



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI İÇERİKLİ KANAL PATLARININ KÖK KANALINA
KALSİYUM HİDROKSİT UYGULANMASINDAN SONRA
VERTİKAL KÖK KIRIĞI DİRENCİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşegül Tola YILDIRIM

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Semra SEVİMAY**

2015– ANKARA

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI İÇERİKLİ KANAL PATLARININ KÖK KANALINA
KALSIYUM HİDROKSİT UYGULANMASINDAN SONRA
VERTİKAL KÖK KIRIĞI DİRENCİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşegül Tola YILDIRIM

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Semra SEVİMAY**

2015 – ANKARA

Jüri Onay Sayfası

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Endodonti Doktora Programı

Çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından

Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: / /2015

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Üniversitesi

Jüri Başkanı

İmza

İmza

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Üniversitesi(Danışman)

Üniversitesi

İmza

İmza

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Üniversitesi(Danışman)

Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Jüri Onay Sayfası	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÖNSÖZ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER	vii
ÇİZELGELER	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	3
1.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri	4
1.2.1. Güta-Perka	6
1.2.2. Kök Kanal Dolgu Patları	8
1.2.2.1. Teknik Özellikler	8
1.2.2.2. Biyolojik Özellikler	9
1.2.2.3. Kullanım Özellikleri	9
1.2.2.4 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler	9
1.3. Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patları	12
1.3.1. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları	12
1.3.2. Rezin İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları	14
1.3.3. Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları	16
1.3.4. Biyoseramik İçerikli Patlar	19
1.4. Dentinin Yapısı ve Kanal Patlarının Adezyonu	22
1.4.1. Dentin	22
1.4.2. Patların Dentine Adezyonu	23
1.5. Smear Tabakası	25
1.6. Kanal İçi İlaç Kullanımı	28
1.6.1. Kalsiyum Hidroksit	28
1.7 Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanalından Uzaklaştırılması	29
1.7.1. Kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler	30

1.8. Kök Kırıkları	32
1.8.1. Yatay Kök Kırıkları	32
1.8.2. Dikey Kök Kırıkları	33
1.8.2.1. Dikey Kök Kırıklarının Nedenleri	34
1.8.2.2. Dikey Kök Kırıklarının Bulguları	35
1.9. Dişin Kırılma Direnci Üzerine Kanal Tedavisi İşlemlerinin Etkileri	36
1.9.1. Endodontik Giriş Kavitesinin Hazırlanması	36
1.9.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	37
1.9.3. İrrigasyon	38
1.9.4. Kalsiyum Hidroksit Kullanımı	38
1.9.5. Kök Kanallarının Doldurulması	39
2. GEREÇ VE YÖNTEM	42
2.1. Dişlerin Hazırlanması	42
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	42
2.3. Kök Kanallarının Doldurulması	44
2.3.1. Grup 1: AH Plus kök kanal patı + F3 güta perka kon	44
2.3.2. Grup 2: Endosequence BC Sealer+F3 güta- perka kon	45
2.3.3. Grup 3: ActiV GP Kök Kanal Patı + ActiV GP güta-perka kon	46
2.3.4. Grup 4: MTA Fillapex kanal patı + F3 güta-perka kon	47
2.3.5. Grup 5: Sealapex kanal patı + F3 güta-perka kon	47
2.4. Örneklerin Hazırlanması ve Kırılma Direnci Testi	49
2.5. İstatistiksel Analiz	51
3. BULGULAR	52
4. TARTIŞMA	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
ÖZET	83
SUMMARY	84
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	104

ÖNSÖZ

“Farklı içerikli kök kanal patlarının dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini” in vitro koşullarda değerlendirilmesini amaçlandığım ve bu amaçla 5 farklı içerikli kanal patı kullandığım çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan ve yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Semra SEVİMAY’a,

Tezimin başından sonuna kadar önerileri ve yardımları ile bana destek olan tez izleme komitesindeki değerli hocam Prof. Dr. Melahat GÖRDUYSUZ’a,

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri’ne,

Tez sürecinde bana hertürlü yardımı sağlayan manevi desteğini esirgemeyen çok sevgili arkadaşım Pınar ALTINCI’ya

Yardımları ve desteklerini hiç esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Burcu Kocatüfek ÖZYILMAZ ve Sultan KARSLI’ya,

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan bugünlere gelmemde büyük emeği olan babama, hiçbir zaman yardımını esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili eşim Hamdullah YILDIRIM’a çok teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<	Küçük
>	Büyük
µm	Mikrometre
ark.	Arkadaşları
Ca ⁺⁺	Kalsiyum İyonu
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
Dk	Dakika
E. Faecalis	Enterococcus Faecalis
EDTA	Etilendiamintetraasetikasit
F1	Finishing 1
F2	Finishing 2
F3	Finishing 3
kg	Kilogram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
MTA	Mineral Trioksit Agregate
N	Newton
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	Nikel-Titanyum
Nm	Nanometre
OH ⁻	Hidroksil iyonu
pH	Power of Hydrogen
Ppm	Parts per million
SEM	Scanning Electron Mikroskopy

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. AH Plus Kök kanal patı	44
Şekil 2.2. Enjektör içinde hazır halde bulunan Endosequence BC kanal patı ve uygulama ucu	46
Şekil 2.3. ActiV GP kök kanal patı ve Güta-perka konları	46
Şekil 2.4. MTA Fillapex kök kanal patı	47
Şekil 2.5. Sealapex kök kanal patı	48
Şekil 2.6. Etüv	48
Şekil 2.7. Plastik silindir içerisinde akril bloğa gömülmüş bir diş örneği	49
Şekil 2.8. Instron cihazı (Lloyd LRX)	50
Şekil 2.9. Instron cihazına yerleştirilen bir örneğe vertikal kuvvetin uygulanması	50
Şekil 4.1. Gruplara ve Yapılan İşlemlere Göre Kırılma Direnci Düzeyleri	54
Şekil 4.2. Kontrol ve deney gruplarına ait istatistik sonuçları	56

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. Kök kanal patlarının içeriklerine göre sınıflandırılması	11
Çizelge 2.1. Deney grupları ve uygulanan işlemler	44
Çizelge 3.1. Kontrol ve deney gruplarının kırılma deneyi sonucunda aldıkları değerlerin tanımlayıcı istatistiksel sonuçları	52
Çizelge 3.2. Deney gruplarına ait istatistiksel değerlendirme sonuçları	53
Çizelge 3.3. Kontrol grupları ve deney gruplarının istatistiksel analiz sonuçları	55
Çizelge 3.4. Gruplar arasında ikili karşılaştırma sonuçları	57

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin amacı, dişin ağızda uzun dönem fonksiyonel olarak kalmasını sağlamaktır. Bunun için de kök kanalı sistemindeki enfekte ve nekrotik doku artıklarının, bakteri ve yan ürünlerinin uzaklaştırılması, kök kanalı sisteminin üç boyutlu olarak doku sıvısı ve mikroorganizma girişini önleyecek şekilde doldurulması gerekmektedir. Bununla birlikte, kök kanallarında yapılan temizleme ve şekillendirme işlemleri nedeniyle endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direncinin azaldığı bilinmektedir (Sedgley ve Messer, 1992). Bu yüzden kök kanalı tedavisi sırasında yapılan uygulamalar hem dişin kırılma direncini azaltmamalı, hem de kalan diş yapısının kırılma direncini artırıcı yönde olmalıdır.

Endodontik olarak tedavi edilen dişlerde vital dişlere göre daha fazla kırılma meydana geldiği bilinmektedir. Bu kırılmalar sıklıkla dikey yönde olur. Kök kanalı tedavisi ve dikey kök kırıkları arasındaki ilişkiyi gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalara göre kök kanalı tedavisi yapılan dişlerde dikey kök kırığı oluşma sıklığı kök kanalı tedavisi yapılmamış dişlere göre daha fazladır (Trope ve Ray, 1992).

Kök kırıklarına sebep olarak gösterilen nedenler arasında çürük nedeniyle diş dokularında meydana gelen aşırı kayıplar, travma, restoratif ve endodontik işlemler nedeniyle meydana gelen doku kayıpları, kök kanalı dolgusu işlemleri sırasında uygulanan aşırı basınç ve kök kanalı içi post uygulamaları bulunmaktadır. Bununla birlikte sodyum hipoklorit ve kalsiyum hidroksit gibi kök kanalı tedavisinde rutin olarak kullanılan malzemelerin de dişin kırılma direncini etkilediği bildirilmiştir (Andreasen ve ark., 2002).

Kök kanalı dentin yüzeyine bağlanabilen maddeler kalan diş yapılarını güçlendirebilir. Kök kanalı dentini ile kök kanal dolgusu arasındaki adezyon ve mekanik bağlanma mikrosızıntıyı önler, kırılma riskini azaltır (Teixeira ve ark., 2005).

Kalsiyum hidroksit, antimikrobiyal etkinliği ve apeksifikasyonu teşvik etme özelliğinden dolayı sıklıkla kullanılan kök kanal medikamanıdır. Kısa ve uzun dönemli kanal içi medikaman olarak kullanılabilen kalsiyum hidroksitin, (Yoshida ve ark., 1994) endodontik tedavi yapılan dişleri zayıflatabileceği tespit edilmiştir. Kalsiyum hidroksitin kırılma direnci üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar kalsiyum hidroksitin kanalda kalma süresi ile kırılma direnci arasında bağlantı olduğunu göstermektedir (Doyon ve ark., 2005; Rosenberg ve ark., 2007; Batur ve ark., 2013). Ancak kalsiyum hidroksitin uygulanmasından sonra kanal patlarının dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır.

Bu bilgiler ışığında, endodontik tedavi görmüş dişlerde vertikal kök kırığı görülme sıklığından hareket ederek, endodontik tedavi işlemleri ve son zamanlarda yeni üretilmiş kök kanal patlarının vertikal kök kırığı üzerine etkisini incelemeyi planladık. Çalışmamızın amacı; alt küçük azı dişlerin kök kanallarına kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben rezin, cam iyonomer, kalsiyum hidroksit içerikli patlar ile son günlerde gündemde olan biyoseramik içerikli patların, açılı güta-perka konlar kullanılarak tek kon tekniği ile doldurulmasından sonra vertikal kök kırığı direnci üzerine etkilerinin in vitro koşullarda değerlendirilmesidir.

1.1. Genel Bilgiler

Kök kanal tedavisi, kron kök pulpasının tamamıyla çıkarılması ile oluşan boşluğun mekanik olarak şekillendirilmesi, tüm debrislerin tamamen temizlenmesi, patojenik organizmaların uzaklaştırılması ve ağız ortamından bakteri girişinin engellenerek bakterilerin periapikal dokulara yayılmasının önlenmesi amacıyla kök kanalının dentin-sement sınırından koronal giriş kavitesine kadar hermetik bir şekilde doldurulmasını içermektedir (Schilder,1974; Harrison, 1984; Walton & Torabinejad, 2002; Oruçoğlu ve ark., 2005; Torabinejad ve ark., 2005; Cohen & Hargreaves 2006). Başarılı bir şekilde, üç boyutlu olarak doldurulmuş bir kök kanalı mikroorganizmalar için rezervuar görevi görmez. Bununla birlikte apikal ve koronal sızıntı ile olabilecek bakteriyel kontaminasyon engellenerek kök kanal sistemi periapikal doku sıvılarına karşı kapatılır ve doku iyileşmesi hızlandırılır (Cohen & Hargreaves, 2006). Böylece dişin uzun dönemde fonksiyonel olarak ağızda kalması sağlanabilir.

Enfekte kök kanal sisteminin tedavi edilmesi esnasında en önemli basamağın kemomekanik preparasyon olduğu düşünülür. Kemomekanik işlemlerde temel amaç, kök kanal sisteminin tüm içeriğinin tamamen uzaklaştırılmasıdır. Mekanik enstrümantasyon ve yıkama işlemi başarılı bir endodontik tedavinin en önemli aşamalarıdır (Haapasalo ve ark., 2005). Nekrotik dokular, pulpa artıkları ve mikroorganizmaların kaldırılması bu işlemin bir parçasıdır. Tam bir boşaltma sağlandığında organik materyalle birlikte mikroorganizmalar da fiziksel olarak uzaklaştırılarak mekanik dezenfeksiyon elde edilir (Alaçam, 2012). Kemomekanik preparasyon sırasında debrislerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması; eğenin mekanik hareketi, yıkama solüsyonunun kanal içindeki akışı ve antibakteriyel etkinliği aracılığıyla gerçekleşmektedir (Siqueira ve ark., 1997; Siqueira ve ark., 2010).

Bakteriler, lateral kanallar ve dentin tübüllerinde yaşamlarını sürdürebilir ve bu alanlarda kök kanal irriganları ve medikamanlarının dezenfekte edici etkisinden

korunabilirler (Orstavik ve Haapasalo, 1990). Dentin tübüllerinin içinde sıkışmış olarak kalan bu bakteriler, kök kanal sisteminin hermetik bir şekilde doldurulmadığı durumlarda ise periapikal bölgede oluşabilecek hastalıklardan sorumlu olabilirler (Wu ve Wesselink, 1993; Oguntebi, 1994). Yetersiz doldurulmuş kök kanalları, endodontik tedavide başarısızlığa neden olarak tedavinin tekrarlanmasını veya cerrahi girişim uygulanmasını gerektirebilir (Cohen & Hargreaves, 2006).

Başarılı bir şekilde kök kanallarının doldurulması sayesinde;

1. Mikroorganizmaların oral kaviteden periradiküler dokulara geçişini engelleyecek bir bariyer oluşturulur.
2. Kanalları temizleme ve şekillendirme işlemleri sonrasında hala kanalda mevcut olabilecek mikroorganizmalar izole edilerek kök kanalı içinde hapsedilir, böylece periapikal irritasyon önlenir.
3. Mikrobiyal çoğalmaya yardımcı olabilecek besinlerin kök kanal sistemine sızıntısı engellenir.
4. Kök kanal sistemine dişeti oluşu veya periodontal cepten bakteri geçişi veya sıvı sızıntısı riski azaltılır.
5. Kalan diş dokusu desteklenerek dişin gelen kuvvetlere karşı direnci artar. (Alaçam, 2012; Regan, 2004).

1.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri

Kök kanallarının doldurulması amacıyla günümüze kadar çok sayıda teknik ve materyalden yararlanılmıştır (Alaçam, 2012). İlk olarak 1867’de Asa Hill, beyazlatılmış güta-perka, kireç karbonatı ve kuvarzdan oluşan “*Hill’in tıkayıcısı*” nı geliştirerek endodontide güta-perkanın kök kanal dolgu materyali olarak kullanımını başlatmıştır. 1867’de, G.A. Bowman kök kanalını doldurmak için güta-perka konlarını kullanmış ve 1887’de ise güta- perka konları ticari olarak piyasaya

sunulmuştur. Güta-perka dolgu materyali olarak varlığını günümüze kadar sürdürmüştür. Günümüzde birçok farklı formda bulunmaktadır ve halen en çok kullanılan kök kanal dolgu maddesidir (Johnson, 2008).

Kanal dolgu materyallerinin etkili bir şekilde kullanılması için materyalin özelliklerinin iyi bilinmesi, kök kanal sisteminin anatomisinin ve morfolojisinin iyi kavranması gerekmektedir (Regan, 2004).

Kök kanal dolgu maddesinin diş yapısına bağlanabilme yeteneği, dişin direncini arttırmada ve sızıntıyı engellemede önemli bir role sahiptir. Grossman'a (1988) göre ideal bir kanal dolgu materyalinde bulunması gereken özellikler şöyle sıralanmıştır:

1. Manüplasyonu kolay ve çalışma süresi yeterli olmalıdır.
2. Boyutsal olarak stabil kalmalı, büzülme göstermemelidir.
3. Kanalların anatomisine uygun olarak lateral ve apikal yönlerde tıkama sağlayabilmelidir.
4. Periapikal dokuları irrite etmemelidir.
5. Nemden etkilenmemeli ve pöröz olmamalıdır.
6. Doku sıvılarıyla bozulmamalı, korozyon veya oksidasyon göstermemelidir.
7. Antibakteriyel özellik göstermelidir.
8. Radyopak olmalıdır.
9. Diş yapılarını boyamamalıdır.
10. Steril olmalı veya edilebilmelidir.
11. Kanallardan gerektiğinde kolayca uzaklaştırılabilmelidir.

Grossman'ın belirttiği 11 temel özelliğe sonradan iki özellik daha eklenmiştir. Bunlar; kök kanal dolgu patının periapikal dokuda immün yanıt oluşturmaması (Block ve ark., 1977; Torabinejad ve ark., 1979) ve mutajenik veya karsinojenik olmamasıdır (Harnden, 1981).

Kök kanal dolgu materyalleri katı kor materyalleri, yarı katı dolgu materyalleri ve patlar olarak sınıflandırılabilir. Gümüş konlar katı kor materyallere örnek gösterilebilir. Güta-perka en çok kullanılan yarı katı kanal dolgu materyalidir (Ingle ve Backland, 2002).

1.2.1. Güta-Perka

Güney Afrika'da bulunan Spatoceae ağacı familyasından Isonandra percha ağacının sadeleştirilerek kurutulmuş öz suyundan elde edilen doğal bir organik polimer moleküldür. İlk olarak 1843 yılında Jose D'Almeida tarafından tanıtılmasının ardından 1800'lü yılların sonlarına doğru diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (Marciano ve Michailesco, 1989).

Güta-perka'nın ana bileşenleri, %59-79 çinko oksit, %19-22 güta-perka, %1-17 baryum sülfat ve %1-4 pigmentler, iz elementler, rezin ve mumdan oluşmaktadır (Cohen & Hargreaves, 2006). Bazı üretici firmalar dezenfektan özellik katmak için güta-perka içeriğine kalsiyum hidroksit, klorheksidin ya da iyodoform gibi antimikrobiyal ajanlar eklemiştir (Weisman, 1970; Chogle ve ark., 2005; Lohbauer ve ark., 2005).

Kimyasal olarak saf güta-perka alfa ve beta olmak üzere iki farklı kristal form gösterir. Bu formlar materyaldeki ısı değişikliğine bağlı olarak kendi arasında geçiş yapabilir. Piyasadaki birçok ürün beta formundadır, ama yeni ürünler termoplastik yöntemlere uygun olacak şekilde alfa kristalin formda üretilmektedir. Geleneksel güta-perkalar 42-49°C arası ısılarda alfa fazına dönüşürler. Isıtılmaya devam edildiğinde 53-59°C arasında amorf yapı kazanırlar. Bu faz değişiklikleri hacimsel değişimlere de neden olur. Güta-perkanın yumuşama derecesi 64°C, erime derecesi 100°C, parçalanma ve bozulma derecesi 150°C'dir (Goodman ve ark., 1974).

Güta-perka sıkıştırılabilir olması, düşük toksisite göstermesi, boyutsal stabilitesi, radyopak olması, termoplastisite özelliği olması, kimyasal çözücülerle eriyebilmesi

ve içeriğindeki çinkooksit sebebiyle antibakteriyel olması gibi avantajlara sahiptir (Çalışkan, 2006).

Bununla birlikte güta-perkanın sert olmaması nedeniyle vertikal ve lateral baskılarda kolayca kıvrılabilmesi, stabil olmaması nedeniyle zamanla kırılgnlık kazanarak raf ömrünün kısalması ve adeziv özelliğinin bulunmaması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca kimyasal çözücülerle kullanıldığında, çözücünün buharlaşmasına bağlı olarak büzülme meydana gelmesi de dezavantajları arasındadır (Çalışkan, 2006).

Güta-perka 10 ve 140 numaralar arası standardize enstrümanların şekillerine uyum gösteren standart güta-perka konlar ve artan taper açısına sahip standart olmayan güta-perka konlar olarak piyasada iki şekilde bulunur. Anatomik formu normalden farklı kanallarda, kondenzasyon yapılırken standart olmayan konlar, yardımcı konlar olarak kullanılır (Weine ve Wenckus, 2004; Çalışkan,2006). Günümüzde preparasyon teknikleri ve rotary aletlerdeki değişimler güta-perka konlarının şekillendirilmesinde de değişikliklere neden olmuş ve farklı açıda konlar üretilmiştir (Johnson, 2008).

Konikliği artırılmış güta-perka konlarla doldurulan kanalların mikrosızıntıları, adaptasyonları, pat oranı, yan kanalları doldurma oranları ve uygulama süreleri incelenmiştir. Barroso ve ark. (2005) konikliği arttırılmış güta-perka konlar ile çekilmiş dişlerdeki simüle lateral kanalların doldurulmasında geleneksel konlara göre daha başarılı sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Gordon ve ark. (2005), 06 açılı güta-perka kullanılarak uygulanan tek kon tekniğinin lateral kompaksiyon tekniği ile karşılaştırılabilir olduğu ve hem rezin bloklarda hem de çekilmiş dişlerde benzer sonuçlar alındığını ayrıca çok daha hızlı bir kanal dolgusu elde edilebildiğini bildirmişlerdir. Koçak (2007), kök kanalları farklı kanal aletleri ile genişletilen ve farklı açılı güta-perka ana kon kullanılarak doldurulan dişlerin koronal ve apikal sızıntılarını değerlendirdiğinde; en fazla sızıntı ortalamasınının paslanmaz çelik eğeler ile genişletilen ve lateral kompaksiyon yöntemiyle doldurulan grupta olduğunu gözlemişlerdir.

1.2.2. Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanalındaki boşlukları ve düzensizlikleri, yan kanalları ve lateral kompaksiyon sırasında güta-perka konlar arasındaki boşlukları doldurmak ve bunların arasında sıkı bir adaptasyon elde edebilmek için kanal patları kullanılır (Alaçam, 2012). “*Sealer*” adı verilen bu patlar; toz/likit, pat/pat veya sadece pat sistemlerinden oluşurlar (Orstavik, 1988).

Kök kanal dolgu patlarının kök kanal dolgu materyalleri ile birlikte kullanılmasının temel amaçları şu şekilde özetlenebilir:

1. Kök kanal dolgu patları içeriklerindeki antibakteriyel ajanlar nedeniyle antibakteriyel etkinlik gösterirler.
2. Kök kanal dolgu materyalleri ile dentin duvarları arasında kalan boşlukları doldurarak hermetik bir şekilde tıkanmasını sağlarlar.
3. Kök kanal dolgu patları kanala yerleştirildikten sonra sertleşerek dentin duvarları ile kor dolgu materyalini birbirlerine bağlarlar.
4. Lubrikasyon etkisiyle kök kanal dolgusunun kolayca uygulanmasını sağlarlar (Weine, 1989).

İdeal bir kök kanal dolgu patında bulunması gereken özellikler aşağıdaki başlıklarda incelenebilir.

1.2.2.1. Teknik Özellikler

1. Doku sıvılarında çözünmemeli, nem varlığından etkilenmemelidir.
2. Dentine ve katı kor materyallere iyi bağlanmalıdır.
3. Boyutsal olarak stabil olmalı, sertleşme esnasında veya sonrasında büzülme göstermemelidir.
4. Kanal duvarlarına yapışmalı ve hatta dentin kanallarına penetre olabilmelidir.

5. Diş dokularında veya yumuşak dokularda renklenmeye sebep olmamalıdır.
6. Gözenek içermemeli ve su absorpsiyonu olmamalıdır.

1.2.2.2. Biyolojik Özellikler

1. Steril olmalıdır.
2. Bakterisit veya bakteriyostatik özelliğe sahip olmalıdır.
3. Hasta ve dental personelde genel sağlık problemleri veya alerjiler meydana getirmemelidir.
4. Apikaldeki pulpa ya da periapikal dokulara zarar vermemelidir.
5. Mutajenik veya karsinojenik olmamalıdır.
6. Periapikal dokulara taşıdığı rezorbe olabilmeli; ancak kanal içinde rezorbe olmamalıdır.
7. İçerdiği cıva, çinko, baryum, bizmut, titanyum gibi maddeler toksik sınır seviyesini aşmamalıdır (Çalışkan, 2006).

1.2.2.3. Kullanım Özellikleri

1. Radyopak olmalıdır.
2. Yeterli çalışma zamanı vermelidir.
3. Kolayca karıştırılıp kanallara yerleştirilebilmeli ve çözücü maddelerle, ısı ve mekanik enstrümanlarla kolayca çıkarılabilmelidir.
4. Bozulmadan uzun süre saklanabilmelidir (Craig, 1985).

1.2.2.4 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Akıcılık: Kök kanalının şekillendirilmesinden sonra kanal duvarları üzerinde oluşan düzensizliklerin doldurulmasını sağlayan özelliktir. Akıcılık; partikül boyutuna, toz/likit oranına, bileşenlerinin kimyasal aktiviteleri ile sertleşme süresine, ısı ve

ortamdaki neme bağılı olarak değişir (Weisman, 1970; Vermilyea ve ark., 1978; Watts ve ark., 1981).

Adeziv özellikler: Adezyon yani bağlanma, iki farklı maddenin moleküller arası çekim kuvvetlerinin etkisiyle birbirilerine tutunmasını sağlayan kuvvettir. Bu bağlantı kimyasal ve fiziksel olmak üzere iki türdür. Kimyasal adezyonda intramoleküler bir bağlantı gözlenirken fiziksel adezyonda intermoleküler bir bağlantı gerçekleşir. Adezyondaki problemler koronal ve/veya apikal mikrosızıntıya neden olabilir. Kanal patlarının dentini ıslatma yeteneğinin ve adeziv özelliklerinin iyi olması sızdırmazlığın sağlanmasına yardımcıdır (Orstavik ve ark., 1983).

Çözünürlük ve absorpsiyon: Bir maddenin bir sıvıda moleküllerine ayrılabilme özelliği çözünürlük olarak tanımlanır. Toz, likitle karıştırıldıktan sonra kısmen eriyerek matrise bağlanır ve belirli bir zaman aralığında kanal patının sertleşmesiyle matris içinde asılı kalır (Şen, 1994). Koronal sızıntı; krondaki dolgunun yetersizliği, diş veya dolgudaki kırık ve çatlak sonucu oral sıvıların geçişiyle apikal sızıntı ise; periapikal dokularda akut iltihaplanma sonucu oluşan asidik pürülan sıvıların veya fizyolojik doku sıvılarının kanal patını çözmesiyle oluşur.

Film kalınlığı: Film kalınlığı kanal patının belirli bir yük altında gösterebileceği en düşük kalınlıktır. Bu kalınlık teorik olarak tozun en yüksek partikül boyutuna eşdeğer olmalıdır. Toz partikülleri karıştırma sırasında likit fazla eriyerek küçülmekte ve pat uygulanırken ezilmektedir. Film kalınlığı ne kadar az olursa kanal patı kök kanalı içerisindeki boşluklara, düzensizliklere hatta dentin kanallarına bile nüfuz edebilir (Gambarini ve ark., 2006). Weis ve ark. (2004), pat kalınlığının doldurma tekniğine bağılı olarak 2,2–47,6 µm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kanal patı kalınlığının, tek bir ana kon ile uygulanan tek kon yönteminde artabileceği bildirilmiştir (Wu ve ark., 1994).

Günümüzde bu kriterlerin tümünü karşılayacak bir kök kanal dolgu patı mevcut olmamasına rağmen temel görüş, kök kanal dolgu patlarının kor materyallerinden daha önemli olduğu yönündedir (Walton ve Johnson, 2002).

Kanal dolgu maddelerinin fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, içerdikleri maddeler veya rezorbe olabilme özelliklerine göre günümüze kadar çeşitli sınıflandırmaları yapılmıştır. Farklı araştırmacıların kök kanal dolgu patlarının içeriklerine göre yaptıkları sınıflandırma Çizelge 2.1’de sunulmaktadır.

Çizelge 2.1. Kök kanal patlarının içeriklerine göre sınıflandırılması

Araştırmacı	Sınıflama
Grossman (1974; s.: 282-323)	Simanlar
	Patlar
	Plastikler
	Katı materyaller
Alaçam (2012; s.:769-828)	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Paraformaldehit içerikli patlar
	Polimer yapıdaki patlar
	Rezorbe olabilen patlar
	- İyodoform patı
	- Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
Spångberg (2002; s.:521-572)	Cam iyonomer içerikli patlar
	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Cam iyonomer içerikli patlar
	Formaldehit içerikli patlar
	Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
Walton ve Johnson (2002, s.: 239-267)	Polimerler
	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Plastikler
	Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
Wein ve Wenckus (2004, s.: 266-313)	Cam iyonomer içerikli patlar
	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Rezin içerikli patlar
	Kalsiyum hidroksit içerikli patlar

	Cam iyonomer içerikli patlar

Çizelge 2.1. (Devam) Kök kanal patlarının içeriklerine göre sınıflandırılması

Araştırmacı	Sınıflama
Himel ve ark. (2006; s.:263-290)	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Cam iyonomer içerikli patlar
	Formaldehit içerikli patlar
	Silikon içerikli patlar
	Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
	Polimerler
Johnson (2008; s.:1019-1052)	Çinko oksit öjenol içerikli patlar
	Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
	Rezin içerikli patlar
	Cam iyonomer içerikli patlar
	Silikon içerikli patlar
	Solvent içerikli patlar
	Üretan metakrilat içerikli patlar

1.3. Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patları

1.3.1. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları

Kalsiyum hidroksit içerikli kanal dolgu patları antimikrobiyel etkilerinden ve periapikal doku iyileşmesini hızlandırmalarından dolayı endodontide sıklıkla kullanılmıştır. Etki mekanizmalarının şu faktörlere bağlı olduğu düşünülmüştür;

1. Serbest OH⁻ iyonları sayesinde antibakteriyel etki göstermektedir. OH⁻ iyonları pH' yı artırarak tamir ve aktif kalsifikasyon olaylarını uyarır (Bystrom ve ark., 1985).

2. Alkalın pH sonucu osteoklastlardan gelen laktik asiti nötralize ederek diş mineralize dokularının çözünmesini önler. Bu pH alkalin fosfatazı aktive ederek sert doku oluşumunda da önemli rol oynar (Stock, 1985).
3. Kalsiyum hidroksit kök kanalında bulunan proteinleri denatüre ederek toksisitelerini azaltır.
4. Kalsiyum hidroksit sert doku oluşumu ile bağlantılı adenosin trifosfataz reaksiyonunu aktive eder (Tomeck ve ark.,1983; Stock 1985).
5. Dentin tübülleri boyunca ilerleyen kalsiyum hidroksit, periodontal ligamentle temasa geçip eksternal kök rezorbsiyonunu durdurarak iyileşmeyi hızlandırır (Tronstad ve ark., 1981; Manhart, 1982)

Sealapex, Biocalex, Acroseal, CRCS (Calcibiotic Root Canal Sealer), Sealer 26, Apexit ve Apexit Plus bu gruba ait kök kanal dolgu patlarındanndır.

Sealapex Kanal Dolgu Patı

Sealapex (Kerr, CA, U.S.A.) kalsiyum hidroksit esaslı polimerik bir kök kanal dolgu patıdır. Diğer kalsiyum hidroksit içerikli patlarla karşılaştırıldığında üstün biyolojik özellik ve iyi apikal örtücülük gösterir (Holland ve De Souza, 1985; Leonardo ve ark., 1997; Çobankara ve ark., 2006). Yapısında kalsiyum oksit, bizmut trioksit, çinko oksit, sub-mikron silika, titanyum dioksit, çinko sterarat, trikalsiyum fosfat, etil-tolüen sulfon amit, metil metilen salisilat rezin, izobutil salisilat ve pigmentler bulunur.

Kolay manipasyonu, alkalin pH'sı, antibakteriyel etkisi ve dolayısıyla iyileşmeyi hızlandırıcı etkisinin olması, kök kanalı dışına taşıtığında rezorbe olabilmesi, asit ürünlerini nötralize ederek alkalin fosfatazı aktive edebilmesiyle sert doku oluşumuna katkı sağlaması, hidroskopik özelliği ve antienflamatuvar etkisi vardır (Çalışkan, 2006). Akıcılığı iyi olduğundan kök kanalına taşınması kolaydır. Bununla birlikte apikal bölgede ve kök perforasyonlarında sert doku oluşumunu uyardığı gösterilmiştir. Sealapex'in beklenen doku iyileşmesini gösterebilmesi için, Ca^{++} ve

OH- iyonlarının pat yapısından ayrılması gerekir. Bu da materyalin uzun dönem örtüleme kabiliyeti ve terapötik etkileri hakkında soru işaretleri ortaya çıkarmaktadır (Siqueira ve Lopes, 1999).

1.3.2. Rezin İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları

Epoksi rezin içerikli patlar, düşük çözünürlükleri (Carvalho-Junior ve ark., 2003), iyi apikal örtücülükleri (Souza-Neto ve ark., 2002) ve kök dentinine mikro-retansiyonları (Tagger ve ark., 2002) nedeniyle uzun süredir kullanılmaktadır. Epoksi rezin esaslı patların, dentin adezyonu özelliklerinin yanı sıra mekanik özellikleri de iyidir. Başlangıçtaki hacimsel genişlemeden sonra pat bir miktar büzülme gösterir. İlk defa Schroeder tarafından 1957 yılında piyasaya sunulan AH 26 kök kanal dolgu patı epoksi rezin içerikli bir pattır. Tozunda; %60 bizmut oksit, %25 hekzametilentetramin, %10 gümüş ve %5 titanyum oksit; likitinde ise bisfenoldiglisid eter bulunmaktadır. AH 26 diğer patlar gibi ilk karıştırıldığında toksisitesi yüksektir (Spangberg, 1969; Pascon ve Spangberg, 1990). Ancak sertleşmeye başladığında hızla düşer. 24 saat sonra toksisitesi diğer kök kanal dolgu patlarına göre en düşük oranda bulunmuştur (Cohen ve Hargreaves, 2006).

AH Plus Kanal Dolgu Patı

AH 26'nın epoksi amin kimyası korunarak, renkleşme eğilimi ve formaldehitin açığa çıkışı elimine edilerek AH Plus (Dentsply, De Trey, Germany) geliştirilmiştir. Yeni formülde titanyum dioksit bulunmamaktadır ve hekzametilentetramin %25'den %20'ye düşürülmüştür. Üretici firma AH Plus'ın formaldehit açığa çıkarmadığını belirtmektedir. Buna rağmen Cohen ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, AH Plus'ın minimal miktarda (3.9 ppm) formaldehit açığa çıkardığını bulmuşlar ve bu sonucu epoksi rezinlerle aminlerin sertleşmeyi başlatmak için girdikleri reaksiyona bağlamışlardır. AH Plus kök kanal dolgu patı çabuk ve kolay karıştırılabilmesi için A ve B olmak üzere çift patlı sistem halinde piyasaya sunulmuştur. A ve B patları eşit hacimlerde kullanılır ve homojen bir kıvam elde edinceye kadar metal bir spatülle

karıştırılır. Çalışma süresi 23°C de minimum 4 saattir. Sertleşme süresi 37°C de 8 saattir (Alaçam, 2012).

Pat A (epoksi patı): Diglisidil-bisfenol-A-eter, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, aerosol, demir oksit, pigment'den,

Pat B (amin patı): 1- Adamantan amin, NN-dibenzil-5-oksanonandiamin-1,9, TCD-Diamin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, silikon yağı'ndan oluşmuştur.

AH Plus kök kanal dolgu patı, AH 26'ya göre daha radyoopaktır, kısa sürede sertleşir (yaklaşık 8 saat), düşük çözünürlüğe sahiptir ve daha akıcıdır (Leyhausen ve ark., 1999).

Najar ve ark. (2003), Ketac Endo, Grosman patı ve AH 26 kök kanal patlarının adezyon özelliklerini inceledikleri çalışmalarında AH 26'nın dentine daha yüksek bağlanma gösterdiğini bildirmişlerdir. Tagger ve ark. (2003), aralarında cam iyonomer, çinko oksit öjenol ve Ca(OH)₂ içerikli kök kanal dolgu patlarının da bulunduğu bir adezyon çalışmasında, Sealer 26 ve AH 26 kanal dolgu patlarının diğerlerine oranla daha iyi bağlanma kuvveti gösterdiğini tespit etmişlerdir.

McMichen ve ark (2003), AH Plus, Tubli-Seal, Endion, Apexit kanal dolgu patlarının çözünürlüklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında en az çözünürlüğü AH Plus'ın gösterdiğini rapor etmişlerdir. Eldeniz ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada AH Plus, Diaket, EndoRez kök kanal patlarını dentine bağlanma kuvveti yönünden karşılaştırmışlar ve en yüksek bağlanma kuvvetinin AH Plus'ta gözlendiğini bildirmişlerdir. De-Deus ve ark. (2006), AH Plus'ın örtücülük kapasitesinin, Pulp Canal Sealer, EndoREZ ve Sealapex'ten daha üstün olduğunu belirtmişlerdir.

1.3.3. Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları

Cam iyonomer simanlar ilk defa 1972’de Wilson ve Kent tarafından geliştirilmiştir. Cam iyonomerlerin tozu esas olarak alumina, kriyolit, florid, alüminyum triflorid ve alüminyum fosfatın eritilerek birleştirilmesiyle oluşan yüksek florid içerikli alüminosilikat camdan oluşmaktadır. Cam iyonomerlerin üretiminde ilk kullanılan likit yapı polialkenoik asittir. Cam iyonomerlerin sertleşmeleri temelde iyon salınımı yapan cam ile poliakrilik asidin aköz solüsyonu arasındaki asidik reaksiyon sonucu olmaktadır. Cam iyonomer siman minenin hidroksilapatiti ve dentin kolajeni arasında hidrojen köprüleri veya metal iyonları kompleksi oluşturması sonucunda kimyasal çekim kuvvetleri meydana getirir (Alaçam, 2012).

Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patları mine ve dentinin hidroksilapatit kristalleri ile kimyasal bağlantı kurabilmeleri, biyolojik uyum göstermeleri, flor salımı ve antibakteriyel özellikler gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır (Saunders ve ark., 1992). Bununla birlikte bu tip patlarda karşılaşılan temel sorun sertleşme sırasında neme hassas hale gelerek sızıntıya yol açmasıdır (Grossman, 1988).

Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patlarında karşılaşılan diğer sorunlar çalışma sürelerinin yetersiz olması ve gütaperkaya bağlanma göstermemeleriydi. Son yıllarda gütaperkayla tam bir adezyon sağlayabilmeleri için cam iyonomer esaslı kök kanal patlarının özelliklerinde çeşitli değişiklikler yapıldı. Öncelikle partikül büyüklüğünde modifikasyon yapılarak, çalışma süresi uzatıldı. Sonrasında gütaperka konların yüzeyi cam iyonomer partikülleri ile kaplanarak bağlanma sorunu çözülmeye çalışıldı.

ActiV GP

ActiV GP (Brasseler, Savannah, GA, USA) cam iyonomer içerikli kanal patı ve cam iyonomer partikülleri ile kaplanmış gütaperka konlardan oluşur. Çalışma özellikleri, çalışma zamanı ve radyoopasitesi bakımından önceki cam iyonomer içerikli patlara

göre üstün olduğu iddia edilmektedir. ActiV GP kök kanal dolgu patının çalışma süresi, kağıt üzerinde 12 dakika, buzlu cam üzerinde 20 dakikadır (Koch ve Brave, 2006).

Güta-perka ve cam iyonomer pat arasındaki tutuculuğu artırmak için ActiV GP konlarının yüzeyi 2 µm kalınlığında cam iyonomer partiküllerle kaplanarak partiküller konun yapısına da ilave edilmiştir. Cam iyonomer kaplı güta-perka konların kök kanal patı ile kanal boşluğunda monoblok yapı oluşturarak intraradiküler dentine bağlandığı öne sürülmüştür. ActiV GP ile tek kon dolgu tekniğinde, ana konun kanalın şekline uyumunun önemli olduğu, çünkü bu sayede pat miktarının dolayısıyla polimerizasyon büzülmesinin büyük ölçüde azalacağı yönünde görüşler mevcuttur (Koch ve Brave, 2006).

Monticelli ve ark. (2007a), cam iyonomer doldurucu kaplı ActiV GP güta-perka konu SEM’de incelediklerinde; yüzeydeki doldurucu yoğunluğunun homojen olmadığını, doldurucuların bazı bölgelerde kümeleşmeler oluşturduklarını gözlemlemişlerdir. Buna ilaveten ActiV GP konların içinde cam iyonomer doldurucu olduğu düşünülen 5 µm’den büyük partiküllerin olduğu tespit edilmiştir.

Monticelli ve ark.’nın (2007b) yaptıkları bir diğer çalışmada 06 taper açılı EndoSequence döner eği sistemiyle şekillendirdikleri kanalları AH Plus/güta-perka ve ActiV GP kanal dolgu sisteminin 06 taper açılı konlarıyla doldurmuşlar ve kök kanal dolgularının sızıntısını incelemişlerdir. Sonuç olarak ActiV GP kök kanal dolgu sisteminin AH Plus+güta-perka sisteminden belirgin olarak daha fazla sızıntıya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Karapınar Kazandağ ve ark. (2009), ActiV GP, Resilon/Epiphany, EndoRez ve AH plus/güta-perka’nın glukoz filtrasyon metoduyla sızıntılarını değerlendirmişler ve sistemler arasında sızdırmazlık yönünden anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Flores ve ark. (2011), AH Plus, Gutttaflow, Roekoseal ve ActiV GP kök kanal patlarını radyoopasite yönünden incelediklerinde ActiV GP'nin diğer patlara göre daha az radyoopasite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Faria Junior ve ark. (2013), ActiV GP, AH Plus, Sealer 26, Epiphany SE, Sealapex, MTA Fillapex patlarının çözünürlüklerini karşılaştırdıklarında, ActiV GP patının uygulamadan 2 ve 7 gün sonra diğer patlara göre en yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Royer ve ark.'ı (2013) kök kanal dolgu patlarının örtücülük özelliklerini inceledikleri bir çalışmada EndoRez, ActiV GP ve konvensiyonel güta perka/ plus pulp sealer (GP/EWT)'ı karşılaştırmışlar ve EndoRez sisteminin ActiV GP ve GP/EWT'e göre yüksek apikal sızıntı gösterdiğini belirtmişlerdir. ActiV GP ve GP/EWT arasında kök kanal boşluklarını doldurma açısından benzer özellikler gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Fisher ve ark.'nın (2007) yaptıkları bir çalışmada Kerr EWT pulp canal sealer/güta-perka, ActiV GP, güta-perka/AH Plus, Resilon/ Epiphany ve EndoREZ'in bağlanma dayanımlarını değerlendirmek amacıyla tek köklü insan dişlerini .06 taper açılı Endosequence NiTi rotary enstrümanlarla 40 numaraya kadar genişletip tek kon tekniğiyle doldurulmuşlardır. Köklerin koronal, apikal ve orta üçlüsünden 1 mm'lik horizontal kesit alarak push out testi uygulamışlardır. AH Plus/güta-perka grubunun bağlanma dayanım değeri diğer dört gruptan anlamlı derecede yüksek çıkmıştır. Kerr EWT pulp canal sealer ve ActiV GP gruplarının bağlanma dayanımı ise Epiphany/Resilon ve EndoRez gruplarına göre anlamlı derecede yüksek çıkmıştır. Araştırmacılar ActiV GP'nin ortalama bağlanma dayanımı değeri vermesi cam iyonomer içerikli patla kor materyali arasındaki kemo-mekanik etkileşimden kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir.

1.3.4. Biyoseramik İçerikli Patlar

Biyoseramikler uzun zamandır tıpta birçok alanda kullanıldığı gibi yakın zamanda endodontinin kullanım alanına da girmiştir. Vücudun zarar gören veya işlevini yitiren organlarının onarımı, yeniden yapılandırılması veya yerini alması amacıyla özel olarak tasarlanan seramiklere biyoseramik denir (Pasinli, 2004). Biyoseramikler medikal olarak kalça, diz, diş, tendon ve ligamentlerin yerine geçebilecek yapılarda, periodontal hastalıkların tedavisinde, maksillofasiyal rekonstrüksiyon, augmentasyon işlemlerinde, çene kemiklerinin sabitlenmesinde ve tümör operasyonları sonrası greft materyali olarak kullanılmaktadır.

Biyoseramikler, tek kristalli olabileceği gibi (safır), polikristalin yapılı seramik (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam, biyoaktif cam seramik veya biyoaktif kompozit (polietilen–hidroksiapatit) formunda da olabilir (Hench, 1991). Biyoseramiklerin endodontide kullanılmaya başlanmasının en önemli özelliği biyouyumlu olmasıdır. Biyolojik çevrede kimyasal olarak stabildirler. Ayrıca biyoseramikler sertleştikten sonra büzülmezler. Sertleşme süreci tamamlandığında bir miktar genişirler. Kök kanal dolgusu sırasında kök ucundan bir miktar taşkınlık meydana geldiğinde anlamlı bir enflamatuvar cevaba neden olmazlar. Bu maddenin bir diğer avantajı da sertleşme süreci sırasında hidroksiapatit oluşturma yeteneği ve dolgu maddesi ile dentin arasında kimyasal bağ kurabilmesidir. Ayrıca sertleşme sırasındaki yüksek pH (12,9) ile güçlü antimikrobiyal etki oluşturmaktadır (Koch ve Brave, 2009)

Biyoseramik içerikli patlar iki grupta incelenirler;

- a) Kalsiyum-silikat-fosfat içerenler: Bioseal, Endosequence BC Sealer, Smartpaste Bio, iRoot SP, Appetite kök kanal dolgu patı.
- b) Mineral trioksit aggregate içerenler: ProRoot Endo Sealer, MTA Obtura, Endo CPM Sealer, MTA Fillapex.

Endosequence BC Sealer Kanal Patı

Endosequence BC sealer (Brasseler, Savannah, Georgia, USA) zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit ve kalınlaştırıcı maddeler içermektedir. Esas bileşenlerinin kalsiyum hidroksit ve hidroksiapatit olması nedeniyle hem biyouyumlu hem de biyoaktif olduğu bildirilmektedir. Hidrofilik özelliğiyle dentin tübüllerindeki suyu çekerek sertleşir.

Çalışma ve sertleşme süresinin 4 saat olduğu üretici firma tarafından belirtilmektedir. Kök kanalına esnek bir enjektör ucu yardımıyla direk uygulanmaktadır. Küçük partiküllü yapıda olup sertleşme sırasında sahip olduğu pH (12,9) antibakteriyel özelliğini artırmaktadır (Tarhan ve Uzunoğlu, 2010; Loushine ve ark. 2011).

Zhang ve ark. (2009a) çalışmalarında Endosequence BC sealerin, *E. Faecalis* üzerinde antibakteriyel etkisini değerlendirmişler ve sonuçta patın bütün bakterileri 2 dk. içerisinde öldürdüğünü tespit etmişlerdir. Bu durumu patın yüksek pH'sına, hidrofilik özelliğine ve aktif kalsiyum hidroksit difüzyonu sağlamasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

AH Plus ve Endosequence BC sealer'ın sıvı filtrasyon ve SEM ile apikal sızdırmazlığının incelendiği bir çalışmada iki grup arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Fark çıkmamasının nedenini biyoseramik içerikli patın sertleşme esnasında büzülme göstermeyen içeriğine bağlamışlardır (Zhang ve ark. 2009b).

Endosequence BC sealer ve AH Plus'ın radyoopasite, pH, kalsiyum iyonu salınımı ve akışkanlığının karşılaştırıldığı bir çalışmada, Endosequence BC sealer daha düşük radyoopasite göstermiştir. Kalsiyum iyonu salınımı ve akışkanlık açısından ise AH Plus'a göre anlamlı derecede yüksek değerler göstermiştir (Canderio ve ark. 2012).

Nagas ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada AH Plus, iRoot SP, MTA Fillapex ve Epiphany kök kanal patlarının bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Kök

kanallarının nemlilik durumuna bakılmaksızın her durumda iRoot SP nin gösterdiği en düşük değer bile MTA Fillapex ve Epiphany'den yüksek bulunmuştur. Bu sonuçları iRoot SP'nin küçük partikül boyutuna ve patın akıcılığına bağlamışlardır.

MTA Fillapex Kanal Patı

MTA Fillapex (Angelus, Brazil) endodontik doldurma materyali olarak geliştirilen Mineral Trioksit içerikli yeni bir pattır. MTA içerikli materyallerin geliştirilmesinde MTA'nın mükemmel biyouyumluluğu, biyoaktivitesi ve osteokonduktif etkisi büyük ölçüde etkilidir. Ancak MTA Fillapex yeni karıştırıldığı zaman yüksek sitotoksosite ve genotoksosite göstererek biyolojik olarak çelişkili sonuçlar göstermektedir. Sıçanlarda yapılan bir çalışmada subkütanöz dokulara yerleştirilen patın toksik etkisinin 90 gün sonra arttığı rapor edilmiştir (Vitti ve ark., 2013).

MTA Fillapex'in içeriğinde MTA, salisilat rezin, natural rezin, bizmut oksit ve silika bulunur. Yapılan son çalışmalarda bu patın iyi radyoopasite, akıcılık ve alkali pH gibi uygun fizikokimyasal özellikler içerdiği gösterilmiştir. Üretici firma ideal çalışma zamanı, düşük çözünürlük ve kolay uygulama özellikleri olduğunu bildirmiştir. Vitti ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada, AH Plus ile kıyaslandığında, MTA Fillapex'in kısa fakat kabul edilebilir çalışma zamanına sahip olduğu, daha düşük akışkanlık ve su absorpsiyonu gösterdiğini bildirmişlerdir.

Zhou ve ark.'nın (2013) 5 farklı kanal patının fiziksel özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, MTA Fillapex'in, Endosequence BC sealer'a göre daha yüksek akışkanlık fakat daha kısa çalışma zamanı gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca taze karıştırılmış örneklerde MTA Fillapex daha düşük pH göstermiştir. Endosequence BC Sealer ve MTA Fillapex arasındaki bu farklılığın Endosequence BC Sealer içindeki biyoseramik rezin içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

1.4. Dentinin Yapısı ve Kanal Patlarının Adezyonu

1.4.1. Dentin

Dentin %70 inorganik bileşen , %20 organik bileşen ve %10 sudan oluşan mineralize bir dokudur. Mine-dentin sınırından pulpaya doğru uzanan milyonlarca dentin tübülleri ile pulpa sağlığını koruma açısından bir difüzyon bariyeri olarak görev yapar (Ingle ve Backland, 2002).

İnorganik bileşen hidroksiapatit içerirken organik matriks % 91 oranında kollajenden oluşmaktadır (Cohen ve Hargreaves, 2006). Dentin dokusu; dentin tübülleri, peritübüler alan, intertübüler alan ve dentin sıvısından oluşur (Fuentes ve ark., 2003).

Mine-dentin birleşiminden ve dentin-sement birleşiminden pulpaya doğru uzanan dentin tübüllerinin sayısı mm²'de 40.000-70.000 arasında değişmektedir. Tübüllerin çapı, mine-dentin birleşimde 1 µm iken pulpal yüzeyde 3 µm'ye kadar ulaşmaktadır. Mine-dentin birleşiminde tübüllerden oluşan dentinal alan % 1 iken, pulpa odasında bu alan % 45' e ulaşmaktadır (Alaçam,2012)

Tübüler alanın genişliğinin artması, dentin geçirgenliğinin artmasına ve dolayısıyla dentin mikrosertliğinin azalmasına neden olmaktadır (Torabinejad ve ark., 2003a). Mine-dentin birleşimi, sert ve kırılğan mine ile yumuşak fakat daha dayanıklı dentini birleştirmesi bakımından önemli bir yapıdır. Dentini oluşturan elemanlardan peritübüler alan hem kök hem de kron dentininde yer almaktadır. Peritübüler dentin intertübüler dentine göre % 40 daha fazla mineralize bir dokudur (Alaçam, 2012).

İntertübüler dentin; yoğunluğu apikalden koronale doğru artan, tübülleri birbirinden ayıran tip 1 kollajen ve apatit kristallerinden oluşan yapıdır. Dentin sıvısı ise dentinin % 20 sini oluşturan plazmaya benzer bir maddedir (Marshall ve ark., 1997). Tübüllerin içinde de yer alan bu sıvının hareketi sonucu sinir reseptörleri uyarılır ve dentin hassasiyeti oluşur (Greenhill ve ark., 1981).

Dentin dokusundaki başlıca inorganik madde ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) hidroksiapatittir. Dentinde yer alan hidroksiapatit kristallerinin minedeki kristal boyutundan çok daha küçük olduğu, daha düşük kalsiyum ve % 4-5 oranında karbonat içerdiği bildirilmiştir. Küçük kristal boyutu, düşük kalsiyum ve yüksek karbonat içeriği ile dentin yüksek çözünübilirlik ve iyonik değişimler için de potansiyel bir özellik göstermektedir. Dentinde hidroksiapatitden başka eser miktarda bakır, demir, çinko gibi elementler de yer almaktadır (Marshall ve ark., 1997).

Buttler ve Crawford (1982) dentinin organik matriksinin genel olarak protein ve proteoglikanlardan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Organik matriksde yer alan en önemli protein, lifsel (fibriler) matriksi oluşturan kollajendir.

Dentinin esas organik içeriği Tip 1 kollajen olup, organik kısmın ağırlıkça % 90'ını oluşturmaktadır. Dentin kollajen fibrilleri 100 μm çapındadır ve küçük mikrofibrillerden oluşmaktadır (Pashley, 1992). Yumuşak dokuda yer alan Tip 2 kollajen dentinde bulunmamaktadır, bu durum sert ve yumuşak dokular arasındaki farkı ortaya koymaktadır.

1.4.2. Patların Dentine Adezyonu

Adezyon molekül yapıları farklı iki yüzeyin bağlanması veya yapışmasıdır. Bir başka deyişle iki yüzeyin bağ kuvveti, kilitlenme kuvveti veya herikisini kapsayan ara yüzey kuvvetleriyle birarada tutunma olgusu olarak tanımlanmıştır.

Adezyon kimyasal ve mekanik olarak gerçekleşebilir. Mekanik adezyonda kimyasal bir bağlanma olmaksızın yalnızca mekanik bir kilitlenme söz konusudur. Kimyasal adezyonda ise moleküler veya atomik düzeyde bir bağlanma meydana gelir.

Mineye adezyon oldukça başarılı olmasına rağmen dentin dokusu için aynı şey geçerli değildir. Dentine adezyonda yaşanan zorluklar, dentin dokusunun histolojik, kimyasal ve fiziksel yapısının mineye göre farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Dentinin su içeriğinin önemli bir kısmını tübüller içindeki sıvı oluşturduğu için yüzeyel dentinle derin dentinin nemliliği oldukça farklıdır. Derin dentinde yüzeyel dentinden daha geniş tübüller vardır. Bundan dolayı derin dentin yüzeyel dentinden daha nemlidir. Dentin yüzeyi kurutulsa bile, intrapulpal basınç nedeniyle daha sonra tekrar nemli hale gelir (Kuşdemir 2007).

Kök kanal dentinine bağlanma dayanımı koronal dentine bağlanma dayanımından düşüktür (Bouillaguet ve ark., 2003; Goracci ve ark.,2004). Kanal patlarının adaptasyonunu ve penetrasyonunu; kök kanal duvarının farklı bölgelerinde ki dentin kanalcıklarının yoğunluğu ve düzenlenişi, uygulanan doldurma yöntemi gibi faktörler etkileyebilir.

Patların dentine iyi bir şekilde yapışmasının kanal dolgusunun tıkama yeteneğini artıracakı düşünülmüştür. Bununla beraber adezyon testleri ve sızıntı çalışmalarının sonuçları arasında karşılıklı bir ilişki bulunamamıştır (Alaçam,2012).

Endodontik kanal patlarının dentin yüzeyi haricinde, dentin tübüllerine penetre olmasını ve dentine adezyon göstermesini; patların temas açısı, film kalınlığı açık dentin tübüllerinin çapı ve sayısı, kullanılan obturasyon tekniği ve yıkama solüsyonları etkiler (Alaçam, 2012).

Kök kanal patlarının dentine iyi adezyon sağlamaları ve dentin tübüllerine penetre olabilmeleri için temas eden dentin yüzeyinin artırılması gerekmektedir. Bu özelliğin sağlanabilmesi patın akıcılığına ve akışkan maddenin ıslatma özelliğine bağlıdır. Islatabilme miktarını ise akışkan madde ile katı madde arasındaki temas açısının derecesi belirlemektedir.

Kök kanal dolgusunda adeziv materyallerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinden yararlanılarak daha etkili bir bağlanma elde etme düşüncesine karşın yapılan çalışmalarda bağlanma etkinliği açısından farklılıklar ortaya çıkmaktadır (Alaçam 2012).

1.5. Smear Tabakası

Smear tabakası dentinin herhangi bir kesme ve eğeleme işlemi sırasında oluşan şekilsiz, oldukça kalsifik yaklaşık 1µm kalınlığında bir birikinti tabakası olarak tarif edilebilir. Smear tabakası organik ve inorganik maddelerden oluşan bir yapı gösterir. Organik yapı kan hücreleri, nekrotik pulpa artıkları, canlı pulpa artıkları, mikroorganizmalar, proteinler ve odontoblastları içerirken inorganik yapı endodontik tedavi esnasında kök kanallarının şekillendirilmesi ile ortaya çıkan dentin parçacıklarından oluşur (Mader ve ark., 1984).

Smear tabakası derin ve yüzeysel olmak üzere iki katmandan oluşur. Derin katman 6-40 µm dentin tübüllerinin içine girer ve kuvvetli bir şekilde adaptasyon sağlar. Yüzeysel katman ise, 1-5 µm kalınlığında olup dentin yüzeyine zayıf bir şekilde bağlanır ve çok kolay bir şekilde uzaklaştırılır (Mader ve ark., 1984). Tarama elektron mikroskobu incelemelerinde smear tabakasının dağınık, belli bir şekle sahip olmayan, küçük partikül taneciklerine sahip, ağaç kabuğu görünümünde olduğu tespit edilmiştir (Brannstrom ve ark., 1980; Yamada ve ark., 1983; Pashley ve ark., 1988; Prati ve ark., 1994).

Gilboe ve ark. (1980), kök kanal şekillendirmede kullanılan eğenin şekli, eğeleme tekniği, kuvvetin yönü, irrigasyon ajanının miktarı, türü, dentinin kuru ya da ıslak kesilmesi gibi faktörlerin smear tabakasının kalınlığını etkilediğini bildirmişlerdir. Şekillendirilme yapılmayan kök kanallarında smear tabakasına rastlanılmamıştır (Goldman ve ark., 1982; Mader ve ark., 1984; Czontkowsky ve ark., 1990). Döner aletlerle yapılan şekillendirme işlemi esnasında oluşan smear tabakasının, el ile yapılan şekillendirme esnasında ortaya çıkan smear tabakasından daha yoğun olduğu belirtilmiştir (Czontkowsky ve ark., 1990).

Smear tabakasının irrigasyon solüsyonunun etkinliğini azaltarak bakterilerin üremelerine neden olduğu ve dentin tübüllerine kolay bir şekilde geçebilmelerine olanak sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar tarafından smear

tabakasının kaldırılması gerektiği savunulmuştur (McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Mader ve ark., 1984; Bystrom ve Sundqvist, 1985).

Bazı araştırmacılar ise, smear tabakasının dentin tübüllerine bakterilerin geçişini engellediğini ve metabolitlere karşı birer bariyer oluşturduğunu savunmuşlar ve böylece smear tabakasının kaldırılmasına karşı çıkmışlardır (Vojinovic ve ark, 1973; Michelich ve ark.,1980). Perez ve ark. (1993), yaptıkları bir çalışmada smear tabakasının uygulanan irrigasyon ajanlarının kök kanallarına temasını engellediğini ve irrigasyon ajanlarının etkinliğini önemli bir ölçüde azalttığını savunmuşlardır.

SEM üzerinde yapılan bir çalışmada dentin tübüllerindeki smear tabakasının varlığında kök kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine penetrasyonunun engellendiği gözlenmiştir (White ve ark., 1987). Cameron (1984) ile Mader ve ark. (1984) smear tabakasının kanal dolgu patlarının kanal duvarlarına adezyonunu engellediğini ve dolayısıyla sızıntıya neden olduğunu bu nedenle tamamen kaldırılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Okşan ve ark.'nın (1993) yaptığı bir çalışmada smear tabakasının uzaklaştırıldığı gruplarda kanal patlarının dentin tübüllerine 40-60µm kadar girebildiğini gözlenmiştir. Aktener ve Bilkay (1993) da kanal patlarının maksimum penetrasyon gösterebilmeleri için smear tabakasının kaldırılması gerektiğini söylemişlerdir.

Smear tabakasının uzaklaştırılması için organik asitler ve şelasyon ajanları gibi çok sayıda kimyasal madde kullanılmıştır (Ingle ve Backland, 2002).

Asitler dentinin inorganik yapısını eritmekte ve geride kalan organik kısım biyomekanik preperasyona daha az direnç göstermektedir. Sitrik asit etkili bir kök kanal irriganıdır ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında tek başına sodyum hipokloritten daha etkilidir. Şelasyon ajanları dentindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünebilen kalsiyum şelatları oluşturmaktadır. En çok tercih edilen şelasyon ajanları etilendiamintetraasetiksit (EDTA) , REDTA (sulu bir taşıyıcı içinde sodyum hidroksitle tamponlanmış EDTA) , Rc-Prep (EDTA ve üre peroksit)'tir (Pashley, 1984).

Kök kanallarından organik ve inorganik komponentleri uzaklaştırmak için kök kanal sisteminin iyi bir şekilde irrigasyon solüsyonlarıyla yıkanması gerekmektedir. Ancak bunun için tek bir solüsyon yeterli değildir. Bu sebeple organik ve inorganik kısımlara ayrı ayrı etki eden solüsyonlar kullanılması önerilmiştir.

Organik artıkların uzaklaştırılmasında sodyum hipoklorit kullanılmaktadır. Sodyum hipokloritin bu etkisi ısı ile doğru orantılı olarak artar. Ancak smear tabakasını uzaklaştırmada yetersizdir. Yapılan araştırmalarda kanallarda iyi bir temizleme sağladığı ancak smear tabakasını uzaklaştıramadığı gösterilmiştir (Çalışkan, 2006).

Birçok araştırmacı smear tabakasının uzaklaştırılmasında sodyum hipoklorit ve EDTA'nın farklı konsantrasyonlarda kullanılmasını önermişlerdir. En etkili oranın son yıkama işleminde %17'lik EDTA ve arkasından %5,25'lik sodyum hipoklorit olduğu, Yamada ve ark. (1983) tarafından belirtilmiştir.

Çalt ve Serper (2002) kök dentinine EDTA uygulamasının smear tabakasını kaldırmadaki etkinliğini inceledikleri bir çalışmada, NaOCl kullanımını takiben 1 dk boyunca EDTA uygulamasının smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını göstermişlerdir.

Teixeira ve ark.'nın (2005) yaptıkları bir çalışmada NaOCl ile birlikte farklı sürelerde EDTA kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliğini elektron mikroskobu altında incelemişlerdir. Prepare edilen tek köklü dişleri 4 guba ayırdıktan sonra her bir gruba 3mL NaOCl irrigasyonunu takiben 1,3,5 dk süre ile %15'lik EDTA uygulamışlardır. Sonuç olarak tüm örneklerin koronal ve orta üçlülerinde smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığı belirtilirken 1 dk süre ile EDTA uygulanan grupta apikal üçlüde smear tabakasının kısmi uzaklaştırıldığını göstermişlerdir. İstatistiksel olarak gruplar arasında fark bulunamamıştır.

Poudyal ve ark.'da (2014) yaptıkları bir çalışmada kök kanalındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında %17'lik EDTA solüsyonunun farklı uygulama sürelerindeki

etkinliğini incelemişlerdir. %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarından oluşan irrigasyon protokolünü 1,3,5,7 dakika uygulamışlardır. 3 ve 5 dk.'lık uygulama sürelerinde smear tabakasında kısmi uzaklaştırma sağlandığını, 7 dk uygulama süresinde ise dentin yapısında değişikliğe neden olmadan smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığını ifade etmişlerdir. 1 dk. lık uygulama süresinin ise sadece %2,5'lik NaOCl içeren kontrol grubundan anlamlı bir farklılık oluşturmadığını belirtmişlerdir.

1.6. Kanal İçi İlaç Kullanımı

Kök kanal tedavisi sırasında kök kanalında ve dentin tübüllerinin içerisinde kalan bakterileri temizlemek için randevular arasında kanal içi ilaçların kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Geçmiste kanal içi ilaç olarak çok sayıda farklı materyaller (peroksitler, fenol bileşikleri, dört değerli amonyum bileşikleri, iyodoform, gümüş nitrat, ozon, aldehitler, kalsiyum hidroksit, sulfanomidler, antibiyotikler, kortikosteroidler) kullanılmasına rağmen, günümüzde kanal içi ilaç olarak kalsiyum hidroksit güncelliğini korumaktadır (Alaçam, 2012).

1.6.1. Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum hidroksit tozu çeşitli taşıyıcılar ile karıştırılarak endodontide yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum hidroksitin pH'sı yaklaşık 12,5'dir. Bu alkali özelliğinin mikroorganizmaların membranı, protein yapısı ve DNA'sı üzerinde yıkıcı etkisi vardır. Kalsiyum hidroksit iyonlarına ayrıştığında hidroksil iyonları yıkıcı bir etkiye neden olmaktadır (Gomes ve ark., 2003; Lin ve ark., 2003). Kalsiyum hidroksitin etki mekanizması kalsiyum ve hidroksil iyonlarının salınımı ile oluşmaktadır. Fava ve Saunders'a (1999) göre ideal bir taşıyıcı dokularda ve düşük çözünürlükteki doku sıvılarında yavaşça diffüzyona uğramalı, kalsiyum ve hidroksil iyon salımını aşamalı ve yavaş bir şekilde olmasını sağlamalı, sert dokularda yan etkiye sebep olmamalıdır.

Kalsiyum hidroksitin yaygın bir kök kanalı medikamanı olarak tercih edilmesinin çeşitli sebepleri vardır. Bunlar;

- Enfekte kök kanallarında iyi bir antibakteriyel etkiye sahip olması
- Nekrotik doku artıklarını eritebilmesi
- Bakterisid etkisi ve bakteriyel endotoksinleri nötralize etme kapasitesi
- Dentin dokusunun doğal tamponlama kapasitesini tolere edebilmesi.
- OH^- iyonları salınımı ile ortam pH'ını alkalene çevirerek etkisini göstermesi olarak sıralanabilir.

Genel olarak akışkan, visköz veya yağlı tip olmak üzere üç tip taşıyıcı vardır. Aköz tip taşıyıcılar; su, serum fizyolojik, vazokonstriktörlü veya vazokonstriktörsüz dental anestezikler, Ringer solüsyonu, metil selüloz ve aniyonik deterjan solüsyonu gibi suda çözünür materyallerden oluşur. Yüksek derecede çözünürlük sağlayarak patın hızlı bir şekilde çözünmesine neden olur. Visköz tip taşıyıcılar ise gliserin, polietilenglikol, propilen glikol gibi Ca^{++} ve OH^- iyonlarının daha yavaş ve geniş periyotlarda salınımını sağlayan ve yine suda çözünen maddelerden oluşur. Yüksek moleküler ağırlıklarından dolayı aköz taşıyıcılara göre daha düşük çözünürlüğe sahiptirler. Yağlı taşıyıcılar suda çözünmeyen materyaller olup dokularda en düşük çözünürlük ve difüzyon sağlarlar. Zeytinyağı, silikon yağı, kafur (camphorated parachloro-phenol), aleik, linoleik ve isistearik asit bu tip taşıyıcılara örnektir (Çalışkan, 2006). Sjögren ve ark. (1991) yaptıkları bir çalışmada kalsiyum hidroksitin kök kanalında en az 7 gün kalması gerektiğini, kalsiyum hidroksitin 7. günden sonra etkin antibakteriyel özellik gösterdiğini bildirmişlerdir.

1.7 Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanalından Uzaklaştırılması

Kalsiyum hidroksitin kök kanalından tam olarak uzaklaştırılamadığı, artık kalıntıları kaldığı durumlarda, kök kanal dolgusu yapıldıktan sonra apikal sızıntıyı etkileyebilecek boşluklara sebep olabileceği düşünülmektedir. Literatürde apikal sızıntıyı kök kanalında arta kalan kalsiyum hidroksit patı ile ilişkilendiren birçok

çalışma vardır (Porkaew ve ark., 1990; Holland ve ark., 1995). Margelos ve ark. (1997), kalsiyum hidroksitin çinko oksit öjenol içerikli kanal dolgu patlarındaki öjenol ile etkileşime girerek patın sertleşme reaksiyonunu engellediğini, gözenekli ve kırılğan bir yapıya dönüşmesine neden olduğunu bildirmiştir. Çalt ve Serper (1999), kök kanalından uzaklaştırılamayan kalsiyum hidroksitin, kanal dolgu patının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellediğini belirtmişlerdir. Kalsiyum hidroksit, kanal enstrumantasyonu sırasında smear tabakası ve pulpal debris ile karışabilir. Kanal kurvatürü, kullanılan solüsyonun çeşidi ve penetrasyon derinliği de kalsiyum hidroksitin uzaklaştırma metodunu olumsuz etkiler.

1.7.1. Kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler

Kalsiyum hidroksitin kök kanal duvarlarından uzaklaştırılması ile ilgili değişik yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler şöyle sıralanabilir;

1- Tek başına irrigasyon

Kök kanal dolgusu öncesinde kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması rutinde irrigasyon solüsyonları ya da bunların kök kanal enstrümanları ile kombine kullanılması ile gerçekleştirilir (Nandini ve ark., 2006). Salgado ve ark. (2009) kalsiyum hidroksitin farklı solüsyonlarla uzaklaştırılmasını inceledikleri bir çalışmada, tek başına %0,5 NaOCl ile irrigasyonu başarısız, master apikal eğe ve %0,5 NaOCl ile irrigasyon kombinasyonunu daha başarılı bulmuşlardır. Ayrıca aynı çalışmada tek başına %0,5 EDTA-T'nin (EDTA + %0,2 lauril sodyum sülfat) tek başına NaOCl ve sitrik asitten daha etkili olduğunu gözlemişlerdir.

Margelos ve ark. (1997), EDTA ve NaOCl'nin beraber kullanılmasının, bu solüsyonların tek başına kullanılmasına kıyasla daha fazla kalsiyum hidroksit uzaklaştırdığını göstermişlerdir.

Sevimay ve ark. (2004) da yaptıkları bir çalışmada kök kanalına yerleştirilen kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasında % 5'lik NaOCl ve % 17'lik EDTA'nın birlikte kullanılmasının sadece % 5'lik NaOCl'den daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

2- Enstrümantasyon ve irrigasyonun birlikte kullanılması

Bu teknik kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için master apikal eğe ile irrigasyon solüsyonlarının beraber kullanılması ile gerçekleştirilir (Salgado ve ark., 2009; Lambrianidis ve ark., 1999). Rödig ve ark. (2010) kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması için apikal preparasyonda kullanılan son eğe ile yapılan rekaptülasyonla birlikte EDTA kullanımını önermektedir. Bir başka yöntem de apikal foramenin açıklığını kontrol etmekte kullanılan ince bir eğenin irrigasyon solüsyonu ile beraber kanal içinde kullanılmasıdır (Lambrianidis ve ark., 2006). Kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılmasında enstrümantasyon ile irrigasyonun birlikte kullanılması tek başına irrigasyona göre daha başarılı sonuçlar vermektedir.

3- Sonik aktivasyon ve Pasif Ultrasonik İrrigasyon

Sonik ve ultrasonik aktivasyon fikri, kaynağını kanal içindeki düzensizliklere konvansiyonel irrigasyon yöntemleri ile tam olarak ulaşamayacağı ve bu bölgelerde kalsiyum hidroksit artıklarının kalacağı düşüncesinden almaktadır (Wiseman ve ark., 2011). İrrigasyon safhasını geliştirmek amacıyla üretilmiş sonik aktivasyonlu cihazlara örnek olarak EndoActivator gösterilebilir. EndoActivator'un dizaynı kanal içi irriganların güvenli aktivasyonuna olanak tanır ve böylece güçlü bir kanal içi sıvı ajitasyonu sağlayabilir (Gu ve ark., 2009). EndoActivator'un, geleneksel tek başına şırıngayla irrigasyondan daha etkili debris uzaklaştırdığı gösterilmiştir (De Gregorio ve ark., 2009).

Kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılması ile ilgili pek çok çalışma mevcut olmasına rağmen kalsiyum hidroksiti kök kanallarından henüz tam olarak uzaklaştırabilen bir yöntem bulunmamaktadır. Literatür incelemeleri sonucunda en sık kullanılan yöntemin sodyum hipoklorit ve EDTA solüsyonlarının kanal boyunca master apikal eğe ile instrumantasyonu olduğu gözlenmiştir (Lambrianidis ve ark., 2006).

1.8. Kök Kırıkları

Dişlerin kırılma riski, dişin anatomisine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Kırılma direnci en az olan dişler alt ve üst kesici dişler iken, üst kanin dişlerin kırılmaya en dirençli dişler olduğu bilinir. Kök kırıklarının etiyolojisi endodontik tedavi gören ve görmemiş dişlerde farklıdır. Endodontik tedavili dişlerde kök kırıkları daha yaygın olarak görülür. Yapılan araştırmalarda kök kırıklarının % 71'nin endodontik tedavi sonrasında olduğu tespit edilmiştir (Gher ve ark., 1987; Lang ve ark., 2006). Bazı araştırmacılar kök kanal tedavisi uygulanan dişlerin daha kırılğan hale gelmesinin nedenini dentinin dehidrate olmasından kaynaklandığını söylerken bazıları da kök kırıklarının nedeninin diş yapısındaki kayıp, kanalın doldurulması sırasında uygulanan aşırı kuvvetler ve kök kanallarının aşırı genişletilmesi olduğunu bildirmişlerdir (Helfer ve ark., 1972; Oliveira ve ark., 1987; Reeh ve ark., 1989; Sornkul ve Stannard, 1992).

Kök kırıklarının yatay ve dikey kök kırıkları olmak üzere iki başlık altında incelenmesi mümkündür.

1.8.1. Yatay Kök Kırıkları

Yatay kök kırıkları tüm travmatik yaralanmaların %0.5'i ile %7.1'ini oluşturur. Genellikle üst ön bölge dişlerinde gözlenir. Yatay bir kök kırığının tedavisi klinik olarak bulunduğu yere ve kökün ne kadarını etkilediğine bağlı olarak değişir. Alveol

kemiğinin altında kalan kök kırıklarının yer değiştirmiş fragmanının çıkartılarak dişin immobilize edilmesi ve oklüzondan çıkartılmasıyla konservatif bir şekilde tedavisi mümkündür (Certosimo ve ark., 1999).

Kök kırıklarının prognozu kırık çizgisinin uzandığı noktaya, pulpanın durumuna, oklüzona, fragmanların birbirinden ayrılıp ayrılmamasına ve hastanın genel sağlık durumuna göre değişir. Tedavinin en önemli amacı dişin canlılığını korumaktır. Kökte kırık teşhisi konulduğunda, acil tedavi, kırılan parçaların birbirine mümkün olduğunca yakın olacak şekilde pozisyonlandırılmalarını ve yanındaki dişlere 2- 4 ay süresince splintlenmelerini gerektirir (Özbek ve ark., 2003). Buna karşılık hiç tedavi edilmeden, kendiliğinden iyileşen yatay kök kırığı vakaları da mevcuttur (Öztan ve Sonat, 2001; Artvinli ve Dural, 2003).

1.8.2. Dikey Kök Kırıkları

Dikey kök kırığı longitudinal düzlemde oluşan ve genellikle kökün iç duvarında başlayarak kök yüzeyine doğru ulaşan kırıklardır. Kron veya kök apeksinde başlayabilir, ayrıca bazı olgularda bu iki nokta arasında kök boyunca meydana gelebilir (Pitts ve Natkin, 1983) Dikey kök kırıkları sıklıkla dişin çekimiyle sonuçlanan en ciddi kök kanal tedavisi komplikasyonlarından biridir (Zandbiglari ve ark., 2006). Bu tür kırıklar tedavi öncesi, sırası veya kanal sisteminin doldurulmasından sonra oluşabilir (Pitts ve ark., 1983). Dikey kök kırığı prevelansı farklı toplumlarda %2 ile %11 arasında değişmektedir (Meister ve ark., 1980).

Dikey kök kırığı olan dişlerin tedavisi zordur ve kırığın uzandığı bölgeye, kırık yerine, süresi ve dişin tipine bağlıdır. Dikey kök kırıklarının çoğunluğu dişeti cebini de içine alır ve hemen hemen tüm dişlerde bakteri girişi sebebiyle periodonsiyumdan kırığın apikalde uzandığı noktaya kadar yıkıma sebep olur. Genel olarak tek köklü dişlerde prognoz kötüdür ve çekim çoğu zaman tek tedavi yöntemidir, ancak çok köklü dişlerde kırık kök rezeke edilerek, kök amputasyonu veya hemiseksiyon yapılarak sağlam olan kökler kurtarılabilir (Moule ve Kahler, 1999).

Bukkal ve lingual olarak geniş ancak mezial ve distal olarak ince olan dişler kırılmaya daha meyillidir. Özellikle alt kesici ve küçük azılar, üst ikinci küçük azılar, üst büyük azıların mesial kökleri, ve alt büyük azıların mesial ve distal kökleri kırılmaya yatkındır. Üst kesici dişler, üst büyük azıların palatinal kökleri ve üst kanin dişler daha yuvarlakdır ve dikey kök kırıklarına daha dirençlidirler (Lommel ve ark., 1978).

Endodontik tedavi sırasında kırık meydana gelmesi veya daha önceden diş kökünde bir kırığın bulunması kök kanal tedavisinin başarısını olumsuz yönde etkileyeceğinden, tedavi sırasında kökteki kırığın yerinin tespit edilmesi önemlidir. Buna karşın gözle görülemeyen bir kırığın endodontik tedavi sırasında tespiti ve tedavisi zordur (Kadi ve ark., 2006).

1.8.2.1. Dikey Kök Kırıklarının Nedenleri

Endodontik tedavi görmüş dişlerde dikey kök kırığı etiyolojisi hazırlayıcı ve iyatrojenik olarak ikiye ayrılır (Tamse, 1988).

Hazırlayıcı faktörlere çürük, travma gibi diş dokusu kaybının olduğu durumlar (Reeh ve ark., 1989; Gutmann, 1992), kök şekli ve anatomisi (Testori ve ark., 1993; Tamse ve ark., 1999a), pulpanın çıkarılması sonrası dişteki dehidratasyon (Helfer ve ark., 1972; Sedgley ve Messer, 1992; Jameson ve ark., 1993), daha önceden dentinde bulunan çatlaklar (Onnink ve ark., 1994), dişin kemik desteğini kaybetmesi (Reinhardt ve ark., 1983) örnek verilebilir.

İyatrojenik faktörler ise kök kanalı tedavisi işlemleri ve kök içine post uygulanması gibi iki ana etken olarak karşımıza çıkmaktadır. İyatrojenik faktörler; geniş giriş kavitelerinin hazırlanması, kök kanalının aşırı şekillendirilmesi, uzun süre kalsiyum hidroksit uygulanması ve irrigasyon solüsyonlarının etkisi (Sim ve ark., 2001; Andreasen ve ark., 2002), kök kanalı dolgu maddesinin basınçla sıkıştırılması (Pitts ve ark., 1983; Gimlin ve ark., 1986; Telli ve ark., 1999), kök içi post uygulaması

olarak sıralanabilir (Obermayr ve ark., 1991; Sirimai ve ark., 1999). Kök kanal boşluğunun hem lateral hem de vertikal kompaksiyon teknikleriyle doldurulması sırasında kırılması riski, fazla kuvvet uygulanması durumuna göre de yükselir.

Endodontik tedavi görmüş bir dişin kırılmaya karşı direnci kalan sağlam diş dokusuyla direkt olarak ilgilidir (Reeh ve ark., 1989; Gutmann, 1992; Sirimai ve ark., 1999; Hürmüzlü ve ark., 2003). Reeh ve ark. (1989), kök kanalının şekillendirilmesi ve doldurulmasının dişin kırılma direncini azaltmadığını savunmaktadır. Bununla beraber, Trope ve Ray (1992) ise, kök kanallarının şekillendirilmesinin diş köklerinde kırılmaya karşı direnci istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalttığını bildirmişlerdir.

1.8.2.2. Dikey Kök Kırıklarının Bulguları

Dikey kök kırıkları genellikle endodontik ve protetik tedavinin tamamlanmasından yıllar sonra teşhis edilmektedirler. Kesin tanıya yönelik özel semptom ve/veya radyografik bulguların bulunmaması ve çok sayıda etiyolojik faktöre bağlı olabileceği için kesin tanıları zor olabilmektedir (Tamse ve ark., 1999a; Tamse ve ark., 1999b; Fuss ve ark., 2001).

Literatürde dikey kök kırıklarının en sık gözlenen bulgu ve semptomlarının etkilenen diş ve köklerin özellikle bukkal yüzeylerinde gözlenen derin kemik defektleri ve yüksek seviyede konumlanan fistül yolu olduğu bildirilmiştir (Meister ve ark., 1980; Testori ve ark., 1993 Tamse ve ark., 1999a) Özellikle maksiller ve mandibuler premolar ile mandibuler molarların mezial köklerinin bukkal yüzeylerinde derin kemik defektlerine rastlanılmıştır. Dişeti kenarının koronalinde konumlanan fistül yolu dikey kök fraktürünün tipik bir bulgusudur. Dikey kök kırığı bulunan dişlerde Tamse ve ark. (1999a) %35, Testori ve ark. (1993) %42 oranında bu tür fistül ağızları ile karşılaşıldığını bildirmişlerdir.

Dikey kök kırıklarında kırık parçalar ayrılmadıkça, kırıklar genellikle radyografıta görülmemektedir (Meister ve ark., 1981). Bununla birlikte pek çok radyografik belirti dikey kök kırığı olasılığını düşündürebilir (Pitts ve Natkin, 1983; Tamse, 1988).

- Kök parçalarının belirgin bir şekilde birbirinden ayrılmış olması,
- Kök kanalı dolgusu boyunca ve ona paralel doğrusal bir gölge şeklinde görülen radyolusent kırık hatlarının varlığı,
- Kök kanalı dolgu maddesinin kırık hattına dolarak radyoopak kırık çizgilerinin meydana gelmesi,
- Kökün apikal kısmını da içine alan dikey kök kırığı özellikle iki karşıt kök yüzeyi arasında bulunuyorsa, apikal kök yüzeyi boyunca “hale şeklinde”, “göz damlası şeklinde”, veya “balon şeklinde” olarak nitelenen kemik kaybı görülmesi,
- Dikey kök kırığına bağlı olarak radyolusent lezyonların alveol krete uzanması sayesinde, periodontal hastalıklarla karıştırılması (Pitts ve ark., 1983),
- Periodontal sond ile dişin kök ucuna inilerek kırığın derinliğinde bir kemik defekti ile karşılaşılması (Meister ve ark., 1980), dikey kök kırığının tespitinde önemlidir.

Kök kırığının lokalizasyonunu ve yönünü belirleyen faktörler kök kanalının şekli, eksternal kök morfolojisi ve dentin kalınlığıdır. Bu üç faktör arasında en önemlisi kök kanalının şeklidir (Lertchirakarn ve ark., 2003a). Kanal çapının küçük olması stres artışına sebep olarak dişin kırılma direncini etkilemektedir (Callister, 1997).

1.9. Dişin Kırılma Direnci Üzerine Kanal Tedavisi İşlemlerinin Etkileri

1.9.1. Endodontik Giriş Kavitesinin Hazırlanması

Endodontik giriş kavitesi, pulpa tavanında bulunan koronal dentinin sağladığı yapısal bütünlüğün bozulmasına ve dişin gelen kuvvetler karşısında daha fazla esnemesine

neden olmaktadır. Kaldırılan dentin miktarı fazla olduğunda dişin kırılmaya karşı olan direnci de azalmaktadır. Dentin miktarı kaybının fazla olması, tüberküller, pulpa odasının tavanı, marjinal sırtlar gibi anatomik yapıların kaybı gibi nedenlerden dolayı diş dokusunda kırılmalar görülmektedir (Potashnick ve ark., 1989). Reeh ve ark. (1989), endodontik kavite açılan dişlerin dayanıklılığında %5 oranında bir azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu oranın, dişte MOD kavite açılmasıyla meydana getirilen %63 oranındaki önemli direnç azalmasına kıyasla oldukça küçük olmasına karşılık istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir.

1.9.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Günümüzün gelişen teknolojisi sayesinde kanal preparasyon yöntemleri de hızlı bir şekilde gelişmeler göstermiştir. Nikel-titanyum (Ni-Ti) döner aletler ve el aletleriyle şekillendirme arasında kök kanalında kanal şekli, boyut ve konisite farkı ortaya çıkmaktadır. El aletleri ile şekillendirme sırasında, kök kanalı içerisinde düzensizlikler meydana gelmektedir (Portenier ve ark., 1998; Tan ve Messer, 2002). Yapısal defektlerin, kırıkların veya kök kanalı düzensizliklerinin bulunması, kök kırılma direnci üzerinde önemli etkisi söz konusudur (Gdoutos, 1993). Bunun sebebi olarak; uygulanan stresin bu defektlerin üzerinde katlanarak artması ve etkilemesi gösterilmektedir (Callister, 1997). NiTi döner aletler kullanıldığında, kök kanalı şekli genellikle daha yuvarlak ve düz bir hal alarak (Glossen ve ark., 1995; Thompson ve Dummer, 1997; Bryant ve ark., 1998) kök kanalı düzensizlikleri ortadan kaldırılmaktadır. NiTi döner aletler ile hazırlanan düz eğime sahip kanallarda kırılmaya olan yatkınlık da azalmaktadır.

Versluis ve ark. (2006) rotary sistemlerin daha yuvarlak şekillerle neticelenen kök kanal preprasyonları oluşturduğunu ve bu durumun kanal dolgusu esnasında kanal içerisindeki kuvvet dağılımına pozitif etkisi olduğunu vurgulamışlardır.

1.9.3. İrrigasyon

İrrigasyon ve kimyasal debriment smear tabakasını kaldırmada en etkili yöntem olarak kabul edilir. Kök kanal tedavisinde smear tabakasının kaldırılması genellikle tavsiye edilmektedir. Smear tabakasının etkili bir şekilde kaldırılması geniş çaplı olarak araştırılmış ve bu amaçla çeşitli irriganlar önerilmiştir.

Uygulanan irrigasyon solüsyonlarının konsantrasyon ve uygulama süreleri dentinin kimyasal içeriğini etkilemektedir. Bu değişiklikler dentinin organik yapısını değiştirerek mikrosertliğini, geçirgenliğini ayrıca dişin kırılma direncini de etkileyebilmektedir (McComb ve Smith, 1975).

Saghiri ve ark. (2009), yaptıkları bir çalışmada 5 dakikalık %17'lik EDTA uygulamasının 1 dakikalık EDTA uygulamasına oranla dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca önceki çalışmaların sonuçlarına dayanarak %2.5'lik NaOCl'i takiben %17'lik EDTA uygulanmasının dentin mikrosertliğini azalttığını göstermişlerdir. Bunun nedeninin EDTA'nın dentinin mineral içeriğini çözmesinin sonucu olduğu ileri sürülmüştür. Mikrosertliğin azalması kırılma direncinin azalmasında hazırlayıcı bir faktör olarak düşünülebilir.

Sim ve ark. (2001), %5.25'lik NaOCl ile irrigasyonun kırılma dayanımını anlamlı derecede azalttığını ve kök dentininin gerilme özelliklerini değiştirerek Young Modülü'nde azalma meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, dişler daha kırılğan bir hale geldiğini ve kırılmaya karşı daha dayanıksız olduğunu göstermişlerdir.

1.9.4. Kalsiyum Hidroksit Kullanımı

Kalsiyum hidroksitin yüksek pH ve antimikrobiyal özelliği dentinin geçirgenliği ile birleşince kalsiyum hidroksitin kanal içi medikaman olarak, kök rezorpsiyonunu engellemek ve devital immatür dişlerde apikal bariyer oluşumunu uyarmak için

kullanılmasının nedeni açıklanabilir. Ancak bunların olması için bazen aylarca kullanılması gerekir. Bu yüzden kalsiyum hidroksitle tedavi edilen immatür dişler kök kırığı gelişimi açısından yüksek oranda başarısızlık gösterir (Tronstad ve ark., 1980; Cvek, 1992; Nerwich ve ark., 1993; Tamburic ve ark., 1993; Sheehy ve Roberts., 1997; Doyon ve ark., 2005). Andersen ve ark. (1992), kalsiyum hidroksitin pulpa dokusunu 2 saat içinde kalan dokuyu ise 1 haftada çözdüğünü göstermişlerdir. Ayrıca kalsiyum hidroksitin kollajen doku üzerinde de etkilerinin olduğu ifade edilmiştir. Rosenberg ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, kalsiyum hidroksit yerleştirilen 40 insan dişini 7, 28 ve 84 gün boyunca takip etmişler ve kalsiyum hidroksitin dişin kırılma direnci üzerine etkilerinin temas süresiyle arttığını tespit etmişlerdir. Dentin dayanıklılığını hidroksit apatit kristalleri ve kollajen fibriller arasındaki bağlantı belirler. Yüksek alkalinitesinden dolayı kalsiyum hidroksit fosfat ve karboksilat gruplarını denatüre edeceğinden dentin yapısında zayıflama görülmekte (Andreasen ve ark., 2002) ve böylece dentinin kırılma direnci azalmaktadır. Bu nedenle kök kanalını doldurmadan önce, kök kanalı duvarları ile kök kanalı dolgu patı arasında en iyi ara yüzü elde etmek için, kök kanalı içindeki kalsiyum hidroksit iyice temizlenmelidir.

1.9.5. Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanalının doldurulması esnasında kök kanal duvarına ve kök dentinine spreaderlar yardımıyla basınç uygulanarak dikey kök kırıklarına neden olunabilir (Tamse, 1988). Uygulanan güç, materyalin dayanımını aşan bir stres meydana getirdiğinde, ortaya çıkan stresler yapısal başarısızlıklara veya kırıklara yol açmaktadır (Callister, 2003).

Bazı araştırmacılar kök kanalı doldurma işleminde lateral kompaksiyon sırasında oluşacak stresin dikey kök kırıklarına neden olduğunu savunmuşlardır (Meister ve ark., 1980; Harvey ve ark., 1981; Tamse, 1988; Ricks-Williamson ve ark. 1995; Bodrumlu ve Tunga, 2007). Bununla beraber, aşırı kuvvet uygulanmadığı takdirde veya diş kökü normalden daha zayıf değilse lateral kompaksiyonun dikey kök kırığı

sebebi olmayacağını savunan araştırmacılar da bulunmaktadır (Ricks-Williamson ve ark., 1995; Wilcox ve ark., 1997). Benzer şekilde Lindauer ve ark. (1989), Dang ve Walton (1989) da farklı çalışmalarla lateral kompaksiyonun dikey kök kırığına sebep olma olasılığının çok düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Lertchirakarn ve ark.'na (1999) göre, lateral kompaksiyon tekniği direkt olarak dikey kök kırığına neden olmasa da dişlerde kısmi kök kırıklarına sebep olabileceğini belirtmiştir. Bu olay, dentinin gelen kuvvet karşısında tam dikey kök kırığı oluşmasına izin vermeyecek şekilde elastik olması ile yorumlanabilir. Kısmi kırıklar yüksek stres konsantrasyon alanları oluşturarak kanal duvarı kalınlığınca hareket eder ve kökün dış yüzeyine ulaştığında dikey kök kırığı oluşmasına neden olur.

Yapılan çalışmalarda lateral kompaksiyon sırasında uygulanan dikey basınç kuvvetinin 1-3 kg arasında olduğu (Harvey ve ark., 1981; Holcomb ve ark., 1987; Saw ve Messer, 1995), alt kesici dişler için 1.5 kg'lık bir yükün (Holcomb ve ark., 1987), üst kesici dişler için de 7.2 kg'lık (Pitts ve ark., 1983) bir yükün dişlerin kırılması için yeterli olacağı belirtilmiştir. Bununla birlikte lateral kompaksiyon sırasında dikey kök kırığına sebep olabilecek spreader kuvvetinin 6-17 kg olduğunu, bunun diş tipi, kök kanalının konisitesi, spreader dizaynı, kök kurvatürü ve şekillendirme sonrası kalan dentin kalınlığı gibi parametrelere göre değiştiğini bildiren araştırmalar da bulunmaktadır (Dang ve Walton, 1989; Murgel ve Walton, 1990).

Endodontik tedavi görmüş dişlerde patların dişin kırılma direnci üzerine etkileri pek çok çalışmaya konu olmuştur.

Chadra ve ark.'nın (2010) yaptıkları bir çalışmada AH Plus/güta-perka ve Resilon/Epiphany ile doldurulan grupların kırılma direncini karşılaştırdıkları bir çalışmada AH Plus ve güta perkayla doldurulan grubun Resilon/Epiphany ile doldurulan gruba göre anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

Monteiro ve ark. (2011) Resilon ve güta-perkanın kırılma direnci üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada Resilon ile doldurulan grupların güta-perka ile doldurulan gruplara göre daha yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kumar ve ark. (2014) patların kırılma direncine etkilerini inceledikleri bir çalışmada termoplastize güta-perka /AH Plus ile doldurulan grup ile Resilon/Realseal ile doldurulan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Hiçbir işlem yapılmayan pozitif kontrol grubunda en yüksek kırılma direnci elde edilmiştir.

Sağsen ve ark. (2007)'nin üç farklı teknikle kök kanalları doldurulan dişlerin kırılmaya karşı olan dirençlerini araştırdıkları bir çalışmada, kök kanalları şekillendirilen ama doldurulmayan kontrol grubu ile kök kanalları güta-perka/AH 26 ile doldurulmuş dişlerin kırılma dirençleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

Çobankara ve ark.'nın (2002) iki farklı kök kanalı dolgu patının kırılma direncine etkisini araştırdıkları çalışmalarında kök kanallarının şekillendirilmesinin kırılma direncini istatistiksel olarak anlamlı derecede azalttığını bildirmişlerdir. Ayrıca Ketac-Endo ve AH 26 kök kanalı dolgu patlarının kırılma direncine etkisinin farklı olmadığını, bu iki kök kanalı dolgu patı ve lateral kondensasyon tekniğiyle kök kanalı dolgusu yapılmış dişlerin negatif kontrol grubundaki dişlerden anlamlı derecede kuvvetli olduğunu belirtmişlerdir.

Literatür incelendiğinde genelde rezin ve cam iyonomer içerikli patların vertikal kök direnci üzerine etkileri ile ilgili çalışmalara rastlanırken biyoseramik içerikli patlar ile ilgili yeterli çalışmalara rastlanmamıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Dişlerin Hazırlanması

Farklı içerikli kanal patlarının vertikal kök kırığı direnci üzerine etkisini incelediğimiz çalışmamızda ortodontik, protetik veya periyodontal nedenler ile çekilen, 180 adet apeksi kapanmış, tek köklü, tek kanallı, çürüksüz mandibular küçük azı insan dişleri kullanıldı. Dişlerin üzerindeki eklentiler ve yumuşak doku artıkları periyodontal küret yardımıyla temizlendi. Dişler ışık mikroskobu altında incelenerek kök yüzeyinde kırık ve çatlak olmamasına dikkat edildi. Kök kanal morfolojisinin belirlenmesi için radyograflar alınarak kanal sayısı, kalsifikasyon ve internal rezorpsiyon yönünden incelendi. Çalışmada kullanılıncaya kadar +4 °C’de, distile su içerisinde saklandı.

Dişlerin kronları mine sement sınırından su soğutması altında elmas diskler kullanılarak kök uzunlukları 13 mm olacak şekilde uzaklaştırıldı. Standardizasyonu sağlamak amacıyla dişlerin mine-sement sınırında kök çapları mikrometre cihazı ile ölçülerek birbirine yakın çapa sahip dişler kullanıldı. Dişler rastgele her biri 30 diş içeren beş deney grubuna ve her biri 15 diş içeren iki kontrol grubuna ayrıldı.

2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Dişlerin kanal preparasyon işlemlerine başlamadan önce elmas rond frez ile giriş kavimleri açıldı. Negatif kontrol grubunu oluşturmak üzere 15 dişe kanal preparasyon işlemleri uygulanmadan ayrıldı. Geri kalan dişlerde, 10 numaralı K tipi (Dentsply, Ballaigues, Switzerland) eğe kullanılarak eğenin apikalden görüldüğü uzunluktan 1mm kısa olacak şekilde çalışma boyu tespit edildi.

Çalışma boyu tespit edilen dişlerin kök kanalları, endodontik mikromotor (X-Smart, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak Pro-Taper (Dentsply,

Maillefer, Ballaigues, Switzerland) Ni-Ti döner eğe sistemi ile genişletildi. Preparasyon Pro-Taper sisteminin kullanım prensiplerine göre yapıldı.

Kanal ağızları Sx yardımıyla genişletildikten sonra çalışma boyunda sırasıyla F1, F2 ve F3 numaralı eğeler ileri geri hareketlerle uygulandı.

Kök kanalları her eğeleme işleminden sonra 27 gauge'luk enjektör yardımı ile 2 mL %2,5'lik NaOCl (Sultan Chemists Inc., Englewood, U.S.A.) kullanılarak irrigate edildi. Kök kanalları preparasyon tamamlandıktan sonra smear tabakasını uzaklaştırmak için 2 mL %2,5 NaOCl ve 2 mL %17 lik EDTA (Aklar Kimya, Ankara, Türkiye) solüsyonu ile 1dk boyunca yıkandı. Daha sonra 10 mL salin solüsyonu ile son irrigasyon yapılarak kök kanalları steril kağıt konlar yardımıyla kurulandı.

Pozitif kontrol grubunu oluşturmak için preparasyonu tamamlanmış 15 diş kanal dolgusu işlemlerine geçmeden önce ayrıldı.

Geri kalan 150 diş her bir grupta 30 örnek olacak şekilde 5 deney grubuna ayrıldı. Herbir deney grubundaki örnekler 2 alt gruba ayrılarak (n=15) bir gruptaki dişlerin kanallarına kalsiyum hidroksit patı yerleştirildi. Bunun için kalsiyum hidroksit ve likiti (Kalsin, İzmir) bire bir oranında karıştırılarak mikromotora takılı lentulo (Golden Star Medical Co., Ltd, China) yardımıyla kanallara gönderildi. Kanal ağızlarına küçük bir pamuk pelet yerleştirildikten sonra kanal ağızları geçici dolgu maddesi ile kapatıldı (B.M.C. Italy). Kalsiyum hidroksit patı uygulanan ve uygulanmayan tüm örnekler 1 hafta boyunca %100 nemli ortamda 37° C de bekletildi. Bir hafta sonra kanallardaki kalsiyum hidroksit patı %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solusyonları ile beraber F3 kanal eğesi kullanılarak kök kanalından uzaklaştırıldı. Böylece deney gruplarını oluşturmak için hazırlanan dişlerin kanallarının doldurulması aşamasına geçildi ve gruplar Çizelge 2.1.'de görüldüğü şekilde oluşturuldu.

Çizelge 2.1. Deney grupları ve uygulanan işlemler

Gruplar	Diş sayısı(n)	Yapılan işlemler
Negatif Kontrol	15	Preparasyon ve kanal dolgu işlemi yapılmadı
Pozitif Kontrol	15	Preparasyon yapıldı, kanal dolgu işlemi yapılmadı
Grup-1	15	AH Plus + F3 GP kon
Grup-1 + Ca(OH) ₂	15	Ca(OH) ₂ /AH Plus + F3 GP kon
Grup-2	15	Endosequence BC + F3 GP kon
Grup-2 + Ca(OH) ₂	15	Ca(OH) ₂ /Endosequence BC + F3 GP kon
Grup-3	15	ActiV GP + ActiV GP kon
Grup-3 + Ca(OH) ₂	15	Ca(OH) ₂ /ActiV GP + ActiV GP kon
Grup-4	15	MTA Fillapex+F3 GP kon
Grup-4 + Ca(OH) ₂	15	Ca(OH) ₂ /MTA Fillapex+F3 GP kon
Grup-5	15	Sealapex + F3 GP kon
Grup-5 + Ca(OH) ₂	15	Ca(OH) ₂ /Sealapex + F3 GP kon

GP: Gütta-Perka

2.3. Kök Kanallarının Doldurulması

2.3.1. Grup 1: AH Plus kök kanal patı + F3 gütta perka kon

Kalsiyum hidroksit uygulanan ve kalsiyum hidroksit uygulanmayan toplam 30 diş F3 Pro-Taper gütta-perka kon (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)ve AH Plus kök kanal patı (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Şekil 2.1.) kullanılarak tek kon tekniği ile dolduruldu.

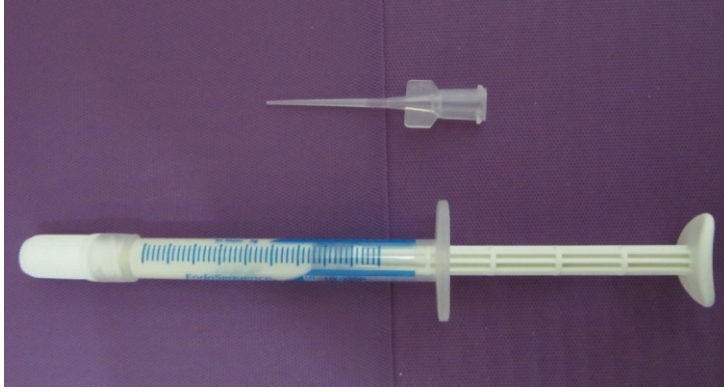
**Şekil 2.1.** AH Plus Kök kanal patı

Kök kanalları kağıt konlar yardımı ile kurutulduktan sonra F3 güta-perka kon kanal içerisine yerleştirilerek çalışma uzunluğunda kanal uyumu kontrol edildi. AH Plus kök kanal dolgu patı üretici firmanın önerisi doğrultusunda steril bir cam üzerinde birebir oranında karıştırıldı. Çalışma uzunluğuna uygun lentülo seçilerek kök kanal patı lentülo yardımı ile kanal içerisine gönderildi. Kanalda uyumu kontrol edilen F3 güta-perka konun uç kısmı AH Plus patı ile kaplanarak kanal içerisine yerleştirildi. Giriş kavitesindeki fazla kon ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı ve bir plugger yardımıyla vertikal yönde sıkıştırıldı.

2.3.2. Grup 2: Endosequence BC Sealer+F3 güta- perka kon

Kalsiyum hidroksit uygulanan ve kalsiyum hidroksit uygulanmayan 30 diş Endosequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA, U.S.A.) (Şekil 2.2.) kök kanal patı ve F3 Pro-Taper güta-perka kon kullanılarak tek kon tekniği ile dolduruldu.

Öncelikle şekillendirilmiş ve kurulanmış kök kanalında F3 güta-perka kon kanal içerisine yerleştirilerek çalışma uzunluğu ile uyumu kontrol edildi. Endosequence BC sealer kök kanal patı kullanıma hazır enjektör içerisinde bulunmaktadır. Üretici firmanın talimatı doğrultusunda herhangi bir karıştırma işlemi yapılmadan enjektöre takılan uç yardımıyla direkt olarak kanalların içerisine uygulandı. Kanal içerisinde uyumu kontrol edilen F3 numaralı güta-perka kon çalışma uzunluğunda yerleştirildi. Giriş kavitesindeki fazla kon ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı ve plugger yardımıyla vertikal yönde adapte edildi.



Şekil 2.2. Enjektör içinde hazır halde bulunan Endosequence BC kanal patı ve uygulama ucu

2.3.3. Grup 3: ActiV GP Kök Kanal Patı + ActiV GP güta-perka kon

Kalsiyum hidroksit uygulanan ve kalsiyum hidroksit uygulanmayan toplam 30 diş ActiV GP kanal dolgu patı ve ActiV GP güta-perka konlarla (Brasseler, Savannah, GA, U.S.A.) (Şekil 2.3.) dolduruldu. Kök kanalları kağıt konilerle kurutulduktan sonra 30 numaralı 06 açılı ActiV GP güta-perka kon çalışma uzunluğunda yerleştirilerek kanalda uyumu kontrol edildi. ActiV GP kök kanal patı üretici firmanın önerisi doğrultusunda 3/1 oranında steril bir cam üzerinde karıştırıldı. Hazırlanan pat çalışma uzunluğuna uygun bir lentülo yardımıyla kanal içerisine gönderildi. Daha önce kanalda uyumu kontrol edilen güta-perka kon uç kısmı patla kaplanarak kanal içerisine yerleştirildi. Giriş kavitesindeki fazla kon ısıtılmış bir alet yardımıyla uzaklaştırıldı ve bir plugger yardımıyla vertikal yönde sıkıştırıldı.



Şekil 2.3. ActiV GP kök kanal patı ve Güta-perka konları

2.3.4. Grup 4: MTA Fillapex kanal patı + F3 güta-perka kon

Kalsiyum hidroksit uygulanan ve kalsiyum hidroksit uygulanmayan 30 diş MTA Fillapex kanal patı (Angelus, Brasil) (Şekil 2.4.) ve F3 Pro-Taper güta-perka kon kullanılarak tek kon tekniği ile dolduruldu.

Diğer gruplarda olduğu gibi ilk önce F3 güta-perka kon kanal içerisine yerleştirilerek çalışma uzunluğunda kanalda uyumu kontrol edildi. Pat pat siteminden oluşan MTA Fillapex kök kanal dolgu patı üretici firmanın önerisi doğrultusunda ucuna takılan karıştırma ucu sayesinde bire bir oranında karışarak kullanıma hazır hale getirildi. Kanal patı şekillendirilmiş ve kurulanmış kök kanalına uygun şekilde seçilmiş lentülo aracılığıyla kanal içerisine gönderildi. F3 numaralı güta-perka kon karıştırılan MTA Fillapex patı ile kaplanarak, çalışma boyunda kanal içerisine yerleştirildi. Giriş kavitesindeki fazla kon ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı ve vertikal yönde kondanse edildi.



Şekil 2.4. MTA Fillapex kök kanal patı

2.3.5. Grup 5: Sealapex kanal patı + F3 güta-perka kon

Kalsiyum hidroksit uygulanan ve kalsiyum hidroksit uygulanmayan 30 diş Sealapex kanal patı (Kerr, U.S.A.) (Şekil 2.5.) ve F3 Pro-Taper güta-perka kon kullanılarak tek kon tekniği ile dolduruldu.

F3 numaralı güta-perka kon kanal içerisine yerleştirilerek çalışma uzunluğundaki uyumu kontrol edildi. Sealapex kök kanal dolgu patı üretici firmanın nerisi doğrultusunda base ve katalizörden eşit miktarda olacak şekilde steril bir cam üzerinde karıştırıldıktan sonra şekillendirilmiş ve kurulanmış kök kanalına lentülo yardımı ile gönderildi. F3 güta-perka konun uç kısmı karıştırılan Sealapex patı ile kaplanarak, çalışma boyunda kanal içerisine yerleştirildi. Giriş kavitesindeki fazla kon ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı ve vertikal yönde sıkıştırıldı.



şekil 2.5. Sealapex kök kanal patı

Kök kanal dolgu işlemleri tamamlandıktan sonra tüm gruplardaki taşan pat ıslatılmış pamuk pelet yardımıyla temizlenerek kanal ağızları geçici dolgu maddesiyle (B.M.S.,Italy) kapatıldı. Örnekler %100 nemli ortamda 37°C de patların tam sertleşmesi için 2 hafta etüvde (şekil 2.6.) bekletildi.



şekil 2.6. Etüv

2.4. Örneklerin Hazırlanması ve Kırılma Direnci Testi

İki haftalık bekleme süresi sonunda, kırılma deneyinin uygulanması için model oluşturma işlemine geçildi. Bu amaçla 30 mm yüksekliğinde ve 30 mm çapında plastik silindirler hazırlandı. Her bir silindir düz bir zemin üzerine yerleştirilerek içerisi otopolimerizan akrilik rezin (Imicryl, Türkiye) ile dolduruldu. Hemen ardından kökler apikal 4 mm'lik kısımları akril içinde 9 mm'lik kısımları akril dışında olacak şekilde uzun aksa paralel olarak rezin içerisine gömülerek sabitlendi (Şekil 2.7.).

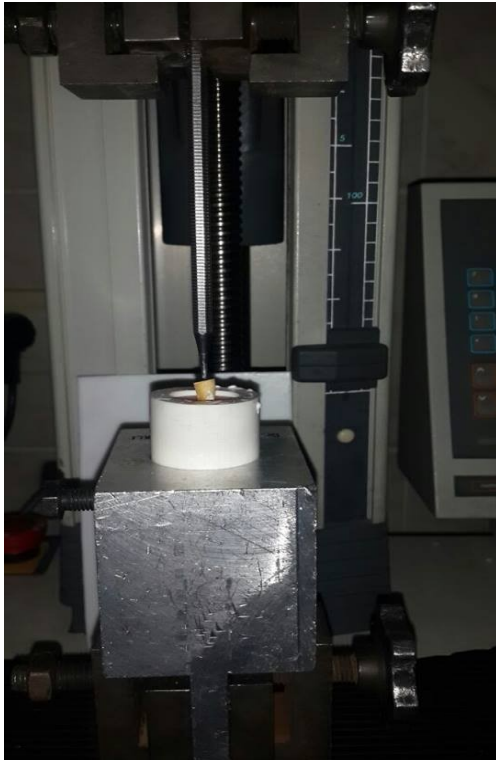


Şekil 2.7. Plastik silindir içerisinde akril bloğa gömülmüş bir diş örneği

Geçici dolgu maddeleri çelik rond frez yardımıyla uzaklaştırıldı. Gömülü dişleri içeren her bir akrilik silindirler birer birer Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde bulunan Instron test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fraham, UK) (Şekil 2.8.) kırılma dayanıklılık testine tabi tutuldu. Vertikal kuvvet uygulamak için 1,7 mm çapında yuvarlak uç kullanıldı. Vertikal kuvvet dişler kırılincaya kadar kanal ağzına 1 mm/dk olacak şekilde uygulandı (Şekil 2.9.). Elde edilen veriler Newton cinsinden kaydedildi.



Şekil 2.8. Instron cihazı (Lloyd LRX)



Şekil 2.9. Instron cihazına yerleştirilen bir örneğe vertikal kuvvetin uygulanması

2.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS for Windows 11.5 paket programında yapıldı. Sürekli değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Kolmogorov Smirnov testi ile varyansların homojenliği ise Levene testiyle araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için medyan (çeyrekler arası genişlik) şeklinde gösterildi.

Gruplar arasında vertikal kırılma direnci yönünden farkın önemliliği bağımsız grup sayısı iki olduğunda Mann Whitney U testi ile ikiden fazla grup arasındaki farkın önemliliği ise Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildi. Kruskal-Wallis test istatistiği sonucunun önemli bulunması halinde farka neden olan durumları tespit etmek amacıyla Conover'in parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testi kullanıldı.

Aksi belirtilmedikçe $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Ancak, olası tüm alt grup analizlerde Tip I hatayı kontrol edebilmek için Bonferroni düzeltmesi yapıldı.

3. BULGULAR

Bu çalışmada kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan dişlerde 5 farklı kök kanal patının köklerin kırılma direnci üzerine etkileri karşılaştırıldı. Kontrol ve deney gruplarının kırılma deneyi sonucunda aldıkları değerlerin (Newton) tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kontrol ve deney gruplarının kırılma deneyi sonucunda aldıkları değerlerin tanımlayıcı istatistiksel sonuçları. (Tüm değerler Newton cinsindendir)

	Ortalama	Standart Sapma	Ortanca	Çeyrekler arası genişlik	Minimum	Maksimum
Negatif Kontrol	195,73	25,41	187,35	38,44	161,38	247,52
Pozitif Kontrol	103,40	13,24	100,94	20,93	79,88	125,78
AH Plus	182,42	38,10	171,56	41,53	141,07	271,90
AH Plus + Ca(OH) ₂	169,96	37,35	163,84	59,63	122,56	241,38
Endosequence BC	145,10	32,55	131,82	63,51	104,81	194,66
Endosequence BC+ Ca(OH) ₂	138,65	49,66	122,73	92,76	80,66	225,98
Active GP	181,65	48,21	179,88	87,43	114,82	257,89
Active GP + Ca(OH) ₂	148,21	38,49	131,35	73,21	92,29	199,61
MTA Fillapex	116,49	27,78	104,12	21,67	94,31	186,10
MTA Fillapex + Ca(OH) ₂	102,32	28,62	92,22	45,59	64,87	155,65
Sealapex	116,79	26,75	108,50	37,15	89,55	176,18
Sealapex+ Ca(OH) ₂	100,52	26,28	95,53	49,25	67,65	141,79

Çizelge 3.1.'de görüldüğü üzere herhangi bir işlem yapılmadan ayrılan Negatif Kontrol grubunda ortalama en yüksek değer elde edilirken (195,73±25,41 N), Sealapex+Ca(OH)₂ grubunda ortalama en düşük değer (100,52±26,28 N) gözlenmiştir. Preparasyon yapılan ancak doldurulmayan Pozitif Kontrol grubunda ise; kalsiyum hidroksit uygulanmayan gruplar dikkate alındığında en düşük ortalama değere (103,40±13,24 N) sahip olduğu görülmektedir. Kök kanal patlarına ait kırılma direnci değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalamalar kalsiyum hidroksit uygulanmayan AH Plus (182,42±38,10 N) ve ActiV GP (181,65±48,21 N) ile doldurulan gruplarda izlenmektedir.

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 3.2.'de ve Çizelge 3.3.'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Deney gruplarına ait istatistiksel değerlendirme sonuçları

	Ca(OH) ₂ Uygulanmayan Ortanca (IR)	Ca(OH) ₂ Uygulanan Ortanca (IR)	p-değeri ^a
AH Plus	171,6 (41,5)^A	163,8 (59,6)^A	0,443
Endosequence BC	131,8 (63,5)^A	122,7 (92,8)^{AC}	0,478
ActiV GP	179,9 (87,4)^A	131,3 (73,2)^A	0,128
MTA Fillapex	104,1 (21,7)^B	92,2 (45,6)^{BC}	0,178
Sealapex	108,5 (37,1)^B	95,5 (49,2)^B	0,217
p-değeri ^b	<u><0,001</u>	<u><0,001</u>	

a: Her grup içerisinde Ca(OH)₂ uygulanmayan ve uygulanan alt gruplar arasında yapılan karşılaştırmalar, Mann Whitney U testi, Bonferroni Düzeltmesine göre p<0,010 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi,

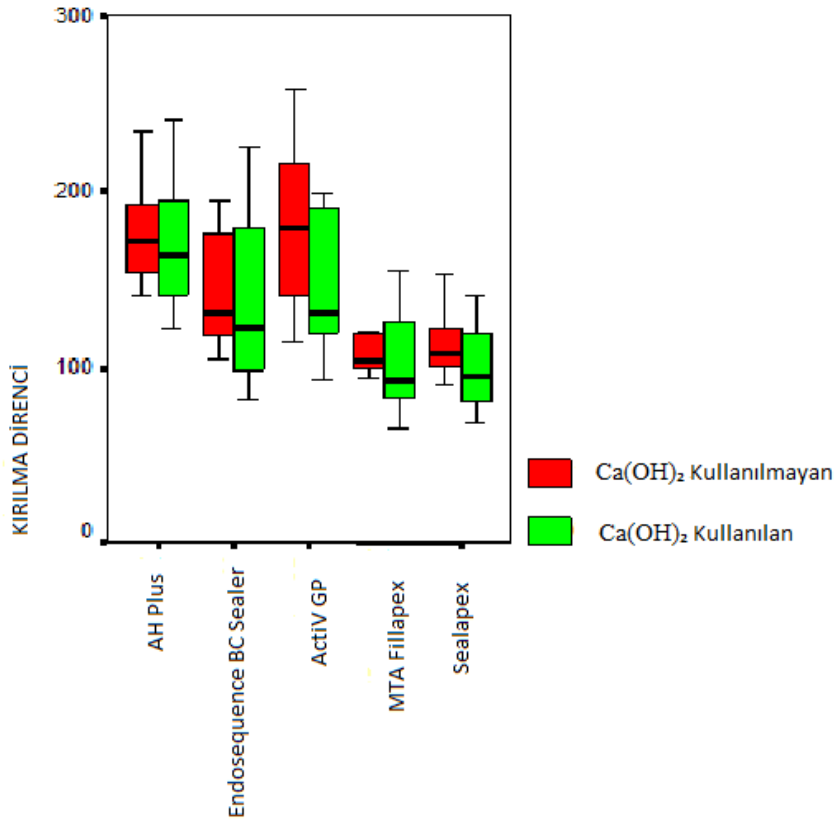
b: Ca(OH)₂ uygulanmayan ve Ca(OH)₂ uygulanan deney grupları arasında yapılan karşılaştırmalar, Kruskal Wallis testi, Bonferroni Düzeltmesine göre p<0,025 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

A,B,C :Farklı harfler gruplar arasında anlamlı fark olduğunu göstermektedir (p<0,001).

IR: Çeyrekler arası genişlik

Çizelge 3.2.'de görüldüğü üzere kalsiyum hidroksit uygulanan gruplarda, uygulanmayan gruplara göre ortalama değerlerin daha düşük olduğu gözlenmektedir. Ancak farklı patlarla doldurulan 5 grupta da kalsiyum hidroksit uygulamasının dişin kırılma direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,010).

Hem kalsiyum hidroksit uygulanan hem kalsiyum hidroksit uygulanmayan gruplar arası istatistiksel değerlendirme sonucunda kanal patları arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiş ve Çizelge 3.2.'de farklı harflerle gösterilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler ortanca değerleri üzerinden yapılmıştır. Kırılma direnci yönünden en yüksek ortanca değer ActiV GP grubunda en düşük değer ise MTA Fillapex+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ grubunda gözlenmektedir. Gruplar arası karşılaştırmalarda kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan AH Plus, Endosequence BC sealer ve ActiV GP patları arasında kökte oluşan kırılma direnci yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi ($p>0,025$). Ancak bu üç kanal patına ait değerler MTA Fillapex ve Sealapex gruplarına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.001$). MTA Fillapex ve Sealapex kanal patlarına ait kırılma direnci değerlerindeki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.001$). Gruplara ait istatistiksel değerlendirme Şekil 3.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Gruplara ve Yapılan İşlemlere Göre Kırılma Direnci Düzeyleri

Çizelge 3.3. ve Şekil 3.2.'de kontrol grupları ile deney gruplarına ait kırılma direnci değerlerinin çoklu karşılaştırma test sonuçları görülmektedir.

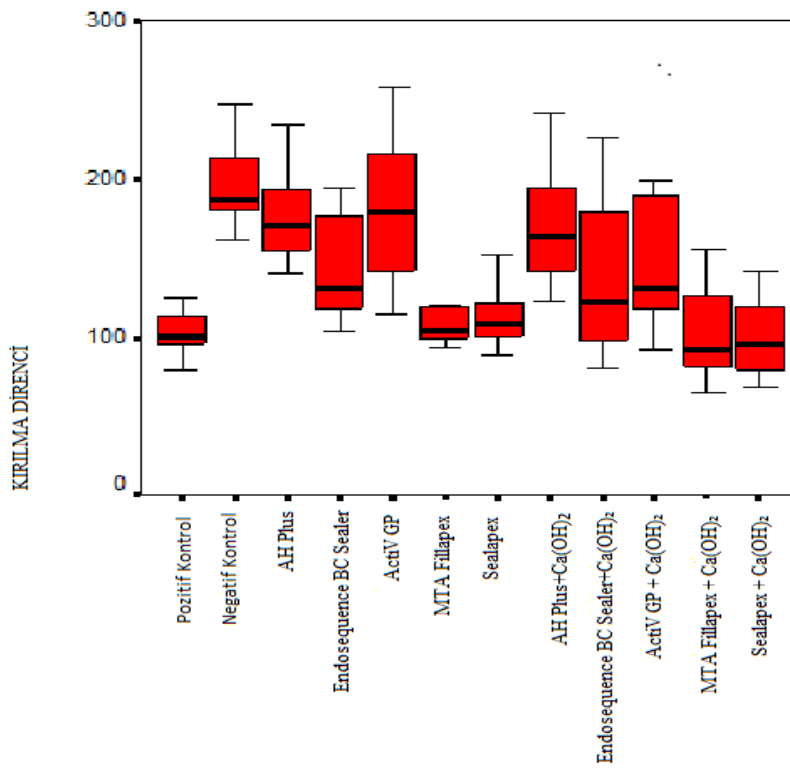
Çizelge 3.3. Kontrol grupları ve deney gruplarının istatistiksel analiz sonuçları

Çoklu Karşılaştırmalar	p-değerleri ^a
Negatif Kontrol -Pozitif Kontrol	<u><0,001</u>
Negatif Kontrol - AH Plus	0,412
Negatif Kontrol - AH Plus+ Ca(OH) ₂	0,255
Negatif Kontrol – Endosequence BC sealer	<u>0,011</u>
Negatif Kontrol - Endosequence BC sealer + Ca(OH) ₂	<u>0,003</u>
Negatif Kontrol - ActiV GP	0,381
Negatif Kontrol - ActiV GP + Ca(OH) ₂	<u>0,025</u>
Negatif Kontrol- MTA Fillapex	<u><0,001</u>
Negatif Kontrol - MTA Fillapex + Ca(OH) ₂	<u><0,001</u>
Negatif Kontrol – Sealapex	<u><0,001</u>
Negatif Kontrol - Sealapex + Ca(OH) ₂	<u><0,001</u>
Pozitif Kontrol - AH Plus	<u><0,001</u>
Pozitif Kontrol - AH Plus + Ca(OH) ₂	<u><0,001</u>
Pozitif Kontrol – Endosequence BC sealer	<u>0,003</u>
Pozitif Kontrol – Endosequence BC sealer + Ca(OH) ₂	<u>0,043</u>
Pozitif Kontrol - ActiV GP	<u><0,001</u>
Pozitif Kontrol - ActiV GP + Ca(OH) ₂	<u>0,005</u>
Pozitif Kontrol - MTA Fillapex	0,396
Pozitif Kontrol - MTA Fillapex + Ca(OH) ₂	0,947
Pozitif Kontrol – Sealapex	0,384
Pozitif Kontrol - Sealapex + Ca(OH) ₂	0,890

a: Conover'in parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testi, p<0,05 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Çizelgeden de görüldüğü üzere Negatif ve Pozitif kontrol gruplarına ait değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.001). Hiçbir işlem yapılmayan Negatif Kontrol grubu ile AH Plus, AH Plus+Ca(OH)₂ ve ActiV GP grupları

dışındaki diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi ($p < 0.05$). Kanalları prepare edilmiş ancak kanal dolgusu yapılmayan Pozitif Kontrol grubu ile MTA Fillapex, MTA Fillapex + Ca(OH)_2 , Sealapex, Sealapex + Ca(OH)_2 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmezken ($p > 0.05$) AH Plus, AH Plus + Ca(OH)_2 , Endosequence BC sealer, Endosequence BC sealer + Ca(OH)_2 , ActiV GP, ActiV GP + Ca(OH)_2 grupları arasında anlamlı fark tespit edildi ($p < 0.05$).



Şekil 3.2. Kontrol ve deney gruplarına ait istatistik sonuçları

4. TARTIŞMA

Endodontik tedavi görmüş dişlerde oluşan vertikal kök kırıklarının prognozu oldukça kötü olup genellikle ilgili dişin çekimini gerektirir. Vertikal kök kırığı endodontik tedavi öncesinde, sırasında veya sonrasında oluşabilir (Pitts ve ark., 1983; Dang ve Walton, 1989). Endodontik tedavili dişler; çürük, travma, restoratif ve endodontik işlemler sırasında oluşan madde kaybı, dentin dehidratasyonu, kök kanallarının aşırı genişletilmesi ve doldurma sırasında uygulanan aşırı kuvvetler nedeniyle daha kırılğan hale gelebilirler (Sedgley ve Messer, 1992).

Endodontik tedavi sırasında uygulanan preparasyon şekli ve uzaklaştırılan doku miktarı ile dişin kırılma direncinin azalması arasında direk olarak bağlantı vardır. Kaybedilen dentin miktarı ne kadar fazla ise kırılmaya karşı hassasiyetin de bir o kadar artacağı bilinmektedir (Trabert ve ark., 1978; Sornkul ve Stannard, 1992). Vertikal kök kırığının önlenmesinde endodontik tedavide kullanılan materyalin hem yeterli örtücülük sağlaması hem de dentine bağlanması ile vertikal kök kırığı riskini en aza indirmesi istenmektedir (Lertchirakarn ve ark., 2011). Endodontik tedavi işlemleri ve uygun kök kanal dolgu materyali seçimi, dişin uzun dönem prognozu açısından önem taşımaktadır (Reeh ve ark., 1989; Trope ve Ray, 1992; Johnson ve ark., 2000; Sathorn ve ark., 2005; Rundquist ve Versluis, 2006).

Genel inanış ve beklenti, kök kanal tedavili dişilerin, canlılığını yitirmesine bağlı olarak dehidrate olduğu ve bu sebeple direncinin azaldığı yönünde olsa da yapılan çalışmalar dişlerde dehidratasyon ile birlikte asıl direnç azalmasına, diş üzerinde yapılan mekanik işlemlerin sebep olduğunu göstermektedir (Çalt ve Uzunoğlu, 2010).

Endodontik tedavi sırasında kullanılan irrigasyon ve medikamanlar, restorasyon aşamasında ise post uygulamaları dişin kırılmaya olan direncini azaltmaktadır. Endodontik tedavi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları, dentinin kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirmektedir. Sim ve ark. (2001), %5.25'lik NaOCl ile

irrigasyonun kırılma dayanımını anlamlı derecede azalttığını ve kök dentininin gerilme özelliklerini değiştirerek ‘Young Modülü’nde azalma meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Endodontik tedavi gören dişler sıklıkla aşırı madde kaybına uğrarlar. Günümüzde, aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişlerin “post-core” sistemi ile restore edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Post ile restore edilen dişlerin kırılma direncini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Post uzunluğu, post çapı, post dizaynı, post materyali, postun yerleştirilmesi, kor materyali ve yapıştırma kullanılan simanlar direkt “post-core” sistemiyle ilgili faktörlerken, tüberküllerin kapsanması, kalan kronal diş yapısı ve alveol kemiği desteği gibi restore edilecek diş ilgilendiren faktörler de bulunmaktadır (Fernandes ve Dessai, 2001).

Endodontik tedavili dişlerde vertikal kök kırığı oluşumunu incelemek üzere çalışmamızda kanal içi medikaman olarak kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben farklı içerikli kök kanal patlarının tek kon tekniğiyle doldurduğumuz dişlerde vertikal kök kırığı direnci üzerine etkilerini değerlendirmeyi amaçladık. Bunun için 180 adet yeni çekilmiş, daimi, alt küçük azı insan dişi kullanıldı. Mine-sement birleşim bölgesinden kronlar uzaklaştırıldıktan sonra kök kanalları Pro-Taper döner enstrumanlarla genişletildi. Smear tabakasının uzaklaştırılması için sodyum hipoklorit ve EDTA solüsyonları kullanıldı. Negatif ve Pozitif kontrol grupları ayrıldıktan sonra deney grubundaki dişler onbeşerli iki alt gruba ayrıldı ve bir gruba 1 hafta süre ile kalsiyum hidroksit yerleştirildi. Kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan örnekler rezin esaslı AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), cam iyonomer esaslı ActiV GP (Brasseler, Savannah, GA, U.S.A.) , bioseramik esaslı Endosequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA, U.S.A.), MTA Fillapex (Angelus, Brazil) ve kalsiyum hidroksit esaslı Sealapex (Kerr, U.S.A.) kök kanal patlarıyla tek kon tekniği kullanılarak dolduruldu. Tüm dişler 37 °C'de %100 nemli ortamda iki hafta boyunca bekletildikten sonra universal test cihazı kullanılarak kırılma direnci testi yapıldı.

Vertikal kök kırıklarının incelendiği pek çok çalışma çekilmiş insan dişleri üzerinden yürütülmüştür. Araştırmalarda genellikle üst orta keser, kanin ve alt küçük azı dişleri gibi geniş, tek köklü dişler tercih edilmiştir. Kumar ve ark. (2014), Guiotti ve ark. (2014), Mandava ve ark. (2014), Topçuğlu ve ark. (2013)'nın yaptıkları kırılma direnci çalışmalarında olduğu gibi çalışmamızda genelde diş anatomilerinin benzer olması, düzgün, tek ve geniş kök kanalına sahip olmalarından dolayı alt küçük azı dişlerin kullanılmasını tercih ettik. Kök kanallarında sorun oluşturabilecek kök çürüğü, çatlak veya kırık tespit edilen dişler çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca dişlerin tek kanallı olmasına dikkat edildi. Standardizasyonu sağlamak amacıyla dişlerin mine-sement sınırında bukkolingual yöndeki kalınlıkları mikrometre cihazı ile ölçülerek benzer çaptaki dişler kullanıldı.

Grande ve ark. (2007) kırılma direnci çalışmalarında, sıklıkla çekilmiş insan dişi kullanıldığını ve standardizasyon için parametreleri mümkün olduğu kadar minimize etmek için çaba harcanması gerektiğini, buna rağmen bu tür çalışmalarda standart sapma geniş aralıkta olsa da bu durumun istatistiksel açıdan kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Kırılma direnci çalışmalarında standart sapmanın olağan dışı olmadığını, çekilmiş dişlerin anatomik ve morfolojik farklılıklarından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Araştırmalarda analizlerin gücü ve güvenilirliğinin artırılması ve parametrik istatistiksel testlerin uygulanabilmesi için dağılımın normal ya da normale yakın olması gerekmektedir. Bununla birlikte gruptaki örnek sayısı ne kadar fazla ise verilerin normal dağılıma uyma ihtimali ve dolayısıyla parametrik test kullanma şansı artmaktadır (Erdoğan, 2004). Bu nedenle, çalışmamızda her bir deney grubunda 15 adet olacak şekilde 180 adet diş kullanılmıştır.

In vitro çalışmalarda, çekilmiş dişlerin saklanması amacıyla farklı solüsyonlar kullanılabilmektedir (Rueggeberg, 1991). Distile su, formol ve timol bu solüsyonlar içinde en sık tercih edilenlerdir (Addy ve Mostafa, 1988; Davis ve ark., 1989; Swift ve ark., 1990). Saklama ortamlarının bağlanma dayanımı üzerine olan etkilerine yönelik yapılan çalışmalar dikkate alındığında, kullanılan solüsyon ve materyale

bağlı olarak sonuçların farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Shaffer ve ark., 1985). Retief ve ark. (1989), beş farklı saklama solüsyonu (kloramin, etanol, salin, formol ve timol) içinde saklanan dişlere uygulanan dolgu maddelerinin makaslama kuvvetlerine karşı bağlanma dayanımlarını test etmişlerdir. İki günlük saklama süresi sonunda timol ve etanol gruplarındaki dişlerin bağlanma dayanımlarının kloramin, salin ve formol gruplarından daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Bizim çalışmamızda örnekler saklama ortamından olumsuz etkilenmemeleri için distile suda bekletilmiştir. Çekilmiş dişlerin saklanması esnasında diş yapısı, özellikle yapısal kollajen etkilenecek dişlerin çeşitli mekanik özellikleri ve biyolojik yapısı değişebilmektedir (Lertchirakarn ve ark., 2011). Bu yüzden çalışmamızda son 6 ayda çekilmiş dişler kullanılmıştır. Bu şekilde örneklerin dehidratasyonunun engellenmesinin yanı sıra diş dokularında meydana gelebilecek ve kırılma testine etki edebilecek değişikliklerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Endodontide en temel presiplerden biri, kanalın apikalden koronale doğru genişleyen doğal yapısının korunmasıdır. Araştırmacılar kanal tedavisinin kalitesini artırmak amacıyla etkin bir kanal preparasyonu için çok farklı teknikler geliştirmişlerdir (ElDeeb ve Boraas, 1985). Kanal preparasyonunda kullanılan el aletlerinin fazla preparasyona neden olan 16 mm uzunluğa varan kesici kenarları ve esnek olmamaları gibi bazı dezavantajları mevcuttur (Al Omari ve ark., 1992).

Son yıllarda Nikel-Titanyum (Ni-Ti) döner ege sistemlerinin kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılması araştırmacılar tarafından yaygın olarak kabul görmektedir. Yapılan çalışmalarda, bu sistemlerin geleneksel yöntemlere kıyasla kök kanallarında daha etkin bir şekillendirme sağlaması, dar ve eğri kanallarda transportasyon riskini azaltması, kök kanalının merkezinde kalması, çalışma süresini kısaltması, hem hasta hem de hekim için çalışma kolaylığı sağlaması gibi avantajlarının olduğu bildirilmiştir (Glossen ve ark., 1995; Short ve ark., 1997). Gelişen teknoloji ile birlikte eğelerin esneklikleri artarak kırılma oranları azalmış ve kesme etkinliği artmıştır (Kurtzman, 2007; El Ayouiti ve ark., 2008). Versluis ve ark. (2006) daha yuvarlak kesitlerle hazırlanan kök kanal şekillendirmesinin kanal dolgusu esnasında kanal içerisindeki kuvvet dağılımını olumlu etkilediğini

vurgulamışlardır. Rotary sistemler kullanılarak kök kanallarında daha yuvarlak kesitli şekiller elde edilebilmektedir. Iqbal ve ark. (2004)'nın ProTaper ve Profile Ni-Ti sistemlerini apikal transportasyon ve çalışma uzunluğu kaybı üzerine yaptıkları çalışmada ProTaper sisteminin minimal apikal transportasyon ve çalışma uzunluğu kaybı ile in-vitro olarak normale yakın şekillendirme sağladığını bildirmişlerdir.

Lertchirakarn ve ark. (2003b), kök kanalı tedavisinde preparasyon miktarı arttıkça dentin kalınlığındaki azalma nedeniyle kırılmaya karşı direncin azalacağı ve bu nedenle küçük hacimli dişlerde, aşırı preparasyondan kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir. Lam ve ark. (2005) nin el aleti ve rotary aletler kullanılarak yapılan kanal preparasyonlarının ardından dişlerin kırılma direncini inceledikleri çalışmalarında, rotary aletlerin kullanılmasının dişlerin kırılma direncini azaltmadığını göstermişlerdir. Benzer şekilde Zare Jahrom ve ark. (2011)' nin üst molarların meziobukkal köklerinde K tipi el eğeleri ve rotary sistemlerle preparasyonun ardından dişlerin kırılma direncini inceledikleri çalışmada deney grupları arasında kırılma direnci açısından fark olmadığını bildirmişlerdir.

Bu bilgiler doğrultusunda klinik kullanımda da tercih edilmesi nedeniyle dişlerin kök kanal şekillendirilmesi Pro-Taper Ni-Ti döner ege sistemi kullanılarak F3 numaraya kadar yapılmıştır.

Kök kanalı irrigasyonu, kök kanalı sisteminin dezenfeksiyonunda ve debrislerin uzaklaştırılmasında önemli bir role sahiptir. Irrigasyonun amaçları; bakterilerin eliminasyonu, nekrotik dokuları ve dentin artıklarını kök kanalından uzaklaştırmak, kanal aletlerinin kanal içerisinde rahat hareket etmesini sağlamak ve enfekte sert ve yumuşak dokuların foramen apikale bölgesinde birikmesini engellemektir (Smith ve Wayman, 1986). Sodyum hipoklorit, kök kanalı tedavisinde sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonu olup, %1-5,25 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Sodyum hipoklorit uygulanan dentinde, dentin Tip I kollajen, kondroitin sülfat ve glikozaminoglikan gibi organik maddeler bulunmamaktadır (Oyarzun ve ark., 2002). Dentinde meydana gelen bu yapısal değişiklikler, dentinin elastisite modülü ve esneme kuvvetini azaltmaktadır (Grigoratos ve ark., 2001; Sim ve ark., 2001).

Sodyum hipokloritin dentin üzerine etkileri mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü, elastiklik modülü, bükülme ve yorulma dirençleri metotlarıyla değerlendirilmiştir. Marending ve ark., (2007) bir saat boyunca % 5 ve % 9 oranında NaOCl'nin kök kanal dentini üzerine uygulanmasının dentini daha kırılgan hale getirdiğini bükülme dayanıklılığı ölçümleri ve yüzey analizleri ile göstermişlerdir. Sayın ve ark. (2007) %2,5'lik sodyum hipoklorit uygulamasının kök kanal dentininde mikrosertlik değerlerini azalttığını bildirmişlerdir. Indira ve Nandlal (2010) yaptıkları çalışmada kavite dezenfektanları uygulanmış molar dişlerde kırılma direncini değerlendirmişler ve sodyum hipokloritin dişin kırılma direncini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Sodyum hipoklorit, dentin matriks içerisindeki bazı bileşiklerin okside olmasına sebep olan sodyum klorit ve oksijene parçalanır ve sonuç olarak dentinin elastiklik modülünü ve eğilme direncini azaltır. Marending ve ark. (2007) ise bahsedilen çalışmalarda sonuçların NaOCl'nin uygulama süresinin klinik şartlardan farklı olarak oldukça uzun olması ile bağlantılı olduğunu belirtmişler ve yaptıkları çalışmada farklı süre ve kombinasyonlardaki EDTA ve NaOCl uygulamalarının dentin örneklerinin bükülme direncini etkilemediğini ortaya koymuşlardır.

Kök kanalları şekillendirilirken, kök kanal duvarları üzerinde “smear tabakası” adı verilen ve dentin, pulpa dokusu kalıntıları, odontoblast uzantıları, kan hücreleri ve mikroorganizmaları içeren bir tabaka oluşmaktadır (McComb ve Smith, 1975; Pashley, 1984). Günümüzde smear tabakasının endodontik tedavi sırasında kaldırılması tartışmalı bir konudur. Torabinejad ve ark. (1978) dentin kanallarında kalmış ve smear tabakası tarafından hapsedilmiş bakterilerin, smear tabakası uzaklaştırıldığında, dentin tübüllerinin açıldığını ve bakterilerin smear tabakası var olan gruba göre dentin kanallarında 10 kat daha fazla kolonize olduklarını bildirmektedirler. Ayrıca, smear tabakasının uzaklaştırılmasının bakterilerin pasif penetrasyonunu kolaylaştırdığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Olgart ve ark., 1974). Ancak smear tabakasının uzaklaştırılmasının kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu artıracığı ve kanal duvarına bağlanmayı olumlu etkileyeceği ileri sürülmektedir (Kokkas ve ark., 2004). Gettleman ve ark. (1991) ise çinko oksit öjenol esaslı Sultan (Sultan Chemists, Inc. Englewood, NJ, USA) ve

kalsiyum hidroksit esaslı Sealapex kanal patlarının bağlanma etkinliğinin smear varlığı ya da yokluğundan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Ancak birçok araştırmada kanal dolgusunda en iyi örtücülüğün smear tabakası kaldırılması ile elde edildiği tespit edilmiştir (Kennedy ve ark., 1986; Cergneux ve ark., 1987; Taylor ve ark., 1997; Clark-Holke ve ark., 2003; Çobankara ve ark., 2004; Shahravan ve ark., 2007). Smear tabakasının uzaklaştırılması, kök kanalı dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna izin vererek, dentin ile dolgu patı arasında daha iyi bir adezyon sağlanmasına yardımcı olur ve böylece bağlanma dayanımı değerleri artar (Gogos ve ark., 2003; Torabinejad ve ark., 2003a; Torabinejad ve ark., 2003b). Bu görüşler doğrultusunda, standart bir dentin yüzeyi elde etmek ve patların dentin tübüllerine penetrasyonunu ve bağlanmasını sağlamak için smear tabakası kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmıştır.

Sodyum hipoklorit smear tabakasının organik kısmını uzaklaştırırken, inorganik kısım ise EDTA yardımıyla ortadan kaldırılabilir. Sodyum hipokloritle yıkamanın rezin bazlı kanal dolgu patlarının polimerzasyonunu etkileyebileceği ve bağlanma dayanımı değerlerinde düşmeye neden olabileceği gösterilmiştir (Hansen ve ark., 1990; Orstavik ve Haapasalo, 1990; Morris ve ark., 2001; Torabinejad ve ark., 2002; Erdemir ve ark., 2004). Weiger ve ark. (1995) cam iyonomer esaslı kök kanal dolgu patlarının kök dentinine bağlanmasını araştırdıkları çalışmalarında, en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini NaOCl/EDTA uygulanmasının ardından elde etmişlerdir. Bu sonucu temas yüzeyindeki artışa ve dentin yüzeyindeki düzensizliğe bağlamışlardır. Karapınar Kazandağ ve ark. (2009) farklı kök kanal dolgu sistemlerinin kırılma direncine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, yıkama solüsyonlarının etkilerini nötralize etmek amacıyla son yıkama solüsyonu olarak distile su kullanmışlardır. Bizde çalışmamızda smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla NaOCl ve EDTA solüsyonlarını peşpeşe kullandıktan sonra son yıkama işlemini distile suyla tamamladık.

Endodontik tedavinin amacı, kök kanal boşluğunun uygun şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi ve hermetik bir şekilde doldurulmasıdır. Seanslar arası medikaman kullanımı, kök kanal sistemini dezenfekte etmek ve endodontik tedavinin başarısını

arttırmak için önerilen bir yöntemdir. Kalsiyum hidroksit, antimikrobiyal etkinliği ve apeksifikasyonu teşvik etme özelliğinden dolayı sıklıkla kullanılan kök kanal medikamanıdır. Kısa ve uzun dönemli kanal içi medikaman olarak kullanılabilen kalsiyum hidroksit, bazı patların içeriğine de dahil edilmiştir (Yoshida ve ark., 1994). Kalsiyum hidroksitin teröpatik başarısını etkileyen asıl faktör antibakteriyel özellik göstermesidir (Fisher ve McCabe, 1978; Brannstrom ve ark., 1979). Bununla birlikte uzun dönem kalsiyum hidroksit kullanılması, organik matriksin yapısındaki değişimlere bağlı olarak dentinin fiziksel yapısını etkilemektedir. Kalsiyum hidroksitin pulpa dokusunu denatüre ettiği ve hidrolizise yol açtığı gösterilmiştir. Ayrıca kalsiyum hidroksit uygulanmasını takiben pH artışı sonucunda, kollajen fibriller ve hidroksiapatit arasındaki yapının bozulmasına bağlı olarak dentin matriksinin organik desteği azalabilmektedir (Doyon ve ark., 2005).

Kök kanalına kalsiyum hidroksit uygulanmasının endodontik tedavi yapılan dişleri zayıflatabileceği tespit edilmiştir. Kalsiyum hidroksitin kırılma direnci üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar kalsiyum hidroksitin kanalda kalma süresi ile kırılma direnci arasında bağlantı olduğunu göstermişlerdir.

Andreasen ve ark. (2002) kalsiyum hidroksitin dişler üzerindeki etkisini uygulama süresinin önemli rol oynadığını, 1 yıl süreyle kullanılmasının ardından dişlerin kırılma dirençlerinin % 50 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar kalsiyum hidroksitin 2 haftadan fazla kullanılmasının veya 1,2,3,9 veya 12 ay uygulanmasının kök kırığı insidansını artırdığını göstermiştir.

Doyon ve ark.'nın (2005) kanal içi kalsiyum hidroksit uygulamasının kök dentininin kırık direncini değiştirip değiştirmediğini belirlemek için yaptıkları çalışmada; her bir grubu salin, kalsiyum hidroksit veya Metapaste ile doldurup 3 grup oluşturmuşlardır. 30 gün sonra, her gruptaki örneklerin yarısından horizontal kesitler alınarak kırılma direnci testi uygulanmıştır. Geri kalan örneklerde 180 gün sonra aynı işlem yapılmıştır. 30 gün süre ile bekletilen gruplar arasında anlamlı fark bulunmazken, 180 gün bekletilen gruplar arasında anlamlı derecede en düşük kırılma direnci kalsiyum hidroksit uygulanan gruplarda gözlenmiştir.

Rosenberg ve ark. (2007), kalsiyum hidroksitin dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında kalsiyum hidroksit yerleştirdikleri örnekleri 7,28 ve 84 gün bekletmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ilk 7 günün kırılma direnci üzerine anlamlı bir etkisi olmadığını tespit etmişler, 7 ve 84 gün beklenen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde etmişlerdir.

Batur ve ark. (2013) endodontik tedavi gören dişlerde uzun dönem kalsiyum hidroksit kullanımının mikrotensil kırılma kuvveti üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, salin solüsyonu ile kalsiyum hidroksit karışımı uygulanmış dişleri 30, 60, 90, 180, 270, 360 ve 540 gün süreyle nemli ortamda bekletmişler ve mikrotensil kırılma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda kalsiyum hidroksitin 30, 60 ve 90 günlük uygulamaları arasında fark olmadığını ancak 180 gün ve üzeri uygulamalarda anlamlı fark olduğunu bildirmişlerdir.

Kalsiyum hidroksitin ideal olarak etkisini 1-4 haftada gösterdiği bildirilmiştir (Siqueira ve Lopes, 1999; Rosenberg ve ark., 2007). Günümüzde kök kanalının dezenfeksiyonu amacıyla kısa süreli olarak kalsiyum hidroksit uygulanması önerilmekte ve kliniklerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda optimal düzeyde kalsiyum hidroksitin etkisinden faydalanmak ve uzun süreli uygulamalar sonucu dentinde oluşturacağı olumsuz etkilerinden kaçınmak için kanal içi uygulama süresini 1 hafta olarak planladık.

Kalsiyum hidroksit artıklarının kök kanalından uzaklaştırılmasında döner Ni-Ti aletlerin kullanılması, pasif ultrasonik irrigasyon, Canal Brush gibi pek çok teknikten yararlanılabilir. Ancak bu yöntemlerin hiçbirisiyle kanal duvarlarındaki tüm kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması mümkün değildir. Kalsiyum hidroksitin kanaldan uzaklaştırılmasında en sık kullanılan yöntem, sodyum hipoklorit ve EDTA irrigasyon solüsyonları ile birlikte kanal boyunca master apikal eğe ile instrumentasyonudur (Lambrianidis ve ark., 1999; Sevimay ve ark., 2004; Lambrianidis ve ark., 2006; Salgado ve ark., 2009). Çalışmamızda kalsiyum hidroksitin kök kanallarından uzaklaştırılmasında sodyum hipoklorit ve EDTA solüsyonlarının master apikal eğe ile uygulanması yöntemi tercih edilmiştir.

Kök kanalı dolgu maddelerinin hem mikrosızıntıyı engellemesi hem de dişleri kuvvetlendirebilmesi için kök dentinine bağlanmaları gerekmektedir. Kök kanalı dolgu maddesi, kanal dolgu patı ve kök dentinin birbirine bağlanması sonucu oluşan bu yapıya “*monoblok*” adı verilmektedir. Apikal ve koronal tıkama yöntemlerindeki gelişmeler, kök kanalı dolgu materyalinin intraradiküler dentinle monoblok yapı oluşturmasını sağlayarak, ideal bir kök kanalı dolgusunun yapılmasını hedeflemektedir (Ray ve Trope, 1995; Teixeira ve ark., 2004).

Kök kanal dolgu maddesi olarak kullanılan güta-perka toksik olmaması, doku uyumlu olması ve gerektiği zaman kök kanalından uzaklaştırılabilmesi nedeniyle birçok araştırmacı ve klinisyen tarafından tercih edilen bir materyaldir ve altın standart olarak kabul edilmektedir (Venturi ve Breschi, 2004; Shemesh ve ark., 2006). Yapısal özellikleri alternatif kök kanalı dolgu maddeleri ve sistemleri ile çok sayıda çalışmada karşılaştırılmıştır (Ezzie ve ark., 2006; Stratton ve ark., 2006). Bununla birlikte güta-perka fiziksel özellikleri nedeniyle kök dentinine bağlanamamaktadır ve kök kanalı dolgu patı ile birlikte kullanılması gerekmektedir (Skinner ve Himel, 1987).

Güta-perkanın çok sayıda avantajı bulunmasına rağmen dentine bağlanamadığı için kökleri kuvvetlendirme özelliği yoktur. Son yıllarda araştırmacılar güta-perkanın yerine geçebilecek, daha iyi örtücülük özellikleri olan ve mekanik olarak zayıflamış kökleri güçlendirebilecek materyaller üzerinde yoğunlaşmışlardır (Baba ve ark., 2010).

Tek kon dolgu tekniği, Ni-Ti döner eğe sistemleriyle yapılan şekillendirmeye uyum gösteren, açılı master konların geliştirilmesiyle tercih edilmeye başlanmıştır (Gordon ve ark., 2005; El Ayouti ve ark., 2008; Zmener ve ark., 2005). Bu tür açılı güta-perkaların tek kon yöntemiyle kanalı etkin bir şekilde doldurabileceği öne sürülmektedir. Tek kon ve kök kanal patı kombinasyonunun bir bütünlük oluşturacağı, böylece çoklu konlar arasında gözlenen boşlukların engellenebileceği belirtilmiştir (Wilson ve Baumgartner, 2003). Taşdemir ve ark. (2009) yaptıkları bir çalışmada, iki farklı teknikle doldurdukları kök kanallarını, apikal kanal dolgusu

kalitesi yönünden incelemişlerdir. İki gruba ayırdıkları örneklerin bir grubunda açılı güta-perka tek kon tekniği, ikinci grupta ise lateral kompaksiyon tekniği kullanmışlardır. Tek kon tekniği ile doldurulan dişlerin apikal 2mm'lik bölümünün boşluk oluşmadan lateral kompaksiyon tekniğine göre daha iyi doldurulduğunu, 4mm'lik bölümde ise fark olmadığını bildirmişlerdir.

Lateral kompaksiyon esnasında uygulanan basınç ile açığa çıkan streslerin vertikal kök kırıklarına neden olabileceği klinik ve deneysel olarak gösterilmiştir (Tamse, 1988; Lertchirakarn ve ark., 1999). Tek kon tekniğinde lateral sıkıştırma yapılmadığı için lateral ve vertikal kuvvetler oluşmamakta, kök kanal sistemiyle bağlanan pat miktarı artmakta, ve böylece dişin vertikal kök kırığına direnci artabilmektedir. Özellikle cam iyonomer içerikli patlarla güta-perka arasında bağlanmanın daha etkili olması için tek kon tekniğinin kullanılması önerilmiştir (Tay ve Pasley, 2007). Jainaen ve ark. (2007) çalışmalarında AH Plus ve tek kon tekniği ile doldurulan dişlerin kırılma dirençlerinin sağlam dişlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmada lateral kompaksiyon tekniğiyle doldurulan AH Plus grubuna ait dişlerde kırılma direnci tek kon tekniğiyle doldurulmuş AH Plus grubuna göre daha düşük bulunmuş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu sonuç tek kon tekniğinde pat kalınlığının daha fazla olmasına bağlanmıştır. AH Plus kalın bir tabaka halinde uygulandığında ince tabaka uygulanmasına kıyasla daha iyi bağlanma göstermektedir (Jainaen ve ark.,2007; Rahimi ve ark.,2009). Yaptığımız bir pilot çalışmada kök kanalları AH Plus ve Apexit kök kanal patları kullanılarak lateral kompaksiyon ve tek kon tekniği ile dolduruldu ve dişlerin kırılma direnci incelendi. Çalışmamızın sonucunda kanal patları arasında istatistiksel olarak fark gözlenirken, doldurma tekniğinin kırılma direnci üzerine etkisinin olmadığı tespit edildi (Yıldırım, 2014).

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda kök kanallarının doldurulma işleminde hem preparasyona uygun olması hem de kanal dolgusunun standart olması amacıyla F3 güta-perka kon kullanarak tek kon yöntemi kullanıldı. Kök kanallarına dolgu işlemleri tek bir klinisyen tarafından yapılmış olup dolgu malzemeleri üreticilerin önerileri doğrultusunda hazırlandı.

Jainaen ve ark. (2007) kanal patlarının sertleşmesi için 48 saat beklerken, Teixeira ve ark. (2004) AH Plus için 24 saat bekleme süresinin yeterli olacağını bildirmişlerdir. Huffman ve ark.(2009) epoksi rezin ve kalsiyum silikat içerikli kanal patlarının sertleşmesi için bu süreyi bir hafta olarak seçmişlerdir. De Gee ve ark. (1994) sertleşmesi tamamlanmamış kanal dolgu patının zayıf olacağını, kendi içerisinde kırılmalara uğrayabileceğini bildirmiştir. Karapınar Kazandağ ve ark. (2009) AH Plus, Epiphany ve ActiV GP patlarını kullandığı çalışmada kırma deneyi öncesi kanal patlarının sertleşmelerini tamamlaması için 14 gün bekletmiştir. Resin içerikli kök kanal dolgu patlarının sertleşme reaksiyonu yavaş olduğundan uygun süre beklenilmesi gerekmektedir. Yaptığımız çalışmada da hazırladığımız örnekleri 37°C de, etüvde %100 nemli ortamda iki hafta süre ile beklettik.

Kırma testlerinin uygulandığı universal test cihazına örneklerin yerleştirilebilmesi için dişlerin özel, sert kalıplara sabitlenmesi gereklidir. Kırıkların net olarak izlenebilmesi ve kırık hattının kök yüzeyini içerip içermeyeceğinin görülebilmesi için mine-sement sınırının serbest kalması gerekmektedir. Çalışmamızda Apicella ve ark. (1999), Teixeira ve ark. (2004) ve Karapınar Kazandağ ve ark.'nın (2009) araştırmalarında uyguladıkları gibi örnekler 9 mm'lik koronal kısımları dışarıda kalacak şekilde otopolimerizan soğuk akrilik içerisine yerleştirilmiştir. Bazı çalışmalarda, kırılma kuvvetini değerlendirmek için yapılan testler sırasında, klinik şartlara benzemesi amacıyla farklı yönlerde kuvvetler uygulanarak devrsel yüklenme yapılmıştır (Heydecke ve ark., 2001; Fokkinga ve ark., 2005). Bununla birlikte çok sayıda araştırmada, kuvvetlerin dişin uzun eksenine paralel uygulanması ile daha eşit oranda kuvvet iletildiği bildirilmiştir (Chen ve ark., 2000; Lindemuth ve ark., 2000; Teixeria ve ark., 2004). Bu nedenle çalışmamızda kuvvetler vertikal yönde uygulanmıştır. Ayrıca kuvvetlerin mevcut çalışmalarda olduğu gibi kök kanalı ağzına dik olacak şekilde 1 mm/dk hızla iletilmesi sağlanmıştır.

Farklı içerikli kanal patlarının dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini incelediğimiz çalışmamızın sonuçlarını değerlendirdiğimizde öncelikle negatif ve pozitif kontrol grupları arasında anlamlı farklılık olduğu gözlenmiştir. Kök kanalları genişletilen ancak herhangi bir dolgu işlemi yapılmayan Pozitif kontrol grubunda hiçbir işlem

yapılmayan Negatif kontrol grubuna göre kırılma direnci değerleri oldukça düşük çıkmıştır. Bu durum beklenen bir sonuç olup preparasyonun dişin direncini zayıflattığı gözlenmiştir. Birçok araştırmacı dişlerin kırılma direnci ile ilgili yaptıkları çalışmalarında preparasyonun dişleri zayıflattığını bildirmişlerdir (Apicella ve ark. 1999; Çobankara ve ark., 2002; Teixeira ve ark., 2004; Karapınar Kazandağ ve ark., 2009; Lertchirakarn ve ark., 2011).

Negatif kontrol grubu deney grupları ile karşılaştırıldığında AH Plus, AH Plus+Ca(OH)₂, ActiV GP grupları arasında anlamlı fark gözlenmezken, diğer gruplarla anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre AH Plus ve ActiV GP kanal patlarının hiçbir işlem görmemiş bir diş kadar kırılmaya karşı direnci geri kazandığını söyleyebiliriz.

Karapınar Kazandağ ve ark. (2009) AH Plus ve ActiV GP patlarını kullandıkları çalışmalarında Negatif kontrol grubu ile deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulamazken, Pozitif kontrol grubuyla kıyasladıklarında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek sonuçlar elde etmişlerdir.

Sağsen ve ark.'nın (2007) farklı patların dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında deney grupları (AH 26 + güta-perka, MCS + güta-perka ve Resilon + Epiphany) ile prepare edilmiş ancak doldurulmamış dişlerden oluşan kontrol grubunu kıyasladıklarında tüm deney gruplarının anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde Ersev ve ark. (2012) da AH Plus ve MetaSeal kullandıkları çalışmalarında, deney gruplarının pozitif kontrol grubuna göre, istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Pozitif kontrol grubuna göre, kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan dişlerde AH Plus, ActiV GP ve Endosequence BC sealer kanal patlarının kullanıldığı gruplar istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek kırılma direnci göstermiştir. Bu sonuç preparasyon sonrası zayıflayan köklerin bu patlarla kırılmaya karşı diş güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. Ancak MTA Fillapex ve Sealapex kanal

patlarının kullanıldığı gruplar ile Pozitif Kontrol grubuna ait ortalama değerler arasında fark olsa da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışmamızın sonucuna göre, MTA Fillapex ve Sealapex'in prepare edilen dişin kırılma direnci üzerinde fazla bir etkisi olmadığı söylenebilir.

Deney gruplarımızda ise farklı kanal patlarının dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerinin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda kalsiyum hidroksit uygulanıp uygulanmamasına göre AH Plus, ActiV GP ve Endosequence BC sealer'a ait değerler arasında anlamlı fark gözlenmemiştir. Bu patların MTA Fillapex ve Sealapex patlarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiği bulunmuştur.

Endodontik tedavi gören dişlerin kırılma direncini arttıran iki ana faktörün, materyalin dentine benzer elastisite modülü göstermesi ve kök kanalının dentin duvarlarına stabil bağlanması olduğu bildirilmiştir. Çobankara ve ark. (2002) kök dentinine kimyasal bağlanmanın dişin kırılma direncine olan kuvvetini arttırdığını rapor etmişlerdir.

Epoksi rezin içerikli patların kök kanal dentinine daha iyi bağlandığı ve dentin tübülllerinde daha derine penetre olduğu bilinmektedir. Ayrıca epoksi rezin içerikli patlar uzun polimerizasyon süresi ve akma kapasitelerinden dolayı mikro düzensizliklere de daha iyi penetre olurlar (Eldeniz ve ark., 2005; De-Deus ve ark., 2006) Doldurma materyali ile olan bağlantı kanal duvarları ve patlar arasında mekanik kilitlenmeyi kuvvetlendirmektedir. Bunun sonucunda da epoksi rezin içerikli patlar kırılma direncini artırabilmektedir. Bu bilgilere paralel olacak şekilde epoksi-rezin içerikli bir pat olan AH Plus'ın çalışmamızda vertikal kök kırığına karşı direnci artırdığını tespit ettik.

Kök kanalı dolgu patı ve kök dentini arasında kimyasal bağlantı oluşması, mekanik bağlantıya oranla daha iyi bir tıkama oluşturabilir. Ancak günümüze kadar kullanılan pek çok kök kanalı dolgu patı, kimyasal bağlantı sağlayacak özelliklere sahip değildir (Saunders and Saunders, 1994). Endodontik tedavide yaygın olarak

kullanılan kanal dolgu patlarının kök dentini ve gütâ-perkaya olan bağlanma dayanımlarını karşılaştıran araştırmalarda, geleneksel kanal dolgu patlarının genellikle dentine veya gütâ-perkaya mekanik yollarla bağlandığı ya da sadece dentin ile kimyasal bağlantı kurduğu gösterilmiştir (Chung ve ark., 2001; Tagger ve ark., 2003; Gogos ve ark., 2004).

Mine ve dentinin hidroksiapatit içeriğine uzun süreli adeziv bağlanma göstermeleri nedeniyle, bazı araştırmacılar endodontide cam iyonomer simanların kullanımını desteklemektedir (Powis ve ark., 1982; Weiger ve ark., 1995). Trope ve Ray (1992), cam iyonomer içerikli patların kökleri güçlendirerek kırılma dirençlerini önemli derecede arttırdığını rapor etmişlerdir.

Lertchirakarn ve ark.'nın (2011) yaptıkları bir çalışmada AH Plus, Tubliseal, Ketac-Endo kanal patlarını dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini karşılaştırdıklarında cam iyonomer içerikli bir pat olan Ketac-Endo ile doldurulan grubun AH Plus ve Tubliseal grubuna göre anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kullandığımız ActiV GP, intraradiküler dentine bağlanabilen cam iyonomer içerikli bir pat ve cam iyonomer kaplı gütâ-perka konlardan oluşan yeni bir kök kanal dolgu sistemidir. Tay ve Pashley (2007) kor materyali ve substrat arasında üç noktada bağlantı bulunan sistemleri, “tersiyer monoblok sistemler” olarak sınıflamışlar ve ActiV GP sisteminde tersiyer monoblok oluştuğunu bildirmişlerdir.

Çalışmalarda ActiV GP'nin kök kanal dentinine yüksek bağlanma gösterdiği rapor edilmiştir (Fisher ve ark., 2007; Hashem ve ark., 2009). Kullanılan kor materyalinin tipi dişin kırılma direnci üzerinde önemli rol oynar. Araştırmalarda, ActiV GP'nin, ActiV GP konla kullanılmasının geleneksel gütâ-perka kona kıyasla çok daha yüksek kırılma direnci gösterdiği bildirilmiştir (Karapınar Kazandağ ve ark., 2009; Ghoneim ve ark., 2011). Bu sonuçlar ActiV GP pat ve ActiV GP konların içerisinde bulunan cam iyonomer partiküller arasındaki kimyasal bağlantıya dayandırılmıştır. Diğer

tarafından incelenen patlar ve geleneksel güta-perka konları arasında kimyasal veya fiziksel bir baēlanma meydana gelmediēi bildirilmiştir (Lee ve ark., 1997).

Çalışmamızın sonucunda ActiV GP grubu ile AH Plus ve Endosequence BC Sealer grupları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. ActiV GP grubu Negatif kontrol grubu ile karřılařtırıldıēında ise kalsiyum hidroksit uygulanmayan grupla anlamlı fark oluşturmazken kalsiyum hidroksit uygulanan grupla anlamlı fark görülmüştür. Bu durumun artık kalan kalsiyum hidroksit partiküllerinin ActiV GP patının baēlanmasını etkilediēinden kaynaklandıēını düşünmekteyiz.

ActiV GP'nin örtücülük zelliēi, bakteriyel sızıntısı ve baēlanma direnci ile ilgili çalışmalar bulunmasına raēmen kırılma direnci ile ilgili yeterli bilgi mevcut deēildir (Fisher ve ark., 2007; Monticelli ve ark., 2007a).

Karapınar Kazandaē ve ark. (2009), farklı kök kanal dolgu sistemlerinin dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkilerini inceledikleri bir çalışmada, negatif ve pozitif olmak üzere iki kontrol grubu ile dört deney grubu oluşturmuşlardır. Grup 1: lateral kompaksiyon/AH Plus+güta-perka, Grup 2: lateral kompaksiyon/Resilon+Epiphany Grup 3: ActiV GP kon/ActiV GP patı, Grup 4:lateral kompaksiyon/ActiV GP+güta-perka olarak belirlemişlerdir. Aynı teknikle doldurulan AH Plus'ın ActiV GP'den daha yüksek kırılma direnci saēladıēı sonucuna varmışlardır. Ancak ActiV GP'nin konları ve ActiV GP patın birlikte kullanılmasının diēer sistemlerden daha üstün olmadıēını bildirmişlerdir. Yaptıēımız çalışmada da ActiV GP ve AH Plus kanal patları tek kon tekniēi ile doldurulmuş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Ghoneim ve ark. (2011) farklı kök kanal patları ile doldurulan dişlerin kırılma direncini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada iRoot SP ve ActiV GP kanal patları ile beraber güta-perka ve ActiV GP konları kullanarak tek kon yöntemi ile kök kanallarını doldurmuşlardır. İnceleme sonucunda en yüksek kırılma direncinin negatif kontrol grubu ve iRoot SP+ActiV GP konun kullanıldıēı grupta gözlendiēini ve bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmediēini ifade

etmişlerdir. ActiV GP+güta-perka ile doldurulan grubun ActiV GP+ActiV GP kon ile doldurulan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük kırılma direnci gösterdiğini belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda ActiV GP kanal patı ile birlikte geleneksel güta-perka konlar yerine ActiV GP konlarını kullanmayı tercih ettik.

Endosequence BC sealer son yıllarda ilgi gören bioseramik içerikli patlardandır. Endodontik tedavide bioseramik teknolojisi diğer doldurma materyallerine alternatif olarak önerilmeye başlanmıştır. Koch ve Brave (2009) bioseramiklerin kullanım kolaylığı sunduğu, iyi örtücülük kabiliyetine ve sertleşme sırasında yüksek pH'ya sahip olduğunu, dolayısı ile artmış biyouyumluluğun kök kanal dolgu işlemi sonrası kökün direncini de arttırdığını belirtmişlerdir. Bioseramik içerikli patların, sertleşmeleri esnasında hidroksiapatite bağlanarak, pat ile dentin duvarı arasında iyi bir bağlantı sağladığı gösterilmiştir. (Zhang ve ark., 2010) Bioseramik içerikli bir pat olan iRoot SP dentin tübülleri içerisindeki nemli ortamla karşılaştığında hidroksiapatit içeriği ile kimyasal bağlanma oluşturduğundan gerçek bir self adeziv materyaldir. Ayrıca bioseramik içerikli patların bir diğer özelliği hidrofilik yapıda olmalarıdır. Düşük yüzey gerilimi patın kanal duvarı boyunca adaptasyonunu artırarak mekanik kilitlenmeyi sağlar ve böylelikle iyi bir örtücülük elde edilebilir. Partikül boyutlarının küçük olması sayesinde kanal boyunca penetre olabilir. Ayrıca içeriğindeki zirkonyum oksit sayesinde yüksek kırılma direnci gösterdiği bildirilmiştir (Chacrabarty ve Basu, 2005).

Üretici firmaya göre Endosequence BC sealer'ın en büyük avantajı ana komponentinin kalsiyum silikat ve hidroksiapatitten oluşmasıdır. Bununla beraber Endosequence BC sealer sadece biyouyumlu değil aynı zamanda biyoaktiftir. Üstün viskozitesi ve çok küçük partikül boyutları; güta-perka yüzeyine adapte olmasına ve dentinal tübüllere, lateral kanallara ve düzensiz alanlara hızlıca akmasına olanak sağlar.

Çalışmamız sonucunda Endosequence BC sealer ile doldurulan grup ile AH Plus ve ActiV GP ile doldurulan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı

gözlenmiştir. MTA Fillapex ve Sealapex gruplarına göre ise anlamlı derecede yüksek kırılma direnci göstermiştir.

Ulusoy ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada simüle immatür köklerde farklı kanal patlarının kırılma direnci üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla ikisi kontrol olmak üzere toplam 9 grup oluşturmuşlardır. Gruplardaki örneklerin apikal 4mm lik kısımları MTA ile kapatıldıktan sonra kanalın geri kalan bölümü şu şekilde doldurulmuştur. Grup1: AH Plus+güta-perka, Grup2: EndoRez+güta-perka, Grup3: EndoRez+resilon, Grup4: hibrid root seal+güta-perka, Grup5: hibrid root seal+resilon, Grup6: iRoot SP+güta-perka, Grup7: iRoot SP+resilon. Değerlendirme sonucunda AH Plus ve iRoot SP arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bu sonuçlara paralel olarak yaptığımız çalışmada da iRoot SP ile aynı kimyasal içeriğe sahip olan Endosequence BC sealer ve AH Plus patları arasında kırılma direnci açısından anlamlı fark gözlenmemiştir.

Sağsen ve ark. (2012) kök kanal patlarının dişlerin kırılma direnci üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada kök kanallarını soğuk lateral kompaksiyon tekniği kullanarak AH Plus, iRoot SP ve MTA Fillapex kanal patlarıyla doldurmuşlardır. AH Plus, iRoot SP ve MTA Fillapex kanal dolgu patları ile doldurulan örnekler arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ancak bu üç kanal dolgu patının kök kanalları genişletilmiş ve doldurulmamış gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede kırılma direncini artırdığını göstermişlerdir. Bu sonuçların AH Plus kanal patının adeziv özelliklerinin ve tıkama kabiliyetinin iyi olması, kök dentin tübüllerine iyi penetre olmasından dolayı oluşan mekanik bağlanma, kalsiyum-silikat içerikli kanal patlarının ise kök dentinine kimyasal bağlanması sebebiyle köklerin kırılma direncini artırabileceğini bildirmişlerdir. Koch ve ark, (2010) bu durumun bio- seramik içerikli kanal patlarının dentin kanallarında bulunan nemli ortam ile karşılaştığında, sertleşme sırasında meydana gelen hidroksi apatit yapılarıyla kök dentini ile aralarında meydana gelen kimyasal bağlanmayla köklerin kırılmalarına karşı direncini artırabileceğini bildirmiştir.

Zhang ve ark. (2010) biyoseramik esaslı kanal patlarının kök dentinine mekanik olarak da bağlandığını, bu durumun ise patların hidrofilik olması ve temas açısının düşük olması sebebiyle ıslatabilme yeteneğinin iyi olması gibi özellikleriyle kanal duvarlarında kolayca yayılmasına ve kök dentinini tamamen hermetik olarak kaplayarak iyi bir tıkama ve adaptasyonunu artırmasıyla açıklamışlardır. Shokouhinejad ve ark. (2013)'nın da AH Plus ve Endosequence BC sealerin bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında gruplar arasında anlamlı fark gözlenmemiştir.

Endosequence BC sealer henüz yeni bir pat olduğundan konu ile ilgili yeterli literatür bilgisine ulaşamamıştır.

MTA Fillapex; silikat rezin, doğal rezin, nanopartikül silika ve bizmut trioksit içeren MTA içerikli bir pattır. Endodontik olarak tedavi edilen dişlerde kırılma direncini artırmak için kök kanal dolgu materyali olarak MTA araştırılmış, son zamanlarda MTA bazlı kök kanal patı olarak kullanılmaya başlanmıştır. MTA'nın kök kanal dolgu maddesi olarak kullanılmasının kökleri güçlendirdiği ve kök kırığına karşı dişlerin direncini arttırdığı belirtilmiştir (Andreasen ve ark., 2006; Cauwels ve ark., 2010). Bu güçlendirme etkisi MTA'nın 24 saat sonra oluşan etkisine bağlanmıştır.

Nagaş ve ark., (2014) iRoot SP'nin kor materyali ile birlikte kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda radiküler dentine bağlanma dayanımlarını farklı kök kanal dolgu sistemleriyle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada kök kanal dolgu patları olarak AH Plus, iRoot SP, RealSeal SE ve MTA Fillapex kullanılarak bağlanma dayanıklılığı testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda kor materyali olarak güta-perka kullanılan gruplarda AH Plus ve iRoot SP arasında bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark bulunamazken MTA Fillapex e göre anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı göstermişlerdir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da (Nagaş ve ark., 2012; Guiotti ve ark., 2014) epoksi rezin bazlı patların MTA içerikli patlardan anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir. Bunu epoksi rezin bazlı patların sertleşme sırasında gösterdikleri düşük büzülme kabiliyeti ve uzun dönemdeki boyutsal stabilitesine bağlamışlardır.

Sağsen ve ark., (2011) AH Plus, iRoot SP ve MTA Fillapex kök kanal patlarının push-out testi ile bağlanma dayanımını inceledikleri çalışmalarında AH Plus ve iRoot SP arasında anlamlı bir fark olmadığını, ancak AH Plus ve iRoot SP'nin, MTA Fillapex'e göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Topçuoğlu ve ark. (2013) farklı içerikli patların kırılma direncini inceledikleri çalışmalarında, AH Plus jet, Endosequence BC sealer ve Tech Biosealer Endo kanal patlarını kullanmışlar ve örnekleri tek kon tekniği kullanarak doldurmuşlardır. AH Plus Jet ve Endosequence BC sealer arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını ve bu patların prepare edilmiş dişlerde kırılma direncini arttırdığını göstermişlerdir. MTA içerikli bir pat olan Tech Biosealer Endo'nun dişlerin kırılma direnci üzerine etkisinin olmadığını göstermişlerdir.

Mandava ve ark.'nın (2014) rezin ve MTA içerikli patların dişlerin kırılma direnci üzerine olan etkilerini inceledikleri bir çalışmada AH Plus, MetaSEAL ve MTA Fillapex patları karşılaştırılmıştır. AH Plus grubunun MTA Fillapex grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kullandığımız MTA Fillapex'in kırılma direnci AH Plus, Endosequence BC sealer ve ActiV GP patlarına göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Araştırmacıların sonuçları bizim çalışmamızın bulguları ile paralellik göstermektedir.

Kalsiyum hidroksit içerikli Sealapexin dentine düşük bağlanma değerleri gösterdiği Wennberg ve Orstavik (1990) tarafından bildirilmiştir. Yüksek değerler elde edilememesi kalsiyum hidroksit yapısının düşük bağlanma kuvvetinden kaynaklanmaktadır.

Lee ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada aralarında Sealapex'in de bulunduğu farklı patların dentin ve guta perkaya olan bağlanmalarını incelemiş ve rezin esaslı AH 26'nın dentine Sealapexten daha iyi bağlandığını bildirmişlerdir. Ersahan ve Aydın, (2010) yaptıkları bir çalışmada AH Plus, iRoot SP ve Sealapex kök kanal patlarının bağlanma dayanımını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda AH Plus ve iRoot SP patlarının Sealapex'e göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini belirtmişlerdir. Mevcut çalışmamızda da epoksi rezin içerikli bir pat olan AH Plus'ın dişin kırılma direnci üzerine etkisi Sealapex'ten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek tespit edilmiştir.

Hanada ve ark. (2010) Sealapex, Epiphany ve RC kök kanal patlarının vertikal kök kırığı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, geleneksel gütaperka ve patlara kıyasla dişlerin kırılma dirençlerini arttırmadıklarını rapor etmişlerdir. Guiotti ve ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada MTA Fillapex ve Sealapex patlarının dentine düşük bağlanma gösterdiğini bununla patların benzer kimyasal içeriğe sahip olmalarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da Sealapex, MTA Fillapex ile yakın sonuçlar vermiş olup kullanılan diğer patlardan önemli ölçüde daha düşük kırılma direnci göstermiştir. Ayrıca pozitif kontrol grubuna göre dişlerin kırılma direncini anlamlı derecede arttırmadığı tespit edilmiştir. Bu da MTA Fillapex ve Sealapex'in dentine bağlanmasının yetersiz olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Kök kanal duvarlarında kalan kalsiyum hidroksit, kanal dolgusunun kalitesini önemli derecede düşürebilir (Barbizam ve ark., 2008). Kalsiyum hidroksit artıkları, patların dentin tübülleri içerisine penetrasyonunu engelleyerek kanal dolgusunun örtücülüğünü azaltabilir. Kalsiyum hidroksit kalıntılarının rezin bazlı patların kök kanal dentinine bağlanma etkinliğini azalttığı ve silikon bazlı patların bağlanmasını engellediği gösterilmiştir (Contardo ve ark., 2007; Barbizam ve ark., 2008).

Çalt ve Serper (1999) çalışmalarında kök kanallarına kalsiyum hidroksit yerleştirilmesinden sonra kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkisini incelemişlerdir. Dişleri iki gruba ayırmışlar, ilk grubu kalsiyum hidroksit patı

ikinci grubu TempCanal ile doldurmuşlardır. Yedi gün bekledikten sonra kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmak için bir grupta sadece NaOCl diğer grupta EDTA ile birlikte NaOCl kullanmışlardır. Tüm örnekler CRCS, AH 26 ve Ketac Endo kanal patları ile lateral kompaksiyon tekniğiyle doldurulmuştur. Sadece NaOCl ile irrigasyon yapılan gruplarda kanal duvarlarında kalsiyum hidroksit kaldığı ve bunun da patın penetrasyonunu engellediğini, EDTA ile birlikte NaOCl kullanımında ise kanal duvarlarından kalsiyum hidroksitin uzaklaştırıldığı ve patların penetrasyonunu etkilemediğini göstermişlerdir.

Yaptığımız çalışmada da kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasında EDTA ve sodyum hipoklorit solüsyonları kullanılmış ve bulgularımıza göre kalsiyum hidroksit uygulanan gruplarda uygulanmayan gruplara göre daha düşük değerler elde edilmiş fakat bu değerlerin kökün kırılma direnci üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Ancak aradaki farkın nedeninin yapılan irrigasyon işlemi ile kanal duvarlarındaki kalsiyumun tam olarak uzaklaştırılamaması sonucu patların dentine adaptasyonunun az da olsa etkilediğinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Kalsiyum hidroksitin uzun dönem kullanımı sonucunda dişin direncini azalttığını bildiren çalışmalar mevcuttur. Zarei ve ark. (2013), bir hafta süre ile kalsiyum hidroksit uygulamasının dişlerin kırılma direncini etkilemeyeceğini bildirmişlerdir. Biz de çalışmamızda kalsiyum hidroksit uygulanan gruplardaki düşük değerlerin bununla ilgili olmadığını, patın adaptasyonu ile ilgili olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızla bire bir uyumlu kalsiyum hidroksitin kök kırığı direnci üzerine etkisinin kısa dönem ve kanal dolgusu öncesi kullanılması ile ilgili karşılaştırma yapabilecek bir çalışma mevcut değildir. Ancak bununla ilgili olarak bağlanma çalışmaları yapılmıştır.

Amin ve ark. (2012) AH Plus, MTA Fillapex ve iRoot SP kanal patları ile kanal dolgusundan önce kalsiyum hidroksit medikaman uygulamasının bağlanma dayanımı üzerine olan etkilerini incelemişler. Bunun sonucunda kök kanal dolgusundan önce yapılan CaOH_2 uygulamasının AH Plus ve MTA Fillapexin bağlanma dayanımı üzerine artırıcı veya azaltıcı bir etkisinin olmadığı ancak iRoot SP'nin bağlanma dayanımını arttırdığını göstermişlerdir. Kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben AH

Plus ve iRoot SP nin benzer bağlanma dayanımı gösterdiğini ve MTA Fillapex ten anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda da kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben AH Plus ve Endosequence BC sealer arasında kırılma direnci açısından anlamlı fark bulunmazken MTA Fillapex'ten anlamlı olarak yüksek değerler elde edildi.

Akçay ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada kalsiyum hidroksit, ikili ve üçlü antibiyotik içerikli kanal içi ilaç uygulamalarının epoksi rezin içerikli patların kök kanal dentinine bağlanma dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ikili antibiyotik patı ve kalsiyum hidroksitin AH Plus'ın bağlanma dayanımını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Guiotti ve ark. (2014) kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben farklı patlarla doldurdukları dişlerin bağlanma direncini değerlendirdikleri çalışmalarında 6 gruba ayırdıkları örneklerin ilk 3 grubunu 7 günlük kalsiyum hidroksit uygulamasını takiben sırasıyla MTA Fillapex, Sealapex ve AH Plus patıyla doldurmuşlardır. Diğer 3 grubu ise kalsiyum hidroksit uygulaması yapılmadan aynı patlarla doldurmuşlardır. Tüm koşullarda AH Plus patının MTA Fillapex ve Sealapex patlarına göre anlamlı derecede yüksek bağlanma direnci gösterdiğini, MTA Fillapex ve Sealapex'in bağlanma direncinin benzer sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı içerikli kanal patlarının kök kanalına kalsiyum hidroksit uygulamasından sonra vertikal kök kırığı direnci üzerine etkilerinin in vitro koşullarda değerlendirdiğimiz bu çalışmada;

- 1) Kök kanalları şekillendirilmiş ama doldurulmamış Pozitif kontrol grubunun kırılma direnci değerleri herhangi bir işlem yapılmamış dişlerden oluşan Negatif kontrol grubundan oldukça düşük bulunmuştur ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.001$). Bu sonuca göre; kök kanallarının şekillendirilmesi dişlerin kırılma direncini azaltmaktadır.
- 2) Negatif kontrol grubu ile AH Plus, AH Plus+CaOH₂ , ActiV GP gruplarına ait kırılma direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0.05$). Bu sonuç kanalları AH Plus ve ActiV GP patı ile doldurulan dişlerin kırılmaya karşı dirençlerinin herhangi bir işlem yapılmamış dişlere yakın olduğunu göstermektedir.
- 3) Pozitif kontrol grubu ile kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan MTA Fillapex ve Sealapex grupları arasında kırılma direnci değerleri yönünden anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç MTA Fillapex ve Sealapex'in kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde vertikal kök kırığı oluşumuna karşı dişin direncini çok fazla artırmadığını göstermektedir. Ancak AH Plus, ActiV GP ve Endosequence BC sealer grupları ile Pozitif kontrol grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Bu patların preparasyonla zayıflamış kök kanallarını güçlendirdiğini söyleyebiliriz.
- 4) Kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan AH Plus, Endosequence BC sealer ve ActiV GP patları ile doldurulan grupların kırılma direnci değerleri MTA Fillapex ve Sealapex gruplarına göre anlamlı derecede yüksektir ($p<0.001$). MTA Fillapex ve Sealapex grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

- 5) Kalsiyum hidroksit uygulanan deney gruplarında kök kırığı direnci değerleri uygulanmayan gruba göre düşük olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bir haftalık kalsiyum hidroksit uygulaması patların kök kırığı direnci üzerine etkilerini olumsuz yönde değiştirmemiştir.
- 6) Epoksi rezin içerikli bir pat olan AH Plus 'ın dişlerin kırılmaya karşı direncini arttırdığı çalışmamızda olduğu gibi pek çok çalışmada gösterilmiştir. Endodontide bioseramik içerikli patlar henüz yeni kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca cam iyonomer içerikli ActiV GP sistemiyle ilgili çalışmalarda oldukça sınırlıdır. Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasını sağlarken, dişlerin kırılma direncini arttıracak materyallerin geliştirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu kanısındayız.

ÖZET

Farklı içerikli kanal patlarının kök kanalına kalsiyum hidroksit uygulamasından sonra vertikal kök kırığı direnci üzerine etkilerinin in vitro değerlendirilmesi.

Bu çalışmanın amacı, farklı içerikli kök kanal patlarının kalsiyum hidroksit uygulanmış ve uygulanmamış dişlerde kırılma direnci üzerine etkilerinin incelenmesidir. Çalışmamızda 180 adet yeni çekilmiş, daimi, insan alt küçük azı dişi kullanıldı. Mine-sement birleşim bölgesinden kronlar uzaklaştırıldı ve kök uzunlukları 13 mm olacak şekilde ayarlandı. Hiçbir işlem yapılmayan 15 diş negatif kontrol grubu olarak ayrıldı. Kök kanalları Pro-Taper döner enstrumanlarla F3'e kadar genişletildikten sonra %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonları ile smear tabakası uzaklaştırıldı. Bu dişlerden 15'i pozitif kontrol grubunu oluşturmak üzere ayrıldı. Kalan dişler her bir deney grubunda 30 diş olacak şekilde 5 deney grubuna ayrıldı. Her bir deney grubundaki dişler onbeşerli iki alt gruba ayrılarak bir gruba 1 hafta süre ile kalsiyum hidroksit yerleştirildi. Kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasını takiben kalsiyum hidroksit uygulanan ve uygulanmayan örnekler sırasıyla AH Plus, Endosequence BC Sealer, ActiV GP, MTA Fillapex ve Sealapex kök kanal patlarıyla açılı güta-perka ile tek kon tekniği kullanılarak dolduruldu. Deney grubundaki dişler 37 °C'de %100 nemli ortamda iki hafta boyunca bekletildi. Kırılma direnci testi universal test cihazı kullanılarak yapıldı. Herbir örneğe kırık oluşuncaya kadar dakikada 1 mm kuvvet uygulandı. Sonuçlar Newton olarak kaydedildi. Bulgular Kruskal-Wallis H testi ve Mann Whitney U testleri ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

En yüksek kırılma direnci hiçbir işlem yapılmamış olan Negatif kontrol daha sonra sırasıyla AH Plus, ActiV GP ve Endosequence BC sealer gruplarında gözlenmiştir. Bu grupların kırılma dirençleri Sealapex ve MTA Fillapex gruplarına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.001$). MTA Fillapex ve Sealapex grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Bulgularımıza göre, 1 hafta süre ile uygulanan kalsiyum hidroksit uygulamasının kullanılan kanal patlarının köklerin kırılma direnci üzerine etkisini anlamlı derecede değiştirmedeği gözlenmiştir ($p>0.05$).

Anahtar Sözcükler: ActiV GP, Endosequence BC sealer, Kırılma direnci, Kök kanal patları, MTA Fillapex, Vertikal kök kırığı.

SUMMARY

In vitro evaluation of the effects of different root canal sealers on the vertical root fracture resistance after calcium hydroxide treatment

The aim of this study was to investigate the effects of different root canal sealers on the fracture resistance of teeth with or without the treatment of calcium hydroxide. In our study, a total of 180, freshly extracted, permanent, human premolar teeth were used. Crowns were removed from the enamel-cementum junction and root lengths were adjusted to 13 mm. Teeth without any treatment were used as negative control group. To remove smear layer of root canals were irrigated by using 2,5 % NaOCl and 17 % EDTA following preparation with Pro-Taper rotary instruments up to the size F3. Among these teeth, 15 of them were allocated to positive control group. Remaining teeth were divided into 5 experimental groups (n=30/group). The teeth in each group were divided into two sub-groups, and the teeth included in one of these groups were treated with calcium hydroxide for 7 days. All samples were filled by using AH Plus, Endosequence BC Sealer, ActiV GP, MTA Fillapex and Sealapex according to the single cone technique, and were kept in an 100% humidity environment at 37 °C for 2 weeks. Fracture resistance test was done using universal test machine. Each sample was forced to fracture at a crosshead speed of 1mm/min. The results were calculated as Newton. The data were statistically analyzed using Kruskal-Wallis H and Mann Whitney U tests.

The maximum fracture resistance was obtained with the group of Negative control and then AH Plus, ActiV GP and Endosequence BC Sealer, which were not pretreated previously. The fracture resistance of these groups was significantly higher than the groups of MTA Fillapex and Sealapex ($p<0.001$). There were no significant differences between the groups of MTA Fillapex and Sealapex ($p>0.05$). Based on our results, no significant effect was observed in the calcium hydroxide treatment for 1 week on the fracture resistance of root fracture.

Key Words: ActiV GP, Endosequence BC sealer, Fracture resistance, MTA Fillapex, Root canal sealer, Vertical Root Fracture.

KAYNAKLAR

- ADDY, M. & MOSTAFA, P. (1988). Dentine hypersensitivity. I. Effects produced by the uptake in vitro of metal ions, fluoride and formaldehyde onto dentine. *J Oral Rehabil*, **15**: 575-85.
- AKCAY, M., ARSLAN, H., TOPCUOGLU, H. S. & TUNCAY, O. (2014). Effect of Calcium Hydroxide and Double and Triple Antibiotic Pastes on the Bond Strength of Epoxy Resin-based Sealer to Root Canal Dentin. *J Endod*, **40**: 1663-7.
- AKTENER, B. O. & BILKAY, U. (1993). Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *J Endod*, **19**: 228-31.
- ALAÇAM, T. (2012). *Endodonti*. 2. Baskı. Ankara: Barış Yayınları, syf:451-532,769-858
- AL-OMARI, M. A., DUMMER, P. M., NEWCOMBE, R. G. & DOLLER, R. (1992). Comparison of six files to prepare simulated root canals. 2. *Int Endod J*, **25**: 67-81.
- AMIN, S. A., SEYAM, R. S. & EL-SAMMAN, M. A. (2012). The effect of prior calcium hydroxide intracanal placement on the bond strength of two calcium silicate-based and an epoxy resin-based endodontic sealer. *J Endod*, **38**: 696-9.
- ANDERSEN, M., LUND, A., ANDREASEN, J. O. & ANDREASEN, F. M. (1992). In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol*, **8**: 104-8.
- ANDREASEN, J. O., FARIK, B. & MUNKSGAARD, E. C. (2002). Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol*, **18**: 134-7.
- ANDREASEN, J. O., MUNKSGAARD, E. C. & BAKLAND, L. K. (2006). Comparison of fracture resistance in root canals of immature sheep teeth after filling with calcium hydroxide or MTA. *Dent Traumatol*, **22**: 154-6.
- APICELLA, M. J., LOUSHINE, R. J., WEST, L. A. & RUNYAN, D. A. (1999). A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. *Int Endod J*, **32**: 376-80.
- ARTVINLI, L. B. & DURAL, S. (2003). Spontaneously healed root fracture: report of a case. *Dent Traumatol*, **19**: 64-6.
- BABA, S. M., GROVER, S. I. & TYAGI, V. (2010). Fracture resistance of teeth obturated with Gutta percha and Resilon: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **13**: 61-4.
- BARBIZAM, J. V., TROPE, M., TEIXEIRA, E. C., TANOMARU-FILHO, M. & TEIXEIRA, F. B. (2008). Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. *Braz Dent J*, **19**: 224-7.
- BARROSO, J. M., CARRASCO, L. D., CAPELLI, A., GUERISOLI, D. M., SAQUY, P. C. & PECORA, J. D. (2005). Influence of gutta-percha points on the filling of simulated lateral canals. *J Appl Oral Sci*, **13**: 176-9.
- BATUR, Y. B., ERDEMİR, U. & SANCAKLI, H. S. (2013). The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol*, **29**: 461-4.

- BLOCK, R. M., LEWIS, R. D., SHEATS, J. B. & BURKE, S. H. (1977). Antibody formation to dog pulp tissue altered by N2-type paste within the root canal. *J Endod*, **3**: 309-16.
- BODRUMLU, E. & TUNGA, U. (2007). The apical sealing ability of a new root canal filling material. *Am J Dent*, **20**: 295-8.
- BOUILLAGUET, S., TROESCH, S., WATAHA, J. C., KREJCI, I., MEYER, J. M. & PASHLEY, D. H. (2003). Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater*, **19**, 199-205.
- BRANNSTROM, M., NORDENVALL, K. J. & GLANTZ, P. O. (1980). The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. *J Dent Res*, **59**: 1127-31.
- BRANNSTROM, M., VOJINOVIC, O. & NORDENVALL, K. J. (1979). Bacteria and pulpal reactions under silicate cement restorations. *J Prosthet Dent*, **41**: 290-5.
- BRYANT, S. T., THOMPSON, S. A., AL-OMARI, M. A. & DUMMER, P. M. (1998). Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J*, **31**: 282-9.
- BUTTLER, T. K. & CRAWFORD, J. J. (1982). The detoxifying effect of varying concentrations of sodium hypochlorite on endotoxins. *J Endod*, **8**: 59-66.
- BYSTROM A., CLAEISSON R., SUNDQVIST, G. (1985). The antimicrobial effect of amphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in treatment of infected root canals. *Endodontics and Dental Traumatology*, **1**: 175.
- BYSTROM, A. & SUNDQVIST, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*, **18**: 35-40.
- CALLISTER W.D. (1997). *Failure chapter In: materials science and engineering introduction*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 178-228.
- CALLISTER W.D. (2003) *Failure. In WD Callister ed. Materials science and engineering: an introduction*, 6th edn New York; [Chichester]: Wiley, p:192-245
- CALT, S. & SERPER, A. (1999). Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*, **25**: 431-3.
- CALT, S. & SERPER, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*, **28**: 17-9.
- CALT, S. & UZUNOĞLU, E. (2010). Kök kanal dolgu maddeleri Review. *Türkiye Klinikleri* **1**(3): 1-15
- CAMERON, J. A. (1984). The use of ultrasound and an EDTA-urea peroxide compound in the cleansing of root canals. An SEM study. *Aust Dent J*, **29**: 80-5.
- CANDEIRO, G. T., CORREIA, F. C., DUARTE, M. A., RIBEIRO-SIQUEIRA, D. C. & GAVINI, G. (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*, **38**: 842-5.
- CARVALHO-JUNIOR, J. R., GUIMARAES, L. F., CORRER-SOBRINHO, L., PECORA, J. D. & SOUSA-NETO, M. D. (2003). Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Braz Dent J*, **14**: 114-8.

- CAUWELS, R. G., PIETERS, I. Y., MARTENS, L. C. & VERBEECK, R. M. (2010). Fracture resistance and reinforcement of immature roots with gutta percha, mineral trioxide aggregate and calcium phosphate bone cement: a standardized in vitro model. *Dent Traumatol*, **26**: 137-42.
- CERGNEUX, M., CIUCCHI, B., DIETSCHI, J. M. & HOLZ, J. (1987). The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J*, **20**: 228-32.
- CERTOSIMO, F. J., MILOS, M. F. & WALKER, T. (1999). Endodontic working length determination--where does it end? *Gen Dent*, **47**: 281-6
- CHADRHA, R., TANEJA, S., KUMAR, M. & SHARMA, M. (2010). An in vitro comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different materials. *Contemp Clin Dent*, **1**: 70-2.
- CHAKRABORTY, J., BASU, D., (2005). Bioceramics- A New Era. *T. Indian Ceram Soc.*64:(4)
- CHEN, R. S., LIU, C. C., CHENG, M. R. & LIN, C. P. (2000). Bonded amalgam restorations: using a glass-ionomer as an adhesive liner. *Oper Dent*, **25**: 411-7.
- CHOGLE, S., MICKEL, A. K., HUFFAKER, S. K. & NEIBAUR, B. (2005). An in vitro assessment of iodoform gutta-percha. *J Endod*, **31**: 814-6.
- CHUNG, H. A., TITLEY, K., TORNECK, C. D., LAWRENCE, H. P. & FRIEDMAN, S. (2001). Adhesion of glass-ionomer cement sealers to bovine dentin conditioned with intracanal medications. *J Endod*, **27**: 85-8.
- CLARK-HOLKE, D., DRAKE, D., WALTON, R., RIVERA, E. & GUTHMILLER, J. M. (2003). Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent*, **31**: 275-81.
- COBANKARA, F. K., ADANIR, N. & BELLI, S. (2004). Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod*, **30**: 406-9.
- COBANKARA, F. K., ORUCOGLU, H., SENGUN, A. & BELLI, S. (2006). The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod*, **32**: 66-8.
- COBANKARA, F. K., UNGOR, M. & BELLI, S. (2002). The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture. *J Endod*, **28**: 606-9.
- COHEN, S. & HARGREAVES, K.M. (2006). *Pathways of the Pulp*. 9th ed St Louis: Mosby **p**: 358-391
- COHEN, B.I, PAGNILLO, M.K, MUSIKANT, L.B., DEUTSCH, S.A. (2000). An *in vitro* study of the cytotoxicity of two root canal sealers. *J. Endod.*, **26**: 228-229
- CONTARDO, L., DE LUCA, M., BEVILACQUA, L., BRESCHI, L. & DI LENARDA, R. (2007). Influence of calcium hydroxide debris on the quality of endodontic apical seal. *Minerva Stomatol*, **56**: 509-17.
- CRAIG, R.G. (1985). *Restorative Dental Materials* 8th ed. St.Louis, *The C.V. Mosby Co.* **p**.270-354.
- CVEK, M. (1992). Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol*, **8**: 45-55.
- CZONSTKOWSKY, M., WILSON, E. G. & HOLSTEIN, F. A. (1990). The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*, **34**: 13-25.

- ÇALIŞKAN, M.K. (2006). *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. 1. Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 400-462
- DANG, D. A. & WALTON, R. E. (1989). Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader design. *J Endod*, **15**: 294-301.
- DAVIS, E. L., JOYNT, R. B., WIECZKOWSKI, G., JR. & LAURA, J. C. (1989). Bond durability between dentinal bonding agents and tooth structure. *J Prosthet Dent*, **62**: 253-6.
- DE GEE AJ, WU MK & WESSELINK, PR. (1994). Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J*, **27**(5): 239-44.
- DE GREGORIO, C., ESTEVEZ, R., CISNEROS, R., HEILBORN, C. & COHENCA, N. (2009). Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod*, **35**: 891-5.
- DE-DEUS, G., COUTINHO-FILHO, T., REIS, C., MURAD, C. & PACIORNIK, S. (2006). Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. *J Endod*, **32**: 998-1001.
- DOYON, G. E., DUMSHA, T. & VON FRAUNHOFER, J. A. (2005). Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. *J Endod*, **31**: 895-7.
- ELAYOUTI, A., CHU, A. L., KIMIONIS, I., KLEIN, C., WEIGER, R. & LOST, C. (2008). Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J*, **41**: 1088-92.
- ELDEEB, M. E. & BORAAS, J. C. (1985). The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J*, **18**: 1-7.
- ELDENİZ, A. U., ERDEMİR, A. & BELLİ, S. (2005). Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*, **31**: 293-6.
- ERDEMİR, A., ARI, H., GUNGUNES, H. & BELLİ, S. (2004). Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod*, **30**: 113-6.
- ERDOĞAN, S. (2004). *Sürekli değişkenler için güvenilirlik analizinde kullanılan ilişki katsayılarının değişken varyansından ve etki büyüklüğünden etkilenme durumları*. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- ERSAHAN, S. & AYDIN, C. (2010). Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod*, **36**: 2000-2.
- ERSEV, H., YILMAZ, B., PEHLİVANOĞLU, E., ÖZCAN, ÇALIŞKAN, E. & ERİŞEN, F.R. (2012). Resistance to vertical root fracture of endodontically treated teeth with MetaSEAL. *J Endod*, **38**(5): 653-6.
- EZZIE, E., FLEURY, A., SOLOMON, E., SPEARS, R. & HE, J. (2006). Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *J Endod*, **32**: 341-4.
- FARIA-JUNIOR, N. B., TANOMARU-FILHO, M., BERBERT, F. L. & GUERREIRO-TANOMARU, J. M. (2013). Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J*, **46**: 755-62.
- FAVA, L. R. & SAUNDERS, W. P. (1999). Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *Int Endod J*, **32**: 257-82.

- FERNANDES A, & DESSAI G. (2001). Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont*, **14**: 355–63.
- FISHER, F. J. & MCCABE, J. F. (1978). Calcium hydroxide base materials. An investigation into the relationship between chemical structure and antibacterial properties. *Br Dent J*, **144**: 341–4.
- FISHER, M. A., BERZINS, D. W. & BAHCALL, J. K. (2007). An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod*, **33**: 856–8.
- FLORES, D. S., RACHED, F. J., JR., VERSIANI, M. A., GUEDES, D. F., SOUSA-NETO, M. D. & PECORA, J. D. (2011). Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int Endod J*, **44**: 126–35.
- FOKKINGA, W. A., LE BELL, A. M., KREULEN, C. M., LASSILA, L. V., VALLITTU, P. K. & CREUGERS, N. H. (2005). Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. *Int Endod J*, **38**: 230–7.
- FUENTES, V., TOLEDANO, M., OSORIO, R. & CARVALHO, R. M. (2003). Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A*, **66**: 850–3.
- FUSS, Z., LUSTIG, J., KATZ, A. & TAMSE, A. (2001). An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod*, **27**: 46–8.
- GAMBARINI, G., TESTARELLI, L., PONGIONE, G., GEROSA, R. & GAGLIANI, M. (2006). Radiographic and rheological properties of a new endodontic sealer. *Aust Endod J*, **32**: 31–4.
- GDOUTAS, EE. (1993) Fracture mechanics: an introduction Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers.
- GETTLEMAN, B. H., MESSER, H. H. & ELDEEB, M. E. (1991). Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod*, **17**: 15–20.
- GHER, M. E., JR., DUNLAP, R. M., ANDERSON, M. H. & KUHL, L. V. (1987). Clinical survey of fractured teeth. *J Am Dent Assoc*, **114**: 174–7.
- GHONEIM, A. G., LUTFY, R. A., SABET, N. E. & FAYYAD, D. M. (2011). Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod*, **37**: 1590–2.
- GILBOE, D. B., SVARE, C. W., THAYER, K. E. & DRENNON, D. G. (1980). Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *J Prosthet Dent*, **44**: 310–6.
- GIMLIN, D. R., PARR, C. H. & AGUIRRE-RAMIREZ, G. (1986). A comparison of stresses produced during lateral and vertical condensation using engineering models. *J Endod*, **12**: 235–41.
- GLOSSEN, C. R., HALLER, R. H., DOVE, S. B. & DEL RIO, C. E. (1995). A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod*, **21**: 146–51.
- GOGOS, C., ECONOMIDES, N., STAVRIANOS, C., KOLOKOURIS, I. & KOKORIKOS, I. (2004). Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *J Endod*, **30**: 238–40.
- GOGOS, C., STAVRIANOS, C., KOLOKOURIS, I., PAPADOYANNIS, I. & ECONOMIDES, N. (2003). Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent*, **31**: 321–6.

- GOLDMAN, M., GOLDMAN, L. B., CAVALERI, R., BOGIS, J. & LIN, P. S. (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod*, **8**: 487-92.
- GOMES, B. P., SOUZA, S. F., FERRAZ, C. C., TEIXEIRA, F. B., ZAIA, A. A., VALDRIGHI, L. & SOUZA-FILHO, F. J. (2003). Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J*, **36**: 267-75.
- GOODMAN, A., SCHILDER, H. & ALDRICH, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **37**: 954-61.
- GORACCI, C., TAVARES, A. U., FABIANELLI, A., MONTICELLI, F., RAFFAELLI, O., CARDOSO, P. C., TAY, F. & FERRARI, M. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*, **112**: 353-61.
- GORDON, M. P., LOVE, R. M. & CHANDLER, N. P. (2005). An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J*, **38**: 87-96.
- GRANDE, N. M., PLOTINO, G., LAVORGNA, L., IOPPOLO, P., BEDINI, R., PAMEIJER, C. H. & SOMMA, F. (2007). Influence of different root canal-filling materials on the mechanical properties of root canal dentin. *J Endod*, **33**: 859-63.
- GREENHILL, J. D. & PASHLEY, D. H. (1981). The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res*, **60**: 686-98.
- GRIGORATOS, D., KNOWLES, J., NG, Y. L. & GULABIVALA, K. (2001). Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J*, **34**: 113-9.
- GROSSMAN, L.I. (1974). *Endodontic Practice*. 8nd Ed., Philadelphia: Lea&Febiger, p.:282-323
- GROSSMAN, L.I. (1988). *Endodontic Practice*. Philadelphia: Lea and Febiger. p.242-270
- GU, L. S., KIM, J. R., LING, J., CHOI, K. K., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, **35**: 791-804.
- GUIOTTI, F. A., KUGA, M. C., DUARTE, M. A., SANT'ANNA, A. J. & FARIA, G. (2014). Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin. *Braz Oral Res*, **28**: (1).
- GUTMANN, J. L. (1992). The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*, **67**: 458-67.
- HAAPASALO, M., ENDAL, U., ZANDI, H. ve COIL, J. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, **10**: 77-102.
- HANADA, T., QUEVEDO, C. G., OKITSU, M., YOSHIOKA, T., IWASAKI, N., TAKAHASHI, H. & SUDA, H. (2010). Effects of new adhesive resin root canal filling materials on vertical root fractures. *Aust Endod J*, **36**: 19-23.
- HANSEN, E. K., ASMUSSEN, E. & CHRISTIANSEN, N. C. (1990). In vivo fractures of endodontically treated posterior teeth restored with amalgam. *Endod Dent Traumatol*, **6**: 49-55.
- HARNDEN, D. G. (1981). Tests for carcinogenicity and mutagenicity. *Int Endod J*, **14**: 35-40.

- HARRISON, J. W. (1984). Irrigation of the root canal system. *Dent Clin North Am*, **28**: 797-808.
- HARVEY, T. E., WHITE, J. T. & LEEB, I. J. (1981). Lateral condensation stress in root canals. *J Endod*, **7**: 151-5.
- HASHEM, A. A., GHONEIM, A. G., LUTFY, R. A. & FOUUDA, M. Y. (2009). The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod*, **35**: 537-40.
- HELPER, A. R., MELNICK, S. & SCHILDER, H. (1972). Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **34**: 661-70.
- HENCH, L.L. (1991). Bioceramics from Concept to Clinic. *J. Amer. Ceram. Soc.*, **74**: 1487- 1510.
- HEYDECKE, G., BUTZ, F. & STRUB, J. R. (2001). Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent*, **29**: 427-33.
- HIMEL, V.T., McSPADDEN, J.T., & GOODIS, H.E. (2006). Instruments, materials and devices. In: *Pathways of the Pulp*, 9nd Ed., Ed.: Cohen, S., Hargreaves, M.K., St Louis: Mosby, p.: 263-290
- HOLCOMB, J. Q., PITTS, D. L. & NICHOLLS, J. I. (1987). Further investigation of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. *J Endod*, **13**: 277-84.
- HOLLAND, R. & DE SOUZA, V. (1985). Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J Endod*, **11**: 535-43.
- HOLLAND, R., ALEXANDRE, A. C., MURATA, S. S., DOS SANTOS, C. A. & DEZAN JUNIOR, E. (1995). Apical leakage following root canal dressing with calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol*, **11**: 261-3.
- HUFFMAN, BP., MAI, S., PINNA, L., WELLER, R.N., PRIMUS, C.M., GUTMANN, J.L., PASHLEY, D.H. & TAY, F. R (2009). Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*. **42**(1): 34-46.
- HURMUZLU, F., KIREMITCI, A., SERPER, A., ALTUNDASAR, E. & SISO, S. H. (2003). Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with ormocer and packable composite. *J Endod*, **29**: 838-40.
- INDIRA MD & NANDLAL B. (2010). Comparative evaluation of the effect of cavity disinfectants on the fracture resistance of primary molars restored with indirect composite inlays: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.*, **28**: 258-63.
- INGLE, J & BAKLAND, L. (2002). Endodontics. London: BC Decker Inc. p:747-769
- IQBAL, M. K., FIRIC, S., TULCAN, J., KARABUCAK, B. & KIM, S. (2004). Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, **37**: 359-64.
- JAINAEN, A., PALAMARA, J. E. & MESSER, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J*, **40**: 882-90.
- JAMESON, M. W., HOOD, J. A. & TIDMARSH, B. G. (1993). The effects of dehydration and rehydration on some mechanical properties of human dentine. *J Biomech*, **26**: 1055-65.
- JOHNSON, D.J. (2008). Root canal filling materials. In: *Ingle's Endodontics 6*, Ed:Ingle, J.I, Bakland, L.K., Baumgartner, J.C., BC Decker Inc, p: 1019-1087

- JOHNSON, M. E., STEWART, G. P., NIELSEN, C. J. & HATTON, J. F. (2000). Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **90**: 360-4.
- JOHNSON, W.T. & GUTMANN, J.L. (2006). Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: *Pathways of the Pulp*, 9nd Ed., Ed.: Cohen, S., Hargreaves, M.K., St Louis: Mosby, p.: 358-399.
- KADI, H, SYKES, LM, & VALLY Z. (2006) Acuracy of the Raypex- 4 and Propex apex locators in detecting horizontal and vertical root fractures: an in vitro study. *J S AFR dent assoc* **61**: 244-7
- KARAPINAR KAZANDAG, M., SUNAY, H., TANALP, J. & BAYIRLI, G. (2009). Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *Int Endod J*, **42**: 705-10.
- KENNEDY, W. A., WALKER, W. A., 3RD & GOUGH, R. W. (1986). Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod*, **12**: 21-7.
- KOÇAK, M.M. (2007) *Farklı kök kanal aletleri ile hazırlanan kök kanallarında çeşitli dolgu materyallerinin özelliklerinin koronal ve apikal mikrosızıntı ile değerlendirilmesi*. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- KOCH, K. & BRAVE, D. (2006). A new endodontic obturation technique. *Dent Today*, **25**: 102, 104-7
- KOCH, K. A. & BRAVE, D. (2009). EndoSequence: melding endodontics with restorative dentistry, part 1. *Dent Today*, **28**: 102, 104, 106-7.
- KOCH, K.A, BRAVE, D.G. & NASSEH, A.A. (2010). Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, Part I. *Dent.*, **29**(2): 100-5.
- KOKKAS, A. B., BOUTSIUKIS, A., VASSILIADIS, L. P. & STAVRIANOS, C. K. 2004. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod*, **30**: 100-2.
- KUMAR, P., KAUR, N. M., ARORA, S. & DIXIT, S. (2014). Evaluation of fracture resistance of roots obturated with resilon and thermoplasticized gutta-percha: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **17**: 354-8.
- KURTZMAN, G. M. (2007). Simplifying endodontics with endosequence rotary instrumentation. *J Calif Dent Assoc*, **35**: 625-8.
- KUŞDEMİR, M. (2007). Farklı dentin bağlayıcı ajanların dentin bariyeri testi kullanılarak L929 hücreleri üzerine sitotoksitesinin incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı.
- LAM, P.P., PALAMARA, J.E. & MESSER, H.H. (2005). Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod*. **31**(7):529-32.
- LAMBRIANIDIS, T., MARGELOS, J. & BELTES, P. (1999). Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *J Endod*, **25**: 85-8.
- LAMBRIANIDIS, T., KOSTI, E., BOUTSIUKIS, C. & MAZINIS, M. (2006). Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *Int Endod J*, **39**: 55-61.

- LANG, H., KORKMAZ, Y., SCHNEIDER, K. & RAAB, W. H. (2006). Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *J Dent Res*, **85**: 364-8.
- LEE, C. Q., HARANDI, L. & COBB, C. M. (1997). Evaluation of glass ionomer as an endodontic sealant: an in vitro study. *J Endod*, **23**: 209-12.
- LEE, K. W., WILLIAMS, M. C., CAMPS, J. J. & PASHLEY, D. H. (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*, **28**: 684-8.
- LEONARDO, M. R., SILVA, L. A., UTRILLA, L. S., ASSED, S. & ETHER, S. S. (1997). Calcium hydroxide root canal sealers--histopathologic evaluation of apical and periapical repair after endodontic treatment. *J Endod*, **23**: 428-32.
- LERTCHIRAKARN, V., PALAMARA, J. E. & MESSER, H. H. (1999). Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. *J Endod*, **25**: 99-104.
- LERTCHIRAKARN, V., PALAMARA, J. E. & MESSER, H. H. (2003a). Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod*, **29**: 523-8.
- LERTCHIRAKARN, V., PALAMARA, J. E. & MESSER, H. H. (2003b). Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. *J Endod*, **29**: 529-34.
- LERTCHIRAKARN, V., POONKAEW, A. & MESSER, H. (2011). Fracture resistance of roots filled with gutta-percha or RealSeal(R). *Int Endod J*, **44**: 1005-10.
- LEYHAUSEN, G., HEIL, J., REIFFERSCHIED, G., WALDMANN, P. & GEURTSEN, W. (1999). Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *J Endod*, **25**: 109-13.
- LIN, Y. H., MICKEL, A. K. & CHOGLE, S. (2003). Effectiveness of selected materials against *Enterococcus faecalis*: part 3. The antibacterial effect of calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, **29**: 565-6.
- LINDAUER, P. A., CAMPBELL, A. D., HICKS, M. L. & PELLEU, G. B. (1989). Vertical root fractures in curved roots under simulated clinical conditions. *J Endod*, **15**: 345-9.
- LINDEMUTH, J. S., HAGGE, M. S. & BROOME, J. S. (2000). Effect of restoration size on fracture resistance of bonded amalgam restorations. *Oper Dent*, **25**: 177-81.
- LOHBAUER, U., GAMBARINI, G., EBERT, J., DASCH, W. & PETSCHLT, A. (2005). Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. *Int Endod J*, **38**: 683-9.
- LOMMEL, T. J., MEISTER, F., GERSTEIN, H., DAVIES, E. E. & TILK, M. A. (1978). Alveolar bone loss associated with vertical root fractures. Report of six cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **45**: 909-19.
- LOUSHINE, B. A., BRYAN, T. E., LOONEY, S. W., GILLEN, B. M., LOUSHINE, R. J., WELLER, R. N., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. (2011). Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod*, **37**: 673-7.
- MADER, C. L., BAUMGARTNER, J. C. & PETERS, D. D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*, **10**: 477-83.
- MANDAVA, J., CHANG, P. C., ROOPESH, B., FARUDDIN, M. G., ANUPREETA, A. & UMA, C. (2014). Comparative evaluation of fracture resistance of root dentin to resin sealers and a MTA sealer: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **17**: 53-6.

- MANHART, M. (1982). The calcium hydroxide method of endodontic sealing. *Oral Surg Oral Med and Oral Pathol* **59**: 219-24
- MARCIANO, J. & MICHAILESCO, P. M. (1989). Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications. *J Endod*, **15**: 149-53.
- MARENDING M, PAGUE F, FISCHER J, & ZEHNDER M. (2007). Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod*, **33**: 1325-8.
- MARGELOS, J., ELIADES, G., VERDELIS, C. & PALAGHIAS, G. (1997). Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod*, **23**: 43-8.
- MARSHALL, G. W., JR., MARSHALL, S. J., KINNEY, J. H. & BALOOCH, M. (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent*, **25**: 441-58.
- MCCOMB, D. & SMITH, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*, **1**: 238-42.
- MCMICHEN, F. R., PEARSON, G., RAHBARAN, S. & GULABIVALA, K. (2003). A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J*, **36**: 629-35.
- MEISTER, F., JR., LOMMEL, T. J. & GERSTEIN, H. (1980). Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **49**: 243-53.
- MEISTER, F., JR., LOMMEL, T. J., GERSTEIN, H. & BELL, W. A. (1981). An additional clinical observation in two cases of vertical root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **52**: 91-6.
- MICHELICH, V. J., SCHUSTER, G. S. & PASHLEY, D. H. (1980). Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res*, **59**: 1398-403.
- MONTEIRO, J., DE ATAIDE IDE, N., CHALAKKAL, P. & CHANDRA, P. K. (2011). In vitro resistance to fracture of roots obturated with Resilon or gutta-percha. *J Endod*, **37**: 828-31.
- MONTICELLI, F., SADEK, F. T., SCHUSTER, G. S., VOLKMANN, K. R., LOONEY, S. W., FERRARI, M., TOLEDANO, M., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. (2007a). Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod*, **33**: 310-3.
- MONTICELLI, F., SWORD, J., MARTIN, R. L., SCHUSTER, G. S., WELLER, R. N., FERRARI, M., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. (2007b). Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *Int Endod J*, **40**: 374-85.
- MOODNIK, R. M., DORN, S. O., FELDMAN, M. J., LEVEY, M. & BORDEN, B. G. (1976). Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, **2**: 261-6.
- MORRIS, M. D., LEE, K. W., AGEE, K. A., BOUILLAGUET, S. & PASHLEY, D. H. (2001). Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod*, **27**: 753-7.
- MOULE, A. J. & KAHLER, B. (1999). Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Aust Dent J*, **44**: 75-87.
- MURGEL, C. A. & WALTON, R. E. (1990). Vertical root fracture and dentin deformation in curved roots: the influence of spreader design. *Endod Dent Traumatol*, **6**: 273-8.

- NAGAŞ, E., ÇEHRELİ, Z., UYANIK, M. O. & DURMAZ, V. (2014). Bond strength of a calcium silicate-based sealer tested in bulk or with different main core materials. *Braz Oral Res*, **28**(1):1-7.
- NAGAŞ, E., UYANIK MO., EYMİRLİ A., ÇEHRELİ ZC., VALİTTU PK., LASSILA LV., & DURMAZ, V. (2012). Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod*. **38**(2):240-4.
- NAJAR, A. L., SAQUY, P. C., VANSAN, L. P. & SOUSA-NETO, M. D. (2003). Adhesion of a glass-ionomer root canal sealer to human dentine. *Aust Endod J*, **29**: 20-2.
- NANDINI, S., VELMURUGAN, N. & KANDASWAMY, D. (2006). Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *J Endod*, **32**: 1097-101.
- NERWICH, A., FIGDOR, D. & MESSER, H. H. (1993). pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*, **19**: 302-6.
- OBERMAYR, G., WALTON, R. E., LEARY, J. M. & KRELL, K. V. (1991). Vertical root fracture and relative deformation during obturation and post cementation. *J Prosthet Dent*, **66**: 181-7.
- OGUNTEBI, B. R. 1994. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *Int Endod J*, **27**: 218-22.
- OKSAN, T., AKTENER, B. O., SEN, B. H. & TEZEL, H. (1993). The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, **26**: 301-5.
- OLGART, L., BRANNSTROM, M. & JOHNSON, G. (1974). Invasion of bacteria into dentinal tubules. Experiments in vivo and in vitro. *Acta Odontol Scand*, **32**: 61-70.
- OLIVEIRA FDE, C., DENEHY, G. E. & BOYER, D. B. (1987). Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *J Am Dent Assoc*, **115**: 57-60.
- ONNINK, P. A., DAVIS, R. D. & WAYMAN, B. E. (1994). An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation techniques. *J Endod*, **20**: 32-7.
- ORSTAVIK, D. & HAAPASALO, M. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*, **6**: 142-9.
- ORSTAVIK, D. (1988). Endodontic materials. *Adv Dent Res*, **2**: 12-24.
- ORSTAVIK, D., ERIKSEN, H. M. & BEYER-OLSEN, E. M. (1983). Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J*, **16**: 59-63.
- ORUCOGLU, H., SENGUN, A. & YILMAZ, N. (2005). Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod*, **31**: 886-90.
- OYARZUN, A., CORDERO, A. M. & WHITTLE, M. (2002). Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod*, **28**: 152-6.
- OZBEK, M., SERPER, A. & CALT, S. (2003). Repair of untreated horizontal root fracture: a case report. *Dent Traumatol*, **19**: 296-7.
- OZTAN, M. D. & SONAT, B. (2001). Repair of untreated horizontal root fractures: two case reports. *Dent Traumatol*, **17**: 240-3.

- PASCON, E. A. & SPANGBERG, L. S. (1990). In vitro cytotoxicity of root canal filling materials: 1. Gutta-percha. *J Endod*, **16**: 429-33.
- PASHLEY, D. H. (1984). Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl*, **3**: 13-29.
- PASHLEY, D. H. (1992). Dentin permeability and dentin sensitivity. *Proc Finn Dent Soc*, 88 Suppl, **1**: 31-7.
- PASHLEY, D. H., TAO, L., BOYD, L., KING, G. E. & HORNER, J. A. (1988). Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol*, **33**: 265-70.
- PASİNLİ, A. (2004). Biyomedikal uygulamalarda kullanılan biyomalzemeler. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. **4**: 25-34.
- PEREZ, F., CALAS, P., DE FALGUEROLLES, A. & MAURETTE, A. (1993). Migration of a *Streptococcus sanguis* strain through the root dentinal tubules. *J Endod*, **19**: 297-301.
- PITTS, D. L. & NATKIN, E. (1983). Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *J Endod*, **9**: 338-46.
- PITTS, D. L., MATHENY, H. E. & NICHOLLS, J. I. (1983). An in vitro study of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. *J Endod*, **9**: 544-50.
- PORKAEW, P., RETIEF, D. H., BARFIELD, R. D., LACEFIELD, W. R. & SOONG, S. J. (1990). Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. *J Endod*, **16**: 369-74.
- PORTENIER, I., LUTZ, F. & BARBAKOW, F. (1998). Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *Int Endod J*, **31**: 103-11.
- POTASHNICK, SR, WEINE, FS, & STRAUSS, S. (1989) Restoration of the endodontically treated tooth. Endodontic Therapy 4th ed. Mosby Inc, St Louis, USA, 653-98.
- POUDYAL, S., PAN, W. H. & ZHAN, L. (2014). Efficacy of solution form of ethylenediaminetetraacetic acid on removing smear layer of root canal at different exposure time In Vitro. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, **34**: 420-4.
- POWIS, D. R., FOLLERAS, T., MERSON, S. A. & WILSON, A. D. (1982). Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*, **61**: 1416-22.
- PRATI, C., SELIGHINI, M., FERRIERI, P. & MONGIORGI, R. (1994). Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. *J Endod*, **20**: 174-9.
- RAHIMI, M., JAINAEN, A., PARASHOS, P. & MESSER, H. H. (2009). Bonding of resin-based sealers to root dentin. *J Endod*, **35**: 121-4.
- RAY, H. A. & TROPE, M. (1995). Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*, **28**: 12-8.
- REEH, E. S., MESSER, H. H. & DOUGLAS, W. H. (1989). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*, **15**: 512-6.
- REGAN, J.D. (2004). Root canal system obturation. In: *Endodontics*, 3rd Edition, Ed.: C.J.R. Stock, K. Gulabivala, R. T. Walker. Philadelphia: Elsevier Ltd. p.:181-196

- REINHARDT, R. A., KREJCI, R. F., PAO, Y. C. & STANNARD, J. G. (1983). Dentin stresses in post-reconstructed teeth with diminishing bone support. *J Dent Res*, **62**: 1002-8.
- RETIEF, D. H., WENDT, S. L. & BRADLEY, E. L. (1989). Effect of adhesive thickness on the shear bond strength of Scotchbond 2/Silux to dentin. *Am J Dent*, **2**: 341-4.
- RODIG, T., VOGEL, S., ZAPF, A. & HULSMANN, M. (2010). Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J*, **43**: 519-27.
- ROSENBERG, B., MURRAY, P. E. & NAMEROW, K. (2007). The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Traumatol*, **23**: 26-9.
- ROYER, K., LIU, X. J., ZHU, Q., MALMSTROM, H. & REN, Y. F. (2013). Apical and root canal space sealing abilities of resin and glass ionomer-based root canal obturation systems. *Chin J Dent Res*, **16**: 47-53.
- RUEGGEBERG, F. A. (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. *Dent Mater*, **7**: 2-10.
- RUNDQUIST, B. D. & VERSLUIS, A. (2006). How does canal taper affect root stresses? *Int Endod J*, **39**: 226-37.
- SAGHIRI, M. A., DELVARANI, A., MEHRVARZFAR, P., MALGANJI, G., LOTFI, M., DADRESANFAR, B., SAGHIRI, A. M. & DADVAND, S. (2009). A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **108**: e29-34.
- SAGSEN, B., ER, O., KAHRAMAN, Y. & AKDOGAN, G. (2007). Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. *Int Endod J*, **40**: 31-5.
- SAGSEN, B., USTUN, Y., DEMIRBUGA, S. & PALA, K. (2011). Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J*, **44**: 1088-91.
- SAGSEN, B., USTUN, Y., PALA, K. & DEMIRBUGA, S. (2012). Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J*, **31**: 528-32.
- SALGADO, R. J., MOURA-NETTO, C., YAMAZAKI, A. K., CARDOSO, L. N., DE MOURA, A. A. & PROKOPOWITSCH, I. (2009). Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **107**: 580-4.
- SATHORN, C., PALAMARA, J. E. & MESSER, H. H. (2005). A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod*, **31**: 283-7.
- SAUNDERS, W. P. & SAUNDERS, E. M. (1994). Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *J Endod*, **20**: 155-8.
- SAUNDERS, W. P., SAUNDERS, E. M., HERD, D. & STEPHENS, E. (1992). The use of glass ionomer as a root canal sealer--a pilot study. *Int Endod J*, **25**: 238-44.
- SAW, L. H. & MESSER, H. H. (1995). Root strains associated with different obturation techniques. *J Endod*, **21**: 314-20.
- SAYIN T.C., SERPER A., CEHRELİ Z.C. & OTLU H.G. (2007). The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the

- microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **104**: 418-24.
- SCHILDER, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, **18**: 269-96.
- SEDGLEY, C. M. & MESSER, H. H. (1992). Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod*, **18**: 332-5.
- SEVIMAY, S., ÖZTAN, M.D., DALAT, D. (2004). Effects of calcium hydroxide paste medication on coronal leakage. *J Oral Rehabil*, **31**:240-4.
- SHAFFER, S. E., BARKMEIER, W. W. & GWINNETT, A. J. (1985). Effect of disinfection/sterilization on in-vitro enamel bonding. *J Dent Educ*, **49**: 658-9.
- SHAHRAVAN, A., HAGHDOOST, A. A., ADL, A., RAHIMI, H. & SHADIFAR, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*, **33**: 96-105.
- SHEEHY, E. C. & ROBERTS, G. J. (1997). Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J*, **183**: 241-6.
- SHEMESH, H., WU, M. K. & WESSELINK, P. R. (2006). Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *Int Endod J*, **39**: 968-76.
- SHOKOUHINEJAD, N., GORJESTANI, H., NASSEH, A. A., HOSEINI, A., MOHAMMADI, M. & SHAMSHIRI, A. R. (2013). Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J*, **39**: 102-6.
- SHORT, J. A., MORGAN, L. A. & BAUMGARTNER, J. C. (1997). A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endod*, **23**: 503-7.
- SIM, T. P., KNOWLES, J. C., NG, Y. L., SHELTON, J. & GULABIVALA, K. (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J*, **34**: 120-32.
- SIQUEIRA, J. F., JR. & LOPES, H. P. (1999). Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J*, **32**: 361-9.
- SIQUEIRA, J. F., JR., ALVES, F. R., ALMEIDA, B. M., DE OLIVEIRA, J. C. & ROCAS, I. N. (2010). Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod*, **36**: 1860-5.
- SIQUEIRA, J. F., JR., ARAUJO, M. C., GARCIA, P. F., FRAGA, R. C. & DANTAS, C. J. (1997). Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod*, **23**: 499-502.
- SIRIMAI, S., RIIS, D. N. & MORGANO, S. M. (1999). An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-coresystems. *J Prosthet Dent*, **81**: 262-9.
- SJOGREN, U., FIGDOR, D., SPANGBERG, L. & SUNDQVIST, G. (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int Endod J*, **24**: 119-25.
- SKINNER, R. L. & HIMEL, V. T. (1987). The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *J Endod*, **13**: 315-7.

- SMITH, J. J. & WAYMAN, B. E. (1986). An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod*, **12**: 54-8.
- SORNKUL, E. & STANNARD, J. G. (1992). Strength of roots before and after endodontic treatment and restoration. *J Endod*, **18**: 440-3.
- SOUSA-NETO, M. D., PASSARINHO-NETO, J. G., CARVALHO-JUNIOR, J. R., CRUZ-FILHO, A. M., PECORA, J. D. & SAQUY, P. C. (2002). Evaluation of the effect of EDTA, EGTA and CDTA on dentin adhesiveness and microleakage with different root canal sealers. *Braz Dent J*, **13**: 123-8.
- SPANGBERG, L. (1969). Biological effects of root canal filling materials. 2. Effect in vitro of water-soluble components of root canal filling material on HeLa cells. *Odontol Revy*, **20**: 133-45.
- SPANGBERG, L. (2002). Instruments, materials and devices. In: *Pathways of the pulp*, 8nd Ed., Ed.: Cohen, S., Burns, R.C., St. Louis: Mosby, **p.**: 521-572.
- STOCK C. (1985). Calcium hydroxide : root resorption and perio-endo lesions. *British Dental Journal*, **158**: 325-34.
- STRATTON, R. K., APICELLA, M. J. & MINES, P. (2006). A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod*, **32**: 642-5.
- SWIFT, E. J., JR., HANSEN, S. E. & BAILEY, S. J. (1990). Effects of the XR bonding system on microleakage. *Am J Dent*, **3**: 143-6.
- ŞEN BH (1994). Toz / likit komponentli kök kanal dolgu maddelerinin değişik toz / likit oranlarında kullanılması ile fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi. EÜ Sağ Bil Enst, Doktora tezi, İzmir.
- TAGGER, M., TAGGER, E., TJAN, A. H. & BAKLAND, L. K. (2002). Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod*, **28**: 351-4.
- TAGGER, M., TAGGER, E., TJAN, A. H. & BAKLAND, L. K. (2003). Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. *J Endod*, **29**: 191-3.
- TAMBURIC, S. D., VULETA, G. M. & OGNJANOVIC, J. M. (1993). In vitro release of calcium and hydroxyl ions from two types of calcium hydroxide preparation. *Int Endod J*, **26**: 125-30.
- TAMSE, A. (1988). Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol*, **4**: 190-6.
- TAMSE, A., FUSS, Z., LUSTIG, J. & KAPLAVI, J. (1999a). An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod*, **25**: 506-8.
- TAMSE, A., FUSS, Z., LUSTIG, J., GANOR, Y. & KAFFE, I. (1999b). Radiographic features of vertically fractured, endodontically treated maxillary premolars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **88**: 348-52.
- TAMSE, A., ZILBURG, I. & HALPERN, J. (1998). Vertical root fractures in adjacent maxillary premolars: an endodontic-prosthetic perplexity. *Int Endod J*, **31**: 127-32.
- TAN, B.T. & MESSER, H. H. (2002). The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod*, **28**: 658-64.

- TARHAN, S. Ç. & UZUNOĞLU, E. (2010). Kök Kanal Dolgu Maddeleri. *Türk. Klin. Diş Hek. Bil.Derg.*, (Özel Sayı) **1**: 1.
- TAŞDEMİR, T., YEŞİLYURT, C., CEYHANLI K.T., ÇELİK D. & ER, K. (2009). Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *J Can Dent Assoc.* Apr., **75(3)**: 201a-201d.
- TAY, F.R. & PASHLEY, D. H. (2007). Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*, **33**: 391-8.
- TAYLOR, J.K., JEANSONNE, B.G. & LEMON, R.R. (1997). Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod*, **23**: 508-12.
- TEIXEIRA, C.S., FELIPPE, M.C. & FELIPPE, W.T. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J*, **38**: 285-90.
- TEIXEIRA, F. B., TEIXEIRA, E. C., THOMPSON, J. Y. & TROPE, M. (2004). Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc*, **135**: 646-52.
- TELLI, C., GULKAN, P. & RAAB, W. (1999). Additional studies on the distribution of stresses during vertical compaction of gutta-percha in the root canal. *Br Dent J*, **187**: 32-7.
- TESTORI, T., BADINO, M. & CASTAGNOLA, M. (1993). Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod*, **19**: 87-91.
- THOMPSON, S. A. & DUMMER, P. M. (1997). Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *Int Endod J*, **30**: 8-15.
- TOMECK, C., MOE, H., HOWLEY, T. (1983). The effect of calcium hydroxide on porcine pulp fibroblasts in vitro. *Journal of Endodontics*, **9**: 131-6.
- TOPCUOĞLU, H. S., TUNCAY, O., KARATAS, 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. *J Endod*, **39**: 1630-3.
- TORABINEJAD, M., CHO, Y., KHADEMI, A. A., BAKLAND, L. K. & SHABAHANG, S. (2003a). The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod*, **29**: 233-9.
- TORABINEJAD, M., HANDYSIDES, R., KHADEMI, A. A. & BAKLAND, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **94**: 658-66.
- TORABINEJAD, M., KETTERING, J. D. & BAKLAND, L. K. (1979). Evaluation of systemic immunological reactions to AH-26 root canal sealer. *J Endod*, **5**: 196-200.
- TORABINEJAD, M., KHADEMI, A. A., BABAGOLI, J., CHO, Y., JOHNSON, W. B., BOZHILOV, K., KIM, J. & SHABAHANG, S. (2003b). A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod*, **29**: 170-5.
- TORABINEJAD, M., KUTSENKO, D., MACHNICK, T. K., ISMAIL, A. & NEWTON, C. W. (2005). Levels of evidence for the outcome of nonsurgical endodontic treatment. *J Endod*, **31**: 637-46.

- TORABINEJAD, M., SKOBE, Z., TROMBLY, P. L., KRAKOW, A. A., GRON, P. & MARLIN, J. (1978). Scanning electron microscopic study of root canal obturation using thermoplasticized gutta-percha. *J Endod*, **4**: 245-50.
- TRABERT, K. C., CAPUT, A. A. & ABOU-RASS, M. (1978). Tooth fracture--a comparison of endodontic and restorative treatments. *J Endod*, **4**: 341-5.
- TRONSTAD, I., ANDREASAN, J., HASSELGREN G. (1981). PH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, **7**: 17-21.
- TRONSTAD, L., BJERKEN, E., BORGLIN, E., HASSELGREN, G., PETERSSON, K., SEGERSTEIN, M. & WENNERBERG, A. (1980). Treatment of exacerbating apical periodontitis. *Tandlakartidningen*, **72**: 234-5.
- TROPE, M. & RAY, H. L., JR. (1992). Resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **73**: 99-102.
- ULUSOY, O. I., NAYIR, Y. & DARENDELILIR-YAMAN, S. (2011). Effect of different root canal sealers on fracture strength of simulated immature roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **112**: 544-7.
- VENTURI, M. & BRESCHI, L. (2004). Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod*, **30**: 436-40.
- VERMILYEA, S. G., DE SIMON, L. B. & HUGET, E. F. (1978). The rheologic properties of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **46**: 711-6.
- VERSLUIS, A., MESSER, H. H. & PINTADO, M. R. (2006). Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *Int Endod J*, **39**: 931-9.
- VITTI, R. P., PRATI, C., SILVA, E. J., SINHORETI, M. A., ZANCHI, C. H., DE SOUZA E SILVA, M. G., OGLIARI, F. A., PIVA, E. & GANDOLFI, M. G. (2013). Physical properties of MTA Fillapex sealer. *J Endod*, **39**: 915-8.
- VOJINOVIC, O., NYBORG, H. & BRANNSTROM, M. (1973). Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J Dent Res*, **52**: 1189-93.
- WATTS, D. C., COMBE, E. C. & GREENER, E. H. (1981). The rheological properties of polyelectrolyte cements II. Glass ionomers. *J Oral Rehab*. **8**:61-7.
- WALTON R, & TORABINEJAD M. (2002). Principles and Practice of Endodontics. 3rd ed. Philadelphia: Saunders.
- WALTON, R.E., & JOHNSON, W. T. (2002). Obturation. In: *Principles and Practice of Endodontics*. 3rd Edition, Ed.: R.E. Walton, M. Torabinejad. Philadelphia: W.B. Saunders Co. p.: 239-267
- WEINE, FS (1989). Canal filling with semisolid materials. In: *Endodontic Therapy*. 4th Ed. St. Louis: Mosby, **p**: 370-415
- WEINE, F.S., & WENCKUS C.S. (2004). Canal filling with semisolid materials. In: *Endodontic Therapy*. 6th Edition. Ed: Wein F.S Missouri: Mosby Co. Chapter **7**: 266-313
- WEIGER, R., HEUCHERT, T., HAHN, R. & LOST, C. (1995). Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Endod Dent Traumatol*, **11**: 214-9.

- WEIS, M. V., PARASHOS, P. & MESSER, H. H. (2004). Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J*, **37**: 653-63.
- WEISMAN, M. I. (1970). A study of the flow rate of ten root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **29**: 255-61.
- WENNBERG, A. & ORSTAVIK, D. (1990). Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J*, **23**: 13-9.
- WHITE, R. R., GOLDMAN, M. & LIN, P. S. (1987). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod*, **13**: 369-74.
- WILCOX, L. R., ROSKELLEY, C. & SUTTON, T. (1997). The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod*, **23**: 533-4.
- WILSON, B.L., & BAUMGARTNER, J.C. (2003). Comparison of spreader penetration during lateral compaction of .04 and .02 tapered gutta-percha. *J.Endod.*, **29**: 828-831
- WISEMAN, A., COX, T. C., PARANJPE, A., FLAKE, N. M., COHENCA, N. & JOHNSON, J. D. (2011). Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod*, **37**: 235-8.
- WU, M. K. & WESSELINK, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J*, **26**: 37-43.
- WU, M. K., DE GEE, A. J. & WESSELINK, P. R. (1994). Leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J*, **27**: 304-8.
- YAMADA, R. S., ARMAS, A., GOLDMAN, M. & LIN, P. S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod*, **9**: 137-42.
- YILDIRIM, A.T. (2014). Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerde Farklı Kanal Patı ve Doldurma Tekniğinin Vertikal Kök Kırığı Direnci Üzerine Etkisinin İncelenmesi *Yeni Tıp Dergisi* **31**: 109-113
- YOSHIBA, K., YOSHIBA, N. & IWAKU, M. (1994). Histological observations of hard tissue barrier formation in amputated dental pulp capped with alpha-tricalcium phosphate containing calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol*, **10**: 113-20.
- ZANDBIGLARI, T., DAVIDS, H. & SCHAFER, E. (2006). Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **101**: 126-31.
- ZARE JAHROM, J., MIRZAKOUCHAKI, P., MOUSAVI, E. & NAVABI, A. A. (2011). Fracture strength of mesiobuccal roots following canal preparation with hand and rotary instrumentation: an in vitro study. *Iran Endod J.*, **6**(3): 125-8.
- ZAREI, M., AFKHAMI, F. & MALEK POOR, Z. (2013). Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: an in vitro study. *Dent Traumatol*, **29**: 156-60.
- ZHANG, H., SHEN, Y., RUSE, N. D. & HAAPASALO, M. (2009a). Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, **35**: 1051-5.

- ZHANG, W., LI, Z. & PENG, B. (2009b). Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107: e79-82.
- ZHANG, W., LI, Z. & PENG, B. (2010). Effects of iRoot SP on mineralization-related genes expression in MG63 cells. *J Endod*, **36**: 1978-82.
- ZHOU, H. M., SHEN, Y., ZHENG, W., LI, L., ZHENG, Y. F. & HAAPASALO, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*, **39**: 1281-6.
- ZMENER, O., PAMEIJER, C.H., & MACRI, E. (2005). Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a new methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *J.Endod.*, **31**: 392-395.

ÖZGEÇMİŞ

I-Bireysel Bilgiler

Adı : Ayşegül
 Soyadı : Tola Yıldırım
 Doğum yeri ve tarihi : Isparta-1984
 Uyruğu : TC
 Medeni durumu : Evli
 Adresi : Gazi Mah. Korkmaz Sok. 4/1 Yenimahalle/Ankara

II- Eğitimi

Hacettepe Üniv. Diş Hekimliği Fakültesi-2008
 Isparta Anadolu Lisesi-2002
 Ülkü İlkokulu-1995
 Yabancı dili: İngilizce

III- Bilimsel İlgi Alanları

Yayınları:

- YILDIRIM, A.T. (2014). Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerde Farklı Kanal Patı ve Doldurma Tekniğinin Vertikal Kök Kırığı Direnci Üzerine Etkisinin İncelenmesi *Yeni Tıp Dergisi* **31**: 109-113

Posterleri:

- Evaluation of adaptation of three different root canal sealers:A SEM Study, Sevimay S., Çelikten B., Tola A., Turkish Endodontic Society (Endo İstanbul), İstanbul 2012 (**Sözlü bildiri**)

- Evaluation of the effect of EDTA and MTAD solutions on the microhardness of dentin, Altun M., Sevimay S., Aslan B., Kalaycı B., Tola A., Turkish Endodontic Society (Endo İstanbul), İstanbul 2010
(Poster sunumu)