

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

**METAKRİLAT ESASLI KANAL DOLGU PATİNİN KORONAL  
MİKROSİZİNTİSİNİN VE KÖK KANALINA BAĞLANMA  
DAYANIMININ İN VİTRO KOŞULLARDA İNCELENMESİ**

**Dt. Zeynel Emre NAGAŞ**

**Endodonti Programı  
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA  
2010**

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

**METAKRİLAT ESASLI KANAL DOLGU PATİNİN KORONAL  
MİKROSİZİNTİSİNİN VE KÖK KANALINA BAĞLANMA  
DAYANIMININ İN VİTRO KOŞULLARDA İNCELENMESİ**

**Dt. Zeynel Emre NAGAŞ**

**Endodonti Programı  
DOKTORA TEZİ**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Veli DURMAZ**

**ANKARA  
2010**

Sağlık Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Endodonti Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Veli Durmaz

Hacettepe Üniversitesi

Üye: Prof. Dr. Bahar Özçelik

Hacettepe Üniversitesi

Üye: Prof. Dr. Ömer Görduysus

Hacettepe Üniversitesi

Üye: Prof. Dr. Mete Üngör

Başkent Üniversitesi

Üye: Doç Dr. Hatice Doğan Buzoğlu

Hacettepe Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hakan Orer

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince her türlü bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Sayın Veli Durmaz'a,

Doktora eğitimime başladığım andan itibaren bana her türlü emeği geçen Endodonti Anabilim Dalı Sayın öğretim üyeleri, sevgili araştırma görevlileri ve idari personeline,

Doktora eğitimim süresince desteği ve yardımları için değerli öğretim üyesi Prof. Dr. Sayın Zafer C. Çehrelî'ye,

Fakültelerinde bana açtıkları kapı ile dünya görüşümün genişlemesine ve akademik anlamda gelişmeye katkısı olan, laboratuvarlarının her türlü koşullarından faydalanmamı sağlayan, tezime olan katkıları, istatistiksel değerlendirme aşamasındaki yardımları ve harcadıkları vakit için Finlandiya Turku Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Sayın Pekka Vallittu'ya, Yrd. Doç. Dr. Lippo Lassila'ya ve deney aşamalarındaki katkılarından dolayı Jasmina Bijelic'e,

Beni bu günlere getiren canım aileme ve her zaman benimle birlikte yürüyen eşim Işıl Çekiç Nagaş'a teşekkürlerimi saygı ve sevgilerimle sunarım.

## ÖZET

**Nagas, E. Metakrilat esaslı kanal dolgu patının koronal mikrosızıntısının ve kök kanalına bağlanma dayanımının *in vitro* koşullarda incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Endodonti Programı Doktora Tezi, Ankara, 2010.** Bu çalışmanın amacı, metakrilat esaslı kök kanal dolgu patı RealSeal'in farklı kanal dolgu materyalleri, doldurma teknikleri ve polimerizasyon modları ile kök dentinine bölgesel bağlanma dayanımının ve koronal mikrosızıntısının değerlendirilmesidir. Bu çalışmada, 160 adet tek köklü insan dişi kullanıldı. Dişlerin kronları uzaklaştırıldıktan sonra, kök kanalları Profile dönen nikel titanyum eğe sistemi kullanılarak genişletildi. Genişletmeyi takiben, kökler RealSeal ile birlikte kullanılacak kor materyaline göre iki gruba ayrıldı. Grup1: RealSeal+Resilon, Grup 2: RealSeal+guta-perka. Bu gruplar kullanılan doldurma tekniğine göre 2 farklı alt gruba ayrıldı (lateral kondenzasyon ve tek kon tekniği). Kanal dolgu patının polimerizasyonu için LED ışık kaynağı koronal açıdan kullanıldı. Daha sonra gruplar, LED ışık kaynağının "standart" ve "giderek artan" modlarının etkisini test etmek için 2 gruba ayrıldı (n=10). Örneklerin koronal mikrosızıntıları boya penetrasyon testi ile ölçülürken, bölgesel bağlanma dayanımı "push-out" bağlanma dayanımı testi ile test edildi. Veriler, istatistiksel olarak çok değişkenli varyans analizi ve Tukey post-hoc testleri ile değerlendirildi (p = 0.05). Bağlanma dayanımı testini takiben bağlantı yüzeyleri tarama elektron mikroskopu ile değerlendirildi. Bağlanma dayanımı sonuçlarına göre, test edilen kor materyallerinin ve kök dentininin farklı bölgelerinin bağlanma dayanımı üzerine anlamlı etkisi görüldü (p < 0.001). Lateral kondenzasyon ve tek kon tekniğinin bağlanma dayanımı değerleri arasında fark bulunmadı (p = 0.608). LED ışık kaynağının "standart" ve "giderek artan" modlarının materyallerinin bağlanma dayanımı üzerine anlamlı etkisine rastlanmadı (p = 0.343). Mikrosızıntı sonuçlarına göre ise, test edilen kor materyallerinin, doldurma tekniklerinin ve ışık polimerizasyon modlarının koronal mikrosızıntıya istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmadı (sırasıyla, p = 0.287, p = 0.360, p = 0.498).

**Anahtar kelimeler:** Push-out bağlanma dayanımı testi, RealSeal, Resilon, guta-perka, ışık polimerizasyon modları, mikrosızıntı.

## ABSTRACT

**Nagas, E. An investigation of coronal microleakage and bond strength of methacrylate based canal sealer to root canal under *in vitro* conditions. Hacettepe University Health Science Institute, Programme of Endodontics, PhD Thesis, Ankara, 2010.** The aim of this study was to investigate regional bond strength to root canal and coronal microleakage of methacrylate-based canal sealer, RealSeal, in conjunction with different root canal filling material, filling technique and polymerization modes. In this study, 160 single-rooted human teeth were used. After the removal of crowns, root canals were prepared by using Profile rotary nickel titanium system. Following preparation, roots were divided into two groups according to the core material used with RealSeal. Group 1: RealSeal + Resilon, group 2: RealSeal + gutta-percha. These groups were assigned into 2 different subgroups according to the obturation techniques employed (lateral condensation and single cone techniques). For polymerization of canal sealer, the LED light curing unit were used from the coronal aspect. Then the groups were further subdivided into two groups to test the effects of "standard" and "exponential" polymerization modes of LED (n=10). Coronal microleakage of specimens were measured with dye-penetration test, while regional bond strength was tested with "push-out" bond strength test. The data were statistically analyzed by multivariate analysis of variance and Tukey post-hoc tests ( $p = 0.05$ ). Following bond strength test, adhesive surfaces were evaluated by scanning electron microscope. According to the bond strength results, statistically significant effects of tested core materials and different regions of root dentin on bond strength were observed ( $p < 0.001$ ). Additionally, there were statistically significant differences between regional bond strength values ( $p < 0.001$ ). No significant differences were found between bond strength values of lateral condensation and single cone technique ( $p = 0.608$ ). The "standard" ve "exponential" modes of LED light curing unit had no significant effect on the bond strength of materials ( $p = 0.343$ ). According to the microleakage results, the tested core materials, filling techniques and light curing modes had no statistically significant effect on coronal microleakage ( $p = 0.287$ ,  $p = 0.360$ ,  $p = 0.498$ , respectively).

**Key words:** Push-out bond strength test, RealSeal, Resilon, gutta-percha, light curing modes, microleakage.

**İÇİNDEKİLER**

<b>ONAY SAYFASI</b>	iii
<b>TEŞEKKÜR</b>	iv
<b>ÖZET</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b>	vii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>	viii
<b>ŞEKİLLER</b>	ix
<b>GRAFİKLER</b>	xii
<b>TABLolar</b>	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Kök kanalının doldurulması	3
2.2. Kök kanal dolgu maddeleri	4
2.2.1. Katı kor materyaller	4
2.2.2. Kök kanal patları	6
2.3.1. Guta-perka ve kök kanal dolgu patının birlikte kullanılması	8
2.4. Bağlantı (Adezyon)	14
2.4.1. Kök kanal dentinine bağlanma ve bağlanmayı etkileyen faktörler	14
2.4.2. Bağlantının test edilmesinde kullanılan teknikler	16
2.5. Endodontik mikrosızıntı	18
2.5.1. Boya penetrasyon yöntemi	19
2.5.2. Elektrokimyasal yöntem	19
2.5.3. Radyoizotop yöntemi	20
2.5.4. Bakteri penetrasyon yöntemi	21
2.5.5. Sıvı filtrasyon yöntemi	21

2.6. Diş hekimliğinde kullanılan ışık kaynakları	22
2.6.1. Kuartz-tungsten-halojen ışık kaynakları (KTH)	22
2.6.2. Işık yayan diyotlar (LED, light emitting diode)	23
2.6.3. Plazma ark ışık kaynakları	24
2.6.4. Lazer ışık kaynakları	24
2.7. Polimerizasyon modları	24
2.7.1. Standart polimerizasyon modu	25
2.7.2. Yavaş başlangıç modu (Soft-start)	25
2.7.3. Destek polimerizasyon modu (Boost-curing mode)	25
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	26
3.1. Örneklerin hazırlanması	26
3.2. "Push-out" bağlanma dayanımı testi	30
3.3. Koronal sızıntının test edilmesi	33
3.4. Örneklerin tarama elektron mikroskobu ile incelenmesi	35
<b>4. BULGULAR</b>	37
4.1. Push-out bağlanma dayanımı test sonuçları	37
4.2. Kırık tipi değerlendirilmesi	40
4.3. Koronal mikrosızıntı testi sonuçları	45
<b>5. TARTIŞMA</b>	48
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	55
<b>KAYNAKLAR</b>	56



**SİMGELER VE KISALTMALAR**

°C	santigrad derece
µm	Mikrometre
<sup>131</sup> I	İyot
<sup>14</sup> C	Carbon
<sup>22</sup> Na	Sodyum
<sup>35</sup> S	Sülfür
<sup>45</sup> Ca	Kalsiyum
Al	Alüminyum
atm	Atmosferik
Bis-GMA	Bisfenol A-diglisidil dimetakrilat
C faktör	Konfigürasyon faktör
dk	Dakika
EDTA	Etilendiamin tetra asetik asit
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
KTH	Kuartz-tungsten-halojen
LED	Işık yayan diyotlar
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
mw	Miliwatt
N	Newton
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	Nikel titanyum
nm	Nanometre
SEM	Tarama elektron mikroskobu
sn	Saniye
Stdsapma	Standart sapma

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 3.1.1.</b> Dişlerin kronlarının aşındırılmasında kullanılan otomatik aşındırma cihazı	27
<b>Şekil 3.1.2.</b> Çalışmada kullanılan şelasyon ajanı	27
<b>Şekil 3.1.3.</b> Çalışmada kullanılan RealSeal+Resilon sistemi	28
<b>Şekil 3.1.4.</b> Çalışmada kullanılan LED ışık kaynağı	29
<b>Şekil 3.1.5.</b> Örneklerin bekletildiği etüv	29
<b>Şekil 3.2.1.</b> Dişlerden kesit almak için kullanılan su soğutmalı kesit cihazı	30
<b>Şekil 3.2.2.</b> Materyalin kanaldan uzaklaşması sırasında dirençle karşılaşmaması için kullanılan şeffaf akrilik kalıp	31
<b>Şekil 3.2.3.</b> Yüklemenin yapıldığı üniversal test cihazı	32
<b>Şekil 3.2.4.</b> Yüklemenin kesitlere uygulanması	32
<b>Şekil 3.3.1.</b> Dişlerin koronal kısmı dışındaki tüm yüzeylerinin iki kat tırnak cilası ile kaplanması	33
<b>Şekil 3.3.2.</b> Çalışmada kullanılan 0,5%' lik bazik fuksin solüsyon	34
<b>Şekil 3.3.3.</b> Köklerden bukko-lingual yönde dişin uzun aksı boyunca kesitler alınması	
<b>Şekil 3.3.4.</b> Çalışmada kullanılan ışık mikroskobu	35
<b>Şekil 3.4.1.</b> Çalışmada kullanılan vakum cihazı	36
<b>Şekil 3.4.2.</b> Çalışmada kullanılan tarama elektron mikroskobu	36
<b>Şekil 4.1.1.</b> Bağlanma dayanımı testi sonrası bağlantı arayüzlerinin SEM görüntüleri, A. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubu, B. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubu. C. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+tek kon alt grubu. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+lateral kondenzasyon alt grubu, D: Dentin, R: RealSeal kanal dolgu patı	39
<b>Şekil 4.2.1.</b> Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubunda guta-perka ile RealSeal arasında oluşan adeziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal,	41

GP: Guta-perka.

- Şekil 4.2.2.** Resilon+RealSeal grubunun giderek artan mod-tek kon alt grubunda dentin ile RealSeal arasında oluşan adeziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal. 42
- Şekil 4.2.3.** Resilon+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubunda RealSeal içinde oluşan koheziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal. RE: Resilon 43
- Şekil 4.2.4.** Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubunda oluşan karma kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal, GP: Guta-perka. 44
- Şekil 4.3.1.** Gruplarda meydana gelen mikrosızıntıların ışık mikroskobu görüntüsü (X40 büyütme), 47  
A. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubu, B. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubu.
- Şekil 4.3.2.** Gruplarda meydana gelen mikrosızıntıların ışık mikroskobu görüntüsü (X40 büyütme), A. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+tek kon alt grubu. B. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+lateral kondenzasyon alt grubu. 47

**GRAFİKLER**

<b>Grafik 4.1.</b> Grupların push-out bağlanma dayanımı değerleri	37
<b>Grafik 4.3.</b> Grupların mikrosızıntı değerleri (mm)	45

**TABLolar**

<b>Tablo 4.1.</b> Grupların kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre farklı kök kanal bölgelerinde ölçülen ortalama push-out bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri (MPa, Ortalama $\pm$ Stdsapma)	38
<b>Tablo 4.2.</b> Kırık tiplerinin kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre dağılımı	40
<b>Tablo 4.3.</b> Grupların kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre ortalama mikrosızıntı ve standart sapma değerleri (mm $\pm$ Stdsapma)	46

## GİRİŞ

Günümüzde hastaların ağız ve diş sağlığıyla ilgili bilinçlenmelerine bağlı olarak endodontik tedaviye verilen önem de artmaktadır. Başarılı bir endodontik tedavide, kök kanal sisteminin temizleme ve şekillendirme işlemleriyle mikroorganizmalardan arındırılıp, kök kanalında koronal giriş kavitesinden apikaldeki dentin-sement birleşimine kadar olan bölgenin sızdırmaz bir şekilde doldurulması hedeflenmektedir (1). Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulması ile birlikte temizleme ve şekillendirme işleminden sonra kanalda kalan veya koronal giriş kavitesi, periapikal dokular ya da yan kanallardan gelebilecek mikroorganizmaların etkinlikleri engellenir (2).

