo>
- FKG DENTAIRE, TotalFill BC Sealer Premixed Bioceramic Endodontic Sealer, <https://www.fkg.ch/products/endodontics/obturation/totalfill>
- GARRIDO AD, LIA RC, FRANÇA SC, DA SILVA JF, ASTOLFI-FILHO S, SOUSA-NETO MD (2010). Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on copaifera multijuga oil-resin. *International Endodontic Journal*,**43**: 283-291.
- GARZA EG, WADAJKAR A, AHN C, ZHU Q, OPPERMAN LA, BELLINGER LL, NGUYEN KT, KOMABAYASHI T (2012). Cytotoxicity evaluation of methacrylate-based resins for clinical endodontics in vitro. *Journal of Oral Science*,**54**: 213-217.
- GHONEIM AG, LUTFY RA, SABET NE, FAYYAD DM (2011). Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *Journal of Endodontics*,**37**: 1590-1592.
- GUTMANN JL (1992). The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*,**67**: 458-467.
- GÜVEN EP, TAŞLI PN, YALVAC ME, SOFIEV N, KAYAHAN MB, SAHIN F (2013). In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *International Endodontic Journal*,**46**: 1173-1182.
- HARVEY TE, WHITE JT, LEEB IJ (1981). Lateral condensation stress in root canals. *Journal of Endodontics*,**7**: 151-155.
- HAUEISEN H, GÄRTNER K, KAISER L, TROHORSCH D, HEIDEMANN D (2013). Vertical root fracture: Prevalence, etiology, and diagnosis. *Quintessence International*,**44**: 467-474.
- HEGDE V, ARORA S (2015). Fracture resistance of roots obturated with novel hydrophilic obturation systems. *Journal of Conservative Dentistry*,**18**: 261-264.
- HELPER AR, MELNICK S, SCHILDER H (1972). Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*,**34**: 661-670.
- HERAN J, KHALID S, ALBAAJ F, TOMSON PL, CAMILLERI J (2019). The single cone obturation technique with a modified warm filler. *Journal of Dentistry*,**89**: 103181.
- HERGT A, WIEGAND A, HUELSMANN M, ROEDIG T (2015). Ah plus root canal sealer- an updated literature review. *Endodontic Practice Today*,**9**.
- HOCKETT JL, DOMMISCH JK, JOHNSON JD, COHENCA N (2008). Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: An in vitro study. *Journal of Endodontics*,**34**: 1374-1377.
- HUANG TY, GULABIVALA K, NG YL (2008). A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal*,**41**: 60-71.

- JEFFERIES SR (2014). Bioactive and biomimetic restorative materials: A comprehensive review. Part i. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*,**26**: 14-26.
- JITARU S, HODISAN I, TIMIS L, LUCIAN A, BUD M (2016). The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Medical journal, rebranded as Medicine and Pharmacy Reports*,**89**: 470-473.
- JOHNSON ME, STEWART GP, NIELSEN CJ, HATTON JF (2000). Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*,**90**: 360-364.
- KARAPINAR KAZANDAG M, SUNAY H, TANALP J, BAYIRLI G (2009). Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *International Endodontic Journal*,**42**: 705-710.
- KATGE F, PATIL D, POOJARI M, PIMPALE J, SHITOOT A, RUSAWAT B (2014). Comparison of instrumentation time and cleaning efficacy of manual instrumentation, rotary systems and reciprocating systems in primary teeth: An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*,**32**: 311-316.
- KHASNIS SA, KIDIYOOR KH, PATIL AB, KENGANAL SB (2014). Vertical root fractures and their management. *Journal of Conservative Dentistry*,**17**: 103-110.
- KILIÇ Y, KARATAŞLIOĞLU E, KAVAL ME (2021). The effect of root canal preparation size and taper of middle mesial canals on fracture resistance of the mandibular molar teeth: An in vitro study. *Journal of Endodontics*,**47**: 1467-1471.
- KIM HC, LEE MH, YUM J, VERSLUIS A, LEE CJ, KIM BM (2010). Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of Endodontics*,**36**: 1195-1199.
- KOCH MJ (1999). Formaldehyde release from root-canal sealers: Influence of method. *International Endodontic Journal*,**32**: 10-16.
- KOMABAYASHI T, COLMENAR D, CVACH N, BHAT A, PRIMUS C, IMAI Y (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Material Journal*,**39**: 703-720.
- LANG H, KORKMAZ Y, SCHNEIDER K, RAAB WH-M (2006). Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *Journal of Dental Research*,**85**: 364-368.
- LEE JK, KWAK SW, HA JH, LEE W, KIM HC (2017). Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*,**2017**: 25: 82-84.
- LEE KW, WILLIAMS MC, CAMPS JJ, PASHLEY DH (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of Endodontics*,**28**: 684-688.
- LEONARDO MR, BEZERRA DA SILVA LA, FILHO MT, SANTANA DA SILVA R (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery Oral Medical Oral Pathology Oral Radiology*,**88**: 221-225.

- LERTCHIRAKARN V, PALAMARA JE, MESSER HH (2003a). Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. *Journal of Endodontics*,**29**: 529-534.
- LERTCHIRAKARN, V., PALAMARA, J. E., & MESSER, H. H. (2003b). Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *Journal of Endodontics*, **29**(8), 523–528.
- LIM M, JUNG C, SHIN DH, CHO YB, SONG M (2020). Calcium silicate-based root canal sealers: A literature review. *Restorative Dentistry and Endodontics*,**45**: e35.
- LLENA-PUY MC, FORNER-NAVARRO L, BARBERO-NAVARRO I (2001). Vertical root fracture in endodontically treated teeth: A review of 25 cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*,**92**: 553-555.
- LONEY RW, MOULDING MB, RITSCO RG (1995). The effect of load angulation on fracture resistance of teeth restored with cast post and cores and crowns. *The International Journal of Prosthodontics*,**8**: 247-251.
- MANDAVA J, CHANG PC, ROOPESH B, FARUDDIN MG, ANUPREETA A, UMA C (2014). Comparative evaluation of fracture resistance of root dentin to resin sealers and a mta sealer: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*,**17**: 53-56.
- MCCORMICK P, LIU Y (1994). Thermodynamic analysis of the martensitic transformation in niti—ii. Effect of transformation cycling. *Acta Metallurgica et Materialia*,**42**: 2407-2413.
- MOHAMMED YT, AL-ZAKA IM (2020). Fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different root canal sealers (a comparative study). *The Journal of Contemporary Dental Practice*,**21**: 490-493.
- MUKHTAR-FAYYAD D (2011). Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (mrc-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*,**112**: e137-142.
- NAUMANN M, METZDORF G, FOKKINGA W, WATZKE R, STERZENBACH G, BAYNE S, ROSENTRITT M (2009). Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post-endodontic restorations: A structured review. *Journal of Oral Rehabilitation*,**36**: 299-312.
- ØRSTAVIK D (2014). Endodontic filling materials. *Endodontic Topics*,**31**: 53-67.
- OSIRI S, BANOMYONG D, SATTABANASUK V, YANPISET K (2018). Root reinforcement after obturation with calcium silicate-based sealer and modified gutta-percha cone. *Journal of Endodontics*,**44**: 1843-1848.
- OSSAREH A, ROSENTRITT M, KISHEN A (2018). Biomechanical studies on the effect of iatrogenic dentin removal on vertical root fractures. *Journal of Conservative Dentistry*,**21**: 290-296.
- PARAMESWARAN A (2021). Grossman's endodontic practice - 14th edition. *Endodontology*,**33**: 118.

- PASCON EA, LEONARDO MR, SAFAVI K, LANGELAND K (1991). Tissue reaction to endodontic materials: Methods, criteria, assessment, and observations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **72**: 222-237.
- PATIL P, BANGA KS, PAWAR AM, PIMPLE S, GANESHAN R (2017). Influence of root canal obturation using gutta-percha with three different sealers on root reinforcement of endodontically treated teeth. An in vitro comparative study of mandibular incisors. *Journal of Conservative Dentistry*, **20**: 241-244.
- PIAI GG, DUARTE MAH, NASCIMENTO ALD, ROSA RAD, SÓ MVR, VIVAN RR (2018). Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microscopy Research and Technique*, **81**: 1246-1249.
- PITTS DL, NATKIN E (1983). Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *Journal of Endodontics*, **9**: 338-346.
- PLOTINO G, ÖZYÜREK T, GRANDE NM, GÜNDOĞAR M (2019). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: A scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, **52**: 343-351.
- PORTELA JVV, CARDOSO RJA, SOUSA CJA, YING HH (2011). Biocompatibility of the different portions of the content of ah plus® sealer tubes through subcutaneous implantation. *Dental Press Endodontics*, **1**: 56-64.
- PRATI C, GANDOLFI MG (2015). Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials*, **31**: 351-370.
- PULEIO F, LO GIUDICE G, MILITI A, BELLEZZA U, LO GIUDICE R (2022). Does low-taper root canal shaping decrease the risk of root fracture? A systematic review. *Dentistry Journal (Basel)*, **10**.
- RAGHAVENDRA SS, JADHAV GR, GATHANI KM, KOTADIA P (2017). Bioceramics in endodontics - a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, **51**: S128-S137.
- RAMADAN F, ABUMOSTAFA A, ALHARITH D (2023). Evaluation of cyclic fatigue and bending test for different nickel-titanium files. *Plos One*, **18**: e0290744.
- REEH ES, MESSER HH, DOUGLAS WH (1989). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of Endodontics*, **15**: 512-516.
- RIBEIRO FC, SOUZA-GABRIEL AE, MARCHESAN MA, ALFREDO E, SILVA-SOUSA YT, SOUSA-NETO MD (2008). Influence of different endodontic filling materials on root fracture susceptibility. *Journal of Dentistry*, **36**: 69-73.
- RICKS-WILLIAMSON LJ, FOTOS PG, GOEL VK, SPIVEY JD, RIVERA EM, KHERA SC (1995). A three-dimensional finite-element stress analysis of an endodontically prepared maxillary central incisor. *Journal of Endodontics*, **21**: 362-367.
- RUIZ-LINARES M, BAILÓN-SÁNCHEZ ME, BACA P, VALDERRAMA M, FERRER-LUQUE CM (2013). Physical properties of ah plus with chlorhexidine and cetrimide. *Journal of Endodontics*, **39**: 1611-1614.

- SABA AA, ELASFOURI HA (2019). Fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different root canal sealers (in vitro study). *Egyptian Dental Journal*,**65**: 1567-1575.
- SABETI M, KAZEM M, DIANAT O, BAHROLOLUMI N, BEGLOU A, RAHIMIPOUR K, DEHNAVI F (2018). Impact of access cavity design and root canal taper on fracture resistance of endodontically treated teeth: An ex vivo investigation. *Journal of Endodontics*,**44**: 1402-1406.
- SAĞSEN B, USTÜN Y, PALA K, DEMIRBUĞA S (2012). Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dental Material Journal*,**31**: 528-532.
- SATHORN C, PALAMARA J, PALAMARA D, MESSER H (2005). Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: A finite element analysis. *Journal of endodontics*,**31**: 288-292.
- SATHORN C, PALAMARA JE, MESSER HH (2005). A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *Journal Endodontics*,**31**: 283-287.
- SCHÄFER E, ZANDBIGLARI T, SCHÄFER J (2007). Influence of resin-based adhesive root canal fillings on the resistance to fracture of endodontically treated roots: An in vitro preliminary study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology Oral Radiology*,**103**: 274-279.
- SHEMESH H, BIER CA, WU MK, TANOMARU-FILHO M, WESSELINK PR (2009). The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *International Endodontic Journal*,**42**: 208-213.
- SHI M, ZHOU Y, SHAO J, CHEN Z, SONG B, CHANG J, WU C, XIAO Y (2015). Stimulation of osteogenesis and angiogenesis of hbmscs by delivering si ions and functional drug from mesoporous silica nanospheres. *Acta Biomater*,**21**: 178-189.
- SILVA ALMEIDA LH, MORAES RR, MORGENTAL RD, PAPPEN FG (2017). Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *Journal of Endodontics*,**43**: 527-535.
- SILVA E, CANABARRO A, ANDRADE M, CAVALCANTE DM, VON STETTEN O, FIDALGO T, DE-DEUS G (2019). Dislodgment resistance of bioceramic and epoxy sealers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*,**19**: 221-235.
- SILVA EJ, NEVES AA, DE-DEUS G, ACCORSI-MENDONÇA T, MORAES AP, VALENTIM RM, MOREIRA EJ (2015). Cytotoxicity and gelatinolytic activity of a new silicon-based endodontic sealer. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*,**13**: e376-380.
- SOARES CJ, RODRIGUES MP, FARIA ESAL, SANTOS-FILHO PCF, VERÍSSIMO C, KIM HC, VERSLUIS A (2018). How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Brazilian Oral Research*,**32**: e76.

- SOARES CJ, SANTANA FR, SILVA NR, PREIRA JC, PEREIRA CA (2007). Influence of the endodontic treatment on mechanical properties of root dentin. *Journal of Endodontics*,**33**: 603-606.
- STOKES AN, HOOD JAA (1993). Impact fracture characteristics of intact and crowned human central incisors. *Journal of Oral Rehabilitation*,**20**: 89-95.
- SUNDQVIST G, FIGDOR D, PERSSON S, SJÖGREN U (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*,**85**: 86-93.
- SUNGUR DD, ALTUNDASAR E, UZUNOGLU E, YILMAZ Z (2016). Influence of different final irrigation regimens and various endodontic filling materials on vertical root fracture resistance. *Nigerian Journal of Clinical Practice*,**19**: 267-271.
- TABRIZIZADEH M, KAZEMIPOOR M, HEKMATI-MOGHADAM SH, HAKIMIAN R (2014). Impact of root canal preparation size and taper on coronal-apical micro-leakage using glucose penetration method. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*,**6**: e344-349.
- TAMSE A, FUSS Z, LUSTIG J, KAPLAVI J (1999). An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *Journal of Endodontics*,**25**: 506-508.
- TAWIL PZ, DUGGAN DJ, GALICIA JC (2015). Mineral trioxide aggregate (mta): Its history, composition, and clinical applications. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*,**36**: 247-252; quiz 254, 264.
- TEIXEIRA FB, TEIXEIRA EC, THOMPSON JY, TROPE M (2004). Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*,**135**: 646-652.
- THANGARAJ D, BALLAL N, SHASHIRASHMI A (2015). Determination of calcium loss and its effect on microhardness of root canal dentin following treatment with 17% edta solution at different time intervals - an in vitro study. *Endodontology*,**21**: 4-9.
- THRIVIKRAMAN G, MADRAS G, BASU B (2014). In vitro/in vivo assessment and mechanisms of toxicity of bioceramic materials and its wear particulates. *Rsc Advances*,**4**: 12763-12781.
- THU M, EBIHARA A, MAKI K, MIKI N, OKIJI T (2020). Cyclic fatigue resistance of rotary and reciprocating nickel-titanium instruments subjected to static and dynamic tests. *Journal of Endodontics*,**46**: 1752-1757.
- TIAN SY, BAI W, JIANG WR, LIANG YH (2019). Fracture resistance of roots in mandibular premolars following root canal instrumentation of different sizes. *Chinese Journal of Dentistry Research*,**22**: 197-202.
- TOPÇUOĞLU HS, ARSLAN H, KELEŞ A, KÖSEOĞLU M (2012). Fracture resistance of roots filled with three different obturation techniques. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*,**17**: e528-532.

- TOPÇUOĞLU HS, TUNCAY Ö, KARATAŞ E, ARSLAN H, YETER K (2013). In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *Journal of Endodontics*,**39**: 1630-1633.
- TORRES FFE, ZORDAN-BRONZEL CL, GUERREIRO-TANOMARU JM, CHÁVEZ-ANDRADE GM, PINTO JC, TANOMARU-FILHO M (2020). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*,**53**: 385-391.
- TROPE M, BUNES A, DEBELIAN G (2015). Root filling materials and techniques: Bioceramics a new hope? *Endodontic Topics*,**32**: 86-96.
- TROPE M, RAY HL, JR. (1992). Resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*,**73**: 99-102.
- TUNCEL B, NAGAS E, CEHRELI Z, UYANIK O, VALLITTU P, LASSILA L (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research*,**29**.
- TYAGI S, TYAGI P, MISHRA P (2013). Evolution of root canal sealers: An insight story. *European Journal of General Dentistry*,**2**: 199.
- UTNEJA S, NAWAL RR, TALWAR S, VERMA M (2015). Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: Calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restorative Dentistry and Endodontics*,**40**: 1-13.
- VARGHESE R, KOSHY M, ANIRUDHAN S, ROJA J, SRINIVAS VC, PARTHASARATHY A (2022). A comparative evaluation of fracture resistance of teeth obturated with a novel sealer: Chitra cpc with endosequence bc sealer, mta fillapex and ah plus. *Journal of Pharmaceutical Research International*,**34**: 14-20.
- VERSLUIS A, MESSER HH, PINTADO MR (2006). Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *International Endodontic Journal*,**39**: 931-939.
- VIAPIANA R, MOINZADEH AT, CAMILLERI L, WESSELINK PR, TANOMARU FILHO M, CAMILLERI J (2016). Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and bioroot rcs or ah plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *International Endodontic Journal*,**49**: 774-782.
- WALIA HM, BRANTLEY WA, GERSTEIN H (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*,**14**: 346-351.
- WILCOX LR, ROSKELLEY C, SUTTON T (1997). The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics*,**23**: 533-534.

- WOLTERS WJ, DUNCAN HF, TOMSON PL, KARIM IE, MCKENNA G, DORRI M, STANGVALTAITE L, VAN DER SLUIS LWM (2017). Minimally invasive endodontics: A new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *International Endodontic Journal*,**50**: 825-829.
- YENDREMBAM B, MITTAL A, SHARMA N, DHAUNDIYAL A, KUMARI S, ABRAHAM A (2019). Relative assessment of fracture resistance of endodontically treated teeth with epoxy resin-based sealers, ah plus, mta fillapex, and bioceramic sealer: An in vitro study. *Indian Journal of Dental Sciences*,**11**: 46.
- ZARE JAHROMI M, MIRZAKOUCHAKI P, MOUSAVI E, NAVABI AA (2011). Fracture strength of mesiobuccal roots following canal preparation with hand and rotary instrumentation: An in vitro study. *Iranian Endodontic Journal*,**6**: 125-128.
- ZHANG W, LI Z, PENG B (2010). Effects of iroot sp on mineralization-related genes expression in mg63 cells. *Journal of Endodontics*,**36**: 1978-1982.
- ZHOU HM, DU TF, SHEN Y, WANG ZJ, ZHENG YF, HAAPASALO M (2015). In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers. *Journal of Endodontics*,**41**: 56-61.
- ZHOU HM, SHEN Y, ZHENG W, LI L, ZHENG YF, HAAPASALO M (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*,**39**: 1281-1286.
- ZOGHEIB C, SFEIR G, PLOTINO G, DEUS G, DAOU M, KHALIL I (2018). Impact of minimal root canal taper on the fracture resistance of endodontically treated bicuspid. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*,**8**: 179-183.
- ZORDAN-BRONZEL CL, ESTEVES TORRES FF, TANOMARU-FILHO M, CHÁVEZ-ANDRADE GM, BOSSO-MARTELO R, GUERREIRO-TANOMARU JM (2019). Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, bio-c sealer. *Journal of Endodontics*,**45**: 1248-1252.
- ZOUFAN K, JIANG J, KOMABAYASHI T, WANG YH, SAFAVI KE, ZHU Q (2011). Cytotoxicity evaluation of gutta flow and endo sequence bc sealers. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology*,**112**: 657-661.

EKLER



ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı: Berkuk

Soyadı: Sayar