Guta-perkanın endodontik patlarla birlikte kullanılması kabul edilen ve kullanılan en yaygın doldurma tekniği olmasına rağmen bu yaklaşımın, kök kanal sisteminde hermetik bir tıkama sağlamadığı bilinmektedir (3, 4). Bu sorunu gidermek amacıyla, pek çok yeni teknik ve materyal geliştirilmesine rağmen kök dentinine bağlanabilen ve tam olarak sızdırmazlık gösteren bir kök kanal dolgusu elde edilememiştir (5).

Koronal restorasyonlarda kullanılan çağdaş adeziv stratejiler, son zamanlarda kök kanalı ve kanal dolgu materyali arasında mikrosızıntıyı engellemek ve kalan diş yapısını güçlendirmek amacıyla endodontik materyallerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır (3). Rezin esaslı materyallerin kök kanal sistemi içinde kullanılması yönünde çalışmaların başlatılmasıyla, guta-perkanın ve geleneksel kanal patlarının yerine rezin esaslı Resilon (Resilon Reseach LLC, Madison, CT) kor materyali ve metakrilat esaslı kanal dolgu patından oluşan kök kanal dolgu sistemi geliştirilmiştir (3). Endodontide yeni bir kanal dolgu materyali olarak sunulan RealSeal-Resilon (sırasıyla; SybronEndo, Orange, CA ve Resilon Reseach LLC, Madison, CT) sisteminde, metakrilat esaslı kanal dolgu patı (RealSeal), sentetik polimer yapısında olan bir kanal dolgu materyali (Resilon) ve self-etch özelliğinde olan primer bulunmaktadır. Metakrilat esaslı kanal dolgu patı ile Resilonun dentinle ve kendi içinde oluşturduğu "monoblok" sayesinde, diş dokularının iç

direncinin kuvvetlendirildiği ve gerek koronal gerekse apikal sızıntısının önüne geçildiği belirtilmektedir (4, 6).

RealSeal, hem kimyasal yolla hem ışık ile (*dual*) polimerize olan metakrilat esaslı bir pattiir ve ışığın ulaşamadığı bölgelerde kimyasal yolla polimerizasyonu önem kazanmaktadır. Diğer yandan, *dual* olarak polimerize olan rezin esaslı materyallerin mekanik özellikleri ve dentine bağlanma dayanımları, kimyasal polimerizasyonun yanında ışık ile polimerizasyon ile birlikte artmaktadır (7, 8)

Dental teknolojilerde, rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunda kullanılan rezin polimerizasyon cihazlarında son yıllarda büyük değişiklikler görülmektedir. Işık polimerizasyon kaynaklarından ışık yayan diyotlar (LED) ve plazma ark lambaları, geleneksel kuartz-tungsten-halojen ışık kaynaklarına (KTH) göre daha hızlı polimerizasyon sağlamasına rağmen, polimerizasyon büzülmesi konusunda halen çelişkiler mevcuttur (9). Bu nedenle, son yıllarda polimerizasyon büzülmesinin azaltılması amacıyla farklı polimerizasyon modları tanıtılmıştır.

Dental materyallerin klinik başarısının saptanabilmesi için, uygun laboratuvar koşullarında klinik öncesi *in vitro* test yöntemleriyle değerlendirilmesi öngörülmektedir. Bunlar arasında önemli bir yer tutan push-out bağlanma dayanımı, dental materyallerin farklı yüzeylere bağlanma kuvvetini değerlendirebilen güvenilir mekanik bir test yöntemidir (10, 11) Bunun yanı sıra, endodontik uygulamaların değerlendirilmesinde mikrosızıntının değerlendirilmesi de büyük bir önem arz etmektedir (7).

Bu bilgilerin ışığında çalışmamızda, metakrilat esaslı kök kanal dolgu patının farklı kanal dolgu materyalleri, doldurma teknikleri ve polimerizasyon modları ile kök dentinine bağlanma dayanımının ve koronal mikrosızıntısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kök kanalının doldurulması

Endodontik tedavinin başarısında, kök kanallarının temizlenmesi, şekillendirilmesi, şekillendirilmiş kanalların doldurulması önem kazanmaktadır (12-15). Bu şekilde kök kanal sistemine dışarıdan ve dentin tübüllerinden gelebilecek muhtemel mikroorganizmaların tekrar enfeksiyon oluşturması önlenir, kimyasal ve mekanik temizlik ile elde edilen dezenfeksiyonun devamlılığı sağlanır (13).

İdeal kök kanal dolgusu, bir taraftan apikal bölgenin biyolojik dengeye uygun bir şekilde tıkanmasını (apikal tıkama) sağlayarak periapikal dokunun bütünlüğü bozulmadan iyileşme sürecine katkıda bulunurken, diğer taraftan koronal sızıntıya karşı kanal ağızlarını hermetik olarak tıkar (koronal tıkama) (16).

Kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulması uzun dönem başarı için gereklidir. Kanal sistemi, apikal, koronal ve lateral yönde tıkanmalıdır. Bu amaçla kök kanallarının doldurulması için pek çok farklı materyal ve teknik geliştirilmiş olmasına rağmen, kök kanalında sızıntı önlenememiştir (17).

Ingle (18), yaptığı radyolojik çalışmada endodontik hataların %58'ine yetersiz kök kanal dolgusunun neden olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle tedavide kök kanallarını doldurma teknikleri yanında seçilecek kanal dolgu maddeleri de önem kazanmaktadır. Kök kanal dolgusunda kullanılan teknikler, katı kor materyalleri ile birlikte patların kullanımını gerektirir.

Patların kullanılmasıyla katı kor materyal ve kanal duvarı arasındaki boşlukların ve yan kanalların sızdırmaz bir şekilde doldurulması amaçlanmıştır. Ayrıca katı kor materyalinin kök kanal duvarlarına bağlantı (adezyon) göstermemesinden dolayı kanal dolgu patı ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Tüm bunların yanı sıra, bir taraftan ortograd sızıntıya karşı kanal ağızlarını hermetik olarak tıkarırken, diğer taraftan apikal bölgenin, biyolojik dengeye uygun bir şekilde tıkanmasını sağlayarak periapikal



dokunun bütünlüğü bozulmadan iyileşme işlevinin gerçekleşmesi sürecine katkıda bulunmalıdır.

## **2.2. Kök kanal dolgu maddeleri**

Kanal dolgusu işlemi, genelde düzensizlikler gösteren yaklaşık olarak konik şekilli bir boşluğun, dokuları irrite etmeyen bir dolgu maddesiyle üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmaya çalışılmasıdır.

Kanal dolgu maddeleri: Katı kor materyal ve kanal dolgu patları olmak üzere ikiye ayrılır.

### **2.2.1. Katı kor materyaller**

#### **A. Guta-perka**

Guta-perka diş hekimliğinde 100 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan ve kabul gören kök kanal dolgu materyalidir (19-21).

Spatoceae ağacı familyasından Isonandra percha ağacının öz suyundan elde edilen organik moleküldür. Kimyasal olarak saf guta-perka 2 farklı kristalin formundadır. Bunlar “alfa” ve “beta” fazlarıdır ve birbirlerine dönüşebilirler. Alfa fazı, guta-perkanın orijinal olarak elde edilen halidir. Ticari olarak satılan ise beta fazıdır ve 42-49°C arasındaki sıcaklıklarda alfa faza geçer (22). 54-60°C arasında ise materyal, amorf faza geçer. Yavaşça soğutulduğunda alfa faza dönüşürken, normal soğutulduğunda beta faza dönüşür. Diş hekimliğinde kullanılan guta-perkanın yumuşama derecesi 64°C, erime derecesi 100°C, parçalanma derecesi 150°C'dir (23). Prepare edilmiş kök kanal sisteminin düzensizliklerine adaptasyonunu arttırmak için guta-perka, kloroform ve halotan gibi kimyasal çözücülerle kolayca yumuşatılabilir.

Guta-perka konlar, hem standardize hem de standardize olmayan boyutlarda kon formunda üretilmiştir. Standardize boyutlar 15-140 kanal eğelerinin ISO (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı) numalaralandırmaları ile uyumludur. Standardize olmayan ise, tepeden uç noktasına doğru sivrilen formdadır ve extra-fine, fine-fine, medium–fine, medium-large, large olarak

numaralandırılmıştır. Son zamanlarda bunlara ek olarak, dönen nikel titanyum (Ni-Ti) enstrümanlarla uyumlu standart ya da değişken açılı guta-perka konlarda kullanılmaktadır. Kon seçimi, kullanılan kanal dolgu tekniğine göre yapılmaktadır.

Günümüzde mevcut guta-perka konların yapısı, %20 guta-perka, %60-75 çinko oksit, geriye kalan %5-10 ise çeşitli rezin, mum ve metal sülfatları içerir. Kullanım öncesi 1 dk. %5 lik sodyum hipokloritte (NaOCl) bekletilerek dezenfekte edilir (24). Etil alkolde yıkanarak kristalize NaOCl uzaklaştırılır. Guta-perka hava ve ışığa duyarlıdır, okside olur ve kırılabilir. Daha iyi raf ömrü için soğukta bekletilmelidir.

Guta-perka adeziv özelliği olmadığı için ısıtılarak veya çözücü ile kanala daha iyi adapte edilse bile yeterli tıkama sağlayamayacağı için mutlaka bir kanal dolgu patı ile kanala uygulanmalıdır.

### **B. Gümüş kon**

1928 yılında kullanılmaya başlanmıştır (25) ve günümüzde kullanımı çok azalmıştır. Guta-perkadan daha sert olduğu için, özellikle dar kanallarda kullanım kolaylığı vardır. Gümüşün oligodinamik etkisinden faydalanmak amacıyla ilk olarak kullanılmıştır (26). Elde istenilen şeklin verilebilmesi, radyoopasitesi (guta-perkadan fazladır), boyutsal stabilitesi, patın kolay taşınması ve kolaylıkla kanaldan uzaklaştırılması avantajlarıdır. İçeriğindeki minör bakır ve nikel elementleri nedeniyle korozyona uğrar ve toksitesi bu durumda çok yüksektir (27). Kanal boşluğuna uyumsuzdur. Lateral kanalları doldurmada etkisizdir. Retrograd dolgu yapılması çok güçtür. Periapikal dokularda irritasyona neden olur. Kanalın hermetik olarak doldurulması çok zordur (28).

### **C. Resilon**

Endodontide yeni yer bulan Resilon kök kanal dolgu materyali, temelde bünyesinde bir kanal dolgu patı ve primer içeren rezin esaslı bir sistemle kullanılır (4, 7).

Resilon (Pentron Clinical Technologies, LLC, Wallingford, CT, USA) termoplastik sentetik polimer esaslı bir kanal dolgu materyalidir. İçeriğinde

ayrıca %65 oranında biyoaktif cam, bizmut oksiklorit ve baryum sülfat doldurucuları bulunur. Guta-perkaya benzer çalışma özelliklerine sahiptir ve ısıyla ve kloroform gibi çözücüler ile yumuşatılabildiği için retreatment tedavilerinde dezavantaj oluşturmaz. Resilon'un ticari preparatında ISO standartlarında 0.2, 0.4, 0.6 açılı ve çeşitli boyutlarda aksesuar konlar mevcut iken, ayrıca termoplastik kök kanal dolgu sistemi için kullanılabilir pelet formları da bulunmaktadır (6).

RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, USA) *dual-cure* özelliğinde (hem ışıkla hem de kimyasal olarak sertleşebilen) olan rezin kompozit esaslı bir kanal dolgu patıdır. İçeriğinde Bisfenol A-diglisidil dimetakrilat (BisGMA), etoksilat BisGMA, üretan dimetakrilat, hidrofilik difonksiyonel metakrilatların yanı sıra doldurucu olarak kalsiyum hidroksit, baryum sülfat, baryum cam, bizmut oksiklorit ve silika içerir. İçeriğinin %70'ini doldurucular oluşturmaktadır. RealSeal-Resilon kök kanal dolgu sistemi ayrıca sülfonik asit yapısında olan fonksiyonel monomer, hidroksietilmetakrilat, su ve polimerizasyon başlatıcısı içeren self-etch özelliğinde olan RealSeal-primer içerir. Üretici firma, bu yeni kök kanal dolgu sisteminin hem kanal dolgu materyaline hem de kök kanal duvarına iyi bağlanarak monoblok oluşturduğunu ileri sürmektedir. Ayrıca popüler guta-perka kanal dolgu teknikleri arasında olan lateral kondensasyon, vertikal kondensasyon, tek kon tekniği ve termoplastik tekniklerle de kullanılabilir (29).

### **2.2.2. Kök kanal patları**

Kanal patları kanala yerleştirilen katı kor materyalinin kanal duvarına adaptasyonunu sağlar ve bağlayıcı bir görev üstlenerek boşlukları doldurur. Ayrıca kanal patları antimikrobiyal etki gösteren bileşenler içerirler. Patların kök kanalına yerleştirilmesinden sonra, bu maddeler antiseptik etki gösterirler. Kanal patının kanal içinde oluşturduğu kayganlaştırıcı özelliği ile de kor materyalinin kanal boşluğunda istenilen yere ulaşmasını sağlar (30, 31).

### **İdeal kök kanal patının özellikleri**

Çalışkan (32), ideal kök kanal patında bulunması gereken özellikleri şu şekilde sıralamıştır:

#### **Teknik özellikler**

1. Doku sıvılarında çözünmemeli ve nem varlığından etkilenmemelidir.
2. Dentine ve katı kor materyaline iyi adezyon sağlamalıdır.
3. Boyutsal olarak stabil olmalı, sertleşme esnasında veya sonrasında büzüşmemelidir.
4. Kanal duvarlarına yapışmalı ve hatta dentin kanallarına penetre olmalıdır.
5. Diş dokularında veya yumuşak dokularda renklenmeye sebep olmamalıdır.
6. Gözenek içermemeli ve su absorpsiyonu olmamalıdır.

#### **Biyolojik özellikler**

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

#### **Kullanım özellikleri**

1. Radyopak olmalıdır (ISO 6876 >3mm alüminyum (Al) olmalıdır. Bu oran dentinde 0,6-0.7 mm Al'dur (33).
2. Yeterli çalışma zamanı olmalıdır.
3. Kolayca karıştırılıp kanallara yerleştirilebilmelidir ve çözücü maddelerle, ısı ve/veya mekanik enstrümanların kullanımı ile kolayca sökülebilmelidir.
4. Bozulmadan uzun süre saklanabilmelidir.

Bu kriterlerin tümünü karşılayan bir kanal patı bulunmamaktadır. Birçok pat doku sıvılarında çözünür ve bu nedenle sızdırmazlığa karşı dirençli değildirler. Bundan dolayı kök kanal sisteminin büyük bir kısmı katı kor materyali ile doldurulur. Hangi pat kullanılırsa kullanılsın, tümü sertleşene kadar toksiktir. Bu nedenle patlar periradiküler dokulara taşırılmamalıdır (30).

Kök kanal patları genelde, fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, içerdikleri maddeler veya rezorbe olabilme özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır. Johnson ve Guttman (34) tarafından yapılan son sınıflandırmada kanal patları; çinko-oksit öjenol esaslılar, cam iyonomer ve resin esaslılar olarak sınıflandırılmıştır.

### **2.3. Kök kanal dolgu yöntemleri**

Kök kanallarının sızdırmaz bir biçimde doldurulmasıyla, oral kaviteden ve periradiküler dokulardan kök kanal sistemine sızıntı yolları yok edilir. Bu amaç için farklı doldurma yöntemleri mevcut olmasına karşın, her bir tekniğin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Bu sebeple seçilecek yöntem, vakanın özelliğine göre değerlendirilmelidir (35).

#### **2.3.1. Guta-perka ve kök kanal dolgu patının birlikte kullanılması**

##### **A. Soğuk guta-perka kök kanal dolgu teknikleri**

###### **1. Tek kon tekniği**

Kanal duvarları paralel olduğunda ve standart guta-perka kon kanalın apikal bölümüne tam olarak oturduğunda veya kanalın çok geniş olduğu vakalarda piyasada bulunan konlar kanala tam uyum sağlamadığında kullanılan yöntemdir (36). Bu yöntemle birkaç guta-perka ısı yardımıyla bir araya getirilerek geniş bir tek kon oluşturulabilir (37). Lateral sıkıştırmanın yeterli olmaması sebebiyle mecbur kalınmadıkça kullanılmamalıdır.

###### **2. Guta-perkanın soğuk lateral kondenzasyon (sıkıştırma) tekniği**

Patlarla soğuk guta-perkanın soğuk lateral kondenzasyonu diğer kanal doldurma yöntemlerine göre uzun yıllar standart olmuştur (38). Bu teknik, kanal içini tümüyle kaplayan patın yerleştirilmesi, bunu takiben daha önce ayarlanmış ana konun yerleştirilmesi ve plugger benzeri uca doğru incelen

spreaderla lateral sıkıştırma yapılarak yardımcı konlar için yer açılmasını sağlar. Konun son koronal kısmı ısıtılmış bir el aleti yardımıyla kesilir ve son olarak büyük bir pluggerla vertikal sıkıştırma yapılır. Eğer düzgün yapılırsa kanal dolgusu tam olarak kanalın şeklini yansıtır.

Dolgu işlemine başlamadan önce preperasyondaki önemli aşamalar yerine getirilmelidir. Bunlar:

- 1) spreader boyutunun belirlenmesi
- 2) ana konun boyutunun belirlenmesi
- 3) kanalın kurutulması
- 4) patın hazırlanması ve kanal içine uygulanmasıdır.

Kanal doldurulmaya hazır hale geldiğinde çalışma uzunluğunda en son kullanılan ege ile aynı boyutta ana kon kanala yerleştirilir. Kanala uyumlanan kon, çalışma uzunluğundan 0,5-1 mm mesafede sıkışma hissi vermelidir (*tug-back*). Uygun kon seçilip radyografik kontrol yapıldıktan sonra, kök kanal patı üretici firma direktifleri doğrultusunda karıştırılır ve kanal duvarları bir paper point veya kanal egesi ile ince bir tabaka patla kaplanır. Daha sonra ana kon pata bulanır ve kanala yerleştirilir. Bundan sonra spreader ana konun yanından hem apikale hem de lateral baskı uygulanarak apekse doğru zorlanır. Spreaderin ucu çalışma uzunluğuna 1-2 mm mesafeye kadar ulaşabilmelidir. Kanala uygulanan spreaderla açılan boşluğa uygun kalınlıkta yardımcı konlar yerleştirilir. Kanal dış duvarı ve kanal dolgusu arasına spreader tekrar yerleştirilir ve spreader kanal ağzından 1-2 mm.'den fazla ilerlemeyecek duruma gelinceye kadar işleme devam edilir. Giriş kavitesindeki fazla kanal dolgusu ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırılır. Soğuk bir tepici alet (*plugger*) yardımı ile kök kanal dolgusuna vertikal sıkıştırma yapılabilir. Son olarak, radyograf alınır ve kanal dolgusunun doğru çalışma boyuna yerleştirildiği ve boşluklar olmadan kondanse edilip edilmediği tespit edilir.

Günümüzde rutin olarak kullanılan bu yöntemde, uygulanan kuvvetler tam olarak lateral kuvvetler değildir. Tepici aletin kanala uygulanması sırasında vertikal kuvvetler de oluşmakta ve kök kanalının doğal krona doğru

genişleyen şekli nedeniyle lateral ve vertikal kuvvetlerin bir bileşimi uygulanmaktadır.

### **B. Kimyasal olarak plastize edilmiş soğuk guta-perka teknikleri**

Bu yöntem için genellikle kloroform, halotan ya da ökoliptol kullanılmaktadır. Bu çözücüler aynı zamanda retreatment içinde kullanılır. Bu yöntemin kullanım endikasyonları; apikal stopun olmadığı ya da kaybolduğu vakalar ile apikal stopun olduğu ancak normal yöntemle doldurulamayacak kadar geniş ya da düzensiz kanala sahip vakalardır.

Uygulama tekniği;

1. Çalışma boyutundan 2-4 mm kısa olacak şekilde kalın bir ana kon seçilir.
2. Ana konun apikal 3-4 mm'lik kısmı 1 ya da 2 sn. kloroformda veya 3-4 dk. haloten ya da ökoliptolde bekletilir.
3. Ana kon, kök kanalına yerleştirilip kanaldan uzaklaştırılır. Bu işlem hazırlanan ana kon çalışma boyutuna ulaşıncaya kadar tekrarlanır.
4. Son işlemde, artık çözücünün uzaklaştırılması için alevden geçirilerek kanal dolgu patı ile birlikte kanala yerleştirilir.

### **C. Isıtılmış guta-perka kök kanal dolgu teknikleri**

#### **1. Vertikal kondenzasyon tekniği (Schilder tekniği)**

Schilder tarafından 1967 yılında ısıtılmış guta-perkanın vertikal sıkıştırılması sonucunda kanalların üç boyutlu olarak doldurulmasında kullanılan bir teknik olarak önerilmiştir (39).

Endikasyonları: Genelde lateral kondenzasyonun kullanıldığı bütün vakalarda uygulanabilir. Özellikle internal rezorpsiyon ve kök ucunun oluşumunun indüklendiği vakalarda tercih edilir.

Avantajları: Düzensiz kök kanal alanlarında lateral kondenzasyona göre daha iyi adapte olur (40, 41). Post alanının hazırlanması çok kolaydır.

Dezavantajları: boyutsal kontrolü zordur, apikal taşmalar kolay gelişir (42). Uygulanışı daha komplikedir ve uygulanma esnasında farklı nitelikte

enstrümanlara ihtiyaç duyulur. Enstrümanların kanal içinde kolay kontrolü için geniş kanal preparasyonu gerekir.

Tekniğin uygulanması: Bir ısı kaynağı ve ısıtılan guta-perkanın sıkıştırılması için çeşitli numaralarda tepici aletlere (*Schilder pluggerları*) ihtiyaç duyulur. Apekten kısa olan ana kon kanala yerleştirilir. Isı kullanarak taşıyıcı bir alet ile guta-perka yumuşatılarak plastik hale getirilir. Kanala tepici alet yerleştirilerek apikal basınç yardımıyla guta-perka apikale doğru itilir. Daha sonra guta-perkalar küçük parçalara ayrılır. Her bir parça ısıtılıp yumuşatılır ve kanala yerleştirilerek vertikal basınçla sıkıştırılır.

## **2. Devamlı ısıyla doldurma yöntemi (Sistem B)**

Bu yöntem, koronale doğru genişleyen, apikal daralmanın bozulmadığı bir kanal preparasyonunu ve uygun ana konun seçilmesini gerekli kılmaktadır. Bu yöntemde, genellikle Ni-Ti dönen uçlar ile korondan genişletmenin fazla olduğu kök kanal preparasyonu yöntemi kullanılır. 200°C'deki ısıyı bağlı olduğu tepici alete ileten bir ısı kaynağı kullanılır. Piyasada, Sistem B veya touch-and-heat ısı kaynaklarını bulmak mümkündür. Bu yöntem için standardize olmayan guta-perka konlar kullanılır. Fine, medium-fine medium vs. gibi numaraları vardır. Standardize guta-perkanın koronal hacmi, 0.2 mm artarken standardize olmayan guta-perkalarda koronal hacim 0.4 ya da 0.6 mm'dir.

Teknik: Ana konun apikal foramene çok iyi oturması gerekir. Ana kon yerleştirildikten sonra 200°C'de ısıtılan plugger, apekse 3 mm mesafeye kadar 5-10 sn içinde kanal içine yerleştirilir. Apikalde 3 mm ana kon kalana kadar apekse doğru itilir. En sonunda 1 sn'lik 200°C'lik şok ısı uygulanarak tepici aletin kanaldaki guta-perkadan ayrılması sağlanır. Apikal 3 mm'lik kısım, bu yöntemle doldurulduktan sonra geriye kalan kısım ya guta-perka parçalarının aynı yöntemle kanal içine yerleştirilip (100°C) ısıtılması ile doldurulur ya da enjeksiyon yöntemi kullanılarak termoplastize guta-perkanın kanala yerleştirilmesi ile doldurulur.

En önemli avantajı, kanal dolgu maddesinin 3 boyutlu olarak kök kanalına çok iyi yerleştirilebilmesidir. Bir diğer avantajı, guta-perka ile kök kanal dentini arasında tepici aletin de yardımıyla hiç boşluk kalmamasıdır.



Dezavantajları: Guta-perkanın ısının etkisiyle termoplastize olması sonucu apikalden kontrolü zordur. Çok iyi apikalden stop sağlanmalıdır. Apeksi geniş dişlerde çok dikkatli kullanılmalıdır (43). Oluşan aşırı ısı periapikal ve periodontal dokulara zarar verebilir. Maliyeti yüksek bir sistemdir.

### **3. Termomekanik kondenzasyon yöntemi**

1978 yılında McSpadden'in kendi adını verdiği kompaktörün kullanılması esasına dayanarak ortaya çıkmıştır. Mekanik tepici uç tersine çevrilmiş bir hendström eğesine benzer. Alet, angıldruva ucunda 10.000 devir/dk eşdeğer hızında kullanılarak sürtünmeyle gerekli ısıyı oluşturur ve guta-perkayı yumuşatarak kök kanalının doldurulması sağlanır.

Seçilecek guta-perkanın ucunun apikalden dışarı çıkmayacak şekilde uygun boyda seçimi önem taşır. Böylece yumuşamış olan guta-perkanın apekten taşması engellenmiş olur.

Kullanılacak kompaktör apikal bölgenin hazırlanmasında kullanılan en son aletten bir numara büyük olmalıdır. Kanal içine guta-perkanın yanına yerleştirildiğinde ise, en azından 3-4 mm derinliğe kadar ilerlemelidir. Daha sonra kompaktör saat yönünde apikal yönde basınç uygulanmadan çalıştırılır. Sürtünme ile oluşan ısı guta-perkayı yumuşatır ve kondenzasyon işlemi, aletin kendini geri itme hissine direnç gösterilmeden alet çalışır konumdayken kanaldan çıkarılarak tamamlanır. Kanalın koroner kısmının tam doldurulması için ikinci ve daha büyük kompaktör ve yardımcı guta-perkalar kullanılır.

Özellikle internal rezorbsiyon olgularında başarılı bir doldurma sağlar (44, 45). Dar kanallarda kullanılmaması, kompaktör uçlarının sıkışma sonucunda kolay kırılabilmesi (46), kanallarda sık sık taşkın dolgu yapılmasına neden olması ve kanalda soğuyan dolgu maddesinin daha sonra gösterebileceği sızıntı gibi dezavantajları vardır.

### **D. Termoplastize guta-perkanın kullanılması**

#### **1. Obtura (Termoplastize enjeksiyon yöntemi)**

Tabanca sistemi içine yerleştirilen guta-perka kanülleri 185°C-200°C de ısıtılarak, tabancanın ucuna yerleştirilen 20-23 nolu enjektör ucu yardımıyla kanala yerleştirilir. Aralıklarla tepici alet yardımıyla vertikal kondenzasyon yapılarak hava kabarcıklarının kalmamasına dikkat edilir.

Avantajları: Termoplastize enjeksiyon yöntemi, tüm düzensiz kanal boşluklarını ve lateral kanalları tıkayabilir (47, 48). Özellikle C şeklinde kanallarda ve internal rezorbsiyon vakalarında kullanımı başarılı sonuçlar vermektedir (49).

Dezavantajları: Boyut kontrolü sağlamak mümkün olmadığı için çok dikkatli kullanılmadır. Çok kolaylıkla apikalden taşabilmektedir. Apikalde yarattığı ısı artışı ayrıca dikkate alınmalıdır. Geniş apeksli dişlerde ya da apeks formu yanlışlıkla bozulan dişlerde kullanılmamalıdır. Ayrıca soğurken yarattığı büzülme bir dezavantajdır (50).

## 2. Guta-perka taşıyıcı sistemler

**a. Thermafil:** Plastik ya da metal kanal aletleri üzerine guta-perkanın kaplanmış olduğu sistemlerdir. Kanala yerleştirilmeden önce özel fırınında ısıtılan guta-perka, kanal dolgu patı yerleştirilmesini takiben en son kullanılan kanal aleti numarasıyla aynı numaradaki thermafil taşıyıcı ısıtıldıktan sonra kanala aynı boyutta yerleştirilir. 2-4 dk.'da sertleşen guta-perkanın koronalden 1-2 mm altında baş kısmı kesilir.

Avantajları: Kök kanalına çok iyi adapte olur (51). Kullanımı kolay ve süratlidir (52). Özellikle S formundaki kanallarda kullanımı idealdir.

Dezavantajları: Yeniden tedavisi çok zordur. Metalden ziyade plastik konların kullanılması önerilmektedir. Apikal stopun kaybolduğu preparasyon hatalarında apikal boyutu kontrol etmek mümkün değildir ve taşkın dolguya neden olur (53, 54).

**b. Soft Core tekniği:** Thermafil tekniğine benzeyen bir teknik olan Soft-Core'da (CMS-dental Aps. Denmark) taşıyıcılar, Thermafil'deki gibidir. Soft-Core Oven adı verilen özel bir ısıtıcıda ısıtılır ve çalışma boyuna kadar kanala yerleştirilir. Thremafil'den farklı olarak iki bölümden oluşur. Birincisi

metal saplı plastik yerleştirme pini, ikincisi ise plastik saplı guta-perka kor'dur. Metal pin plastik kora tam olarak tutunmaz ve Soft-Core kanal yerleştirildikten sonra plastik sap bükülerek metal pinle birlikte çıkarılır (55).

Tüm bu doldurma tekniklerine ek olarak, son zamanlarda Ni-Ti dönen enstrümanlar ile aynı açığa ve boyuta sahip konların kullanılması da popülerite kazanmıştır (56). Bu konlar, farklı açılarda olabileceği gibi (.02, .04, .06) değişken taperlı enstrümanlarla da aynı boyutlara sahip olanları da vardır (ProTaper F1, F2, F3). Bu konlar, kanal dolgu patıyla birlikte kullanılır ve final şekillendirmeden sonra kök kanal sisteminin yıkanıp kurutulmasını takiben, patla beraber kanal uygulanır.

## **2.4. Bağlantı (Adezyon)**

Endodontik tedavilerin başarısız olmasının en önemli nedenlerinden biri dişin koronal ve apikal sızıntısıdır. Bu sorunu çözmek için göz önüne alınması gereken temel faktör, bağlantı (adezyon) fenomenidir (32).

Bağlantı, iki farklı materyalin atom veya moleküllerinin birbiri ile ilişki içinde olmasıdır. Bağlantının kimyasal ve mekanik olmak üzere iki mekanizması vardır. Kimyasal bağlantı, atomik ve moleküler düzeyde bağlanmadır. Mekanik bağlantı ise bir yüzeyin diğerine kenetlenme yoluyla tutunmasıdır. Bağlanılan yüzey adherent (substrat), bağlantıyı oluşturan materyal adeziv olarak adlandırılır. Bağlantı tabakasını oluşturan komponentlere bağlayıcı ajan denir (57).

Uygun bağlantı yüzeyinin oluşabilmesi için, bağlanılan yüzeyin temiz olması, bağlantıyı oluşturan materyalin bağlanılan yüzeyi iyi ıslatabilmesi, ara yüzün bağlantıyı bozmaya çalışan fiziksel, kimyasal ve mekanik kuvvetlere karşı dirençli olması ve bağlantıyı oluşturan materyalin iyi polimerizasyonu gerekmektedir (58, 59).

### **2.4.1. Kök kanal dentinine bağlanma ve bağlanmayı etkileyen faktörler**

Dentinin karmaşık organik yapısı, biyolojik aktivite göstermesi ve dinamik bir oluşum olması, dayanıklı ve güvenilir bağlanmayı engellemektedir (60). Aksesuar kök kanalları, rezorpsiyon alanları, gömülü veya serbest pulpa

taşları ve değişen miktarlardaki düzensiz sekonder dentin gibi kök kanal dentini yapısındaki varyasyonlar bağlanmayı etkileyebilir (61). Ayrıca, kök kanalına bağlanma dayanımı, kökün apikal üçlüsünde koronal üçlüye göre daha düşüktür (62, 63). Bu sonuç, apikal bölgedeki dentinin sklerotik özellik göstermesinin (64) yanı sıra kullanılan materyallerin, kökün bu bölgesinde muntazam bir şekilde uygulanamamasından kaynaklanmaktadır (8).

NaOCl, kullanılan en yaygın irrigasyon solusyonu olmasına karşın özellikle rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımlarını azaltmakta (65-67), mikrosızıntıyı da arttırmaktadır (68). Bunun sebebi, kuvvetli bir oksidasyon ajanı olan NaOCl'in kullanımından sonra dentin yüzeyinde kalan oksijenin, patın polimerizasyonunu inhibe etmesidir (69). Bu problemin üstesinden gelebilmek için, NaOCl uygulamasını takiben askorbik asit ve sodyum askorbat gibi ajanların kullanılarak NaOCl'in zararlı etkilerinin azaltılabileceği rapor edilmiştir (70).

Diğer irrigasyon solusyonları göz önünde bulundurulduğunda hidrojen peroksitin beklenildiği gibi dentin yüzeyinde oksijenden zengin bir yüzeye sebep olduğu ve bunun sonucunda bağlanma dayanımını azalttığı tespit edilmiştir (71). Buna karşın klorheksidin kullanımının, bağlanma dayanımı üzerine negatif bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir (72).

EDTA (Etilendiamin tetra asetik asit), endodonti pratiğinde smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği sebebiyle final irrigasyon olarak kullanılması önerilen bir solusyondur. Smear tabakasının varlığında, dentin ile kök kanal dolgusu arasındaki kimyasal bağlantının tam olarak sağlanamayacağı bildirilmiştir. Bundan dolayı, smear tabakasının uzaklaştırılması patın dentin tübüllerine penetrasyonuna imkân tanır ve dentin ile pat arasında daha iyi bir bağlantı oluşmasını sağlar (73, 74). Ancak yapılan bir çalışmada, kök kanal patlarının açığa çıkmış dentin tübüllerine penetrasyon göstermedikleri ve tübüler penetrasyon gösteren tüm patların da bağlanma dayanımlarının yüksek olmadığı bildirilmiştir (75). Bu nedenle, pat tıkaçlarının penetrasyonu ile yaratılan mikromekanik retansiyon, kök kanal patlarının adezyonunu etkileyen en önemli veya tek faktör değildir (76).

Bağlanılan alanların bağlanılmayan alanlara oranı olarak tanımlanan konfigürasyon faktörünün (C faktör), bağlanma prosedürlerinde önemi olduğu kabul edilmektedir (77-79). Bu faktör kavite preperasyon geometrisinin bağlanmaya etkisi için kullanılan bir ölçüttür. Bağlanmayan yüzey oranındaki artış, bağlanan yüzeylerdeki polimerizasyon büzülmesinde daha az stres oluşturur. Konfigurasyon faktör azaldıkça polimerizasyon büzülmesi sırasında oluşan streste azalır.

Bağlanmayan yüzeyler plastik deformasyona ya da polimerizasyon sırasında rezin yığınlarının akmasına neden olur (80). Sınıf 5 kavite bu anlamda elverişliken (CF=1/1) kök kanal sisteminde bu oran 100/1'dir (81). Her dentin duvarının karşısında bir duvar vardır ve bağlanmayan yüzey minimaldir. 3/1'den daha fazla oranlar bağlanma için uygun değildir. Bu nedenle (elverişsiz geometri) boşluk içermeyen monoblok yapıyı oluşturmak mümkün değildir. C faktörün kök kanal sisteminde yüksek değerlerde olduğu göz önüne alındığında, kök kanalı boyunca pat ve dentin arasında oluşacak boşluklar kaçınılmazdır (12). Bunun sonucu olarak, özellikle apikal bölgede rezin esaslı materyallerin kök kanalına bağlanmaları sorgulanmaktadır. Özellikle ışıkla polimerize olan materyaller için, kök kanalının uygun olmayan geometrik konfigürasyonu içinde yaratılan polimerizasyon stresi çok yoğun olabilir, rezin kompozitin dentin duvarlarından ayrılmasına ve arayüzde boşlukların yaratılmasına neden olabilir (30).

#### **2.4.2. Bağlantının test edilmesinde kullanılan teknikler**

Klinik ve laboratuvar testleri ile yeni üretilen dental materyaller, hızlı, kolay ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmektedir. Klinik testler için fazla zamana ve hastaya ihtiyaç duyulmaktadır. Laboratuvar testleri, materyallerin klinikte kullanımı ile ilgili bir ön bilgi vermektedir. Yeni üretilen materyallerin çoğu laboratuvar testlerinde güvenilir sonuçlar vermesine rağmen klinik ortamda aynı başarıyı ortaya koyamayabilmektedir (82).

Endodontik materyaller ve diş yapısı arasındaki bağlantının etkinliğinin değerlendirilmesinde, bağlanma dayanımı testleri popüler yöntemler haline gelmiştir. Bağlanma dayanımı adeziv materyalle dentin arasındaki

bağlanmayı koparmak için gerekli birim alana düşen kuvvet olarak tanımlanır ve megapaskal olarak hesaplanır.

Makaslama ve gerilim test yöntemleri, dental materyallerin klinik kullanımlarının ve etkinliklerinin değerlendirilmesinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (83-85). Sıklıkla kullanılan makaslama testleri uygulama kolaylığı olan, yükü dağıtılabilen veya ara yüze iletilebilen bıçak kenarı, ilmik tel yöntemi, künt sonlanan çubuk gibi çeşitli konfigürasyonları bulunan bir yöntemdir. Bu sistemlerdeki en büyük zorluk, makaslama yükleme cihazının, ara yüz ile aynı hizaya getirilmesinde ortaya çıkmaktadır (86). Della Bona ve Van Noort, makaslama yöntemin geçerliliğini sorgulamışlardır (83). Geometrik tasarım ile bağlantı ara yüzü sabit tutularak örneklerin konfigürasyonları değiştirildiğinde istatistiksel olarak farklı sonuçlar elde etmişlerdir

Gerilim testlerinde, örnek ile bağlanan materyal aynı düzleme getirildiği zaman daha homojen bir stres dağılımının elde edileceği düşünülmektedir. Ancak, bağlayıcı sistemlerin, kompozit rezinlerin, demineralize ve mineralize dentin yüzeylerinin elastik ve plastik deformasyonlarının karmaşık şekilde bir arada bulunması nedeni ile bu test yöntemlerindeki stres dağılımlarının homojen olmadığı bildirilmiştir (87).

Yeni dental materyallerin ve tekniklerin bağlanma dayanımı ile ilgili geliştirilen test yöntemlerinin bazı sınırlamaları bulunmaktadır:

a. Örneğin şekil ve boyutu: Dişlerin şekil ve boyutları arasında büyük farklılıklar bulunabilmektedir.

b. Dişlerin yapısal farklılıkları: Aynı dişte bile mine kalınlığı, dentin mineralizasyonu gibi farklılıklar bulunmaktadır.

c. Diş temin edilmesinde zorluk: Eğer parametre standardizasyonu katı bir şekilde izlenirse; diş yaşı, çekilme zamanı ve saklama koşulları gibi faktörler önem taşımaktadır (88).

Geleneksel makaslama ve gerilim testleri, büyük yüzey alanında yapılan testlerdir. Stres uygulandığı zaman bağlanma testlerinde ayrılmalar genellikle dentinin veya rezinin iç yapısında koheziv kırık şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu da materyalin bağlanma dayanımının doğru bir şekilde

değerlendirilmesini engellemektedir. Bu tip başarısızlık, materyalin kendi içindeki bir kırılma olduğundan, bağlanma dayanımı hakkında güvenilir bir bilgi vermemektedir (84).

Dental materyal ve diş arasındaki bağlanma dayanımını ölçmek için kullanılan yöntemlerden biri de “push-out” yöntemidir (89, 90) ve diğer yöntemlere göre klinik koşulları daha iyi sağlamaktadır (91). Push-out testi, diş hekimliğinde ilk defa 1970 yılında tanıtılmıştır (92). Daha sonra 1996 yılında push-out testi, kök kanal dentinine bağlanma çalışmalarında rapor edilmiştir (89). Ancak, push-out testi bütün post yüzünde (93) veya kalın kök dilimlerinde (89, 92) uygulandığında, bağlanma ara yüzeyinde fazla düzenli olmayan stres geliştiği iddia edilmektedir. Orijinal push-out tekniğindeki bu engeller, örnek kalınlığının 1-2 mm'ye indirilmesi ile çözümlenmiştir. Bu modifiye teknik, kök kanalı içinde bölgesel farkların da test edilebilmesine olanak vermiştir (94). Bu yöntemin diğer bir avantajı, bağlanma dayanımı düşük olsa bile kanal patlarının değerlendirilebilmelerine olanak tanınmasıdır (95). Push-out testinin daha güvenilir olduğu, mikrogerilim testinde örneklerin hazırlanmasında çok sayıda prematür başarısızlık olduğu ve verilerin çok geniş bir aralıkta dağıldığı da bildirilmiştir (11).

## 2.5. Endodontik mikrosızıntı

Bakteriler, bakteriyal ürünler ve doku sıvılarının diş dokuları ile dolgu maddeleri arasındaki mikro aralıklardan geçişine mikrosızıntı denir (96). Mikrosızıntının ciddi bir klinik sorun olması ve diş hekimliğinde kullanılan materyallerin birçoğunun mikrosızıntı göstermesi nedeniyle, iyi analiz edilmesi ve tartışılması gerektiği bildirilmiştir (97).

Endodontik tedavinin başarısı yapılan kanal dolgusunun kök kanalını üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde tıkamasıyla değerlendirilmektedir. Klinik koşullarda kanal dolgusunun kalitesinin radyografik olarak belirlenebilmesi ve apikal ya da koronal sızıntının inceleneceği *in vivo* bir yöntemin bulunmayışı, araştırmacıları, kanal dolgu materyallerini ve kanal dolgu tekniklerini *in vitro* yöntemlerle, özellikle mikrosızıntı çalışmaları ile değerlendirip sonuçlarını klinik olarak yorumlamaya yöneltmiştir. Günümüzde sızıntı çalışmaları, endodonti literatüründe önemli bir yere sahiptir. Sızıntı esas itibarıyla; kanal

dolgu patı ile kanal duvarı arasında, kor materyali ve kanal dolgu patı arasında veya kanal dolgu patının içine doğru olabilmektedir.

Kök kanal dolgu materyalleri ve tekniklerini sızdırmazlık yönünden incelemek amacıyla çeşitli “sızıntı inceleme yöntemleri” geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında, boya penetrasyon, elektrokimyasal, radyoizotop, bakteri penetrasyon ve sıvı filtrasyon yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır.

### **2.5.1. Boya penetrasyon yöntemi**

Çeşitli boyalara (eozin, metilen mavisi, siyah hindistan mürekkebi, tam parlak mavi, bazik fuksin ve diğerleri) dişi daldırma metodu ilk defa Grossman tarafından 1939 yılında tarif edilmiştir (98). Kolay uygulanabilirliği nedeniyle sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu boyaların yardımı ile mikrosızıntının gösterilmesi, sık kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemle, restorasyon ve dişe zıt renkte boya uygulanarak kesitlerdeki boyanın yayılımı izlenir. Oldukça duyarlı bir tekniktir. Fakat sonuçların iyi standardize edilmesi gerekir. Kalitatif sonuçlar alınması, tekniğin dezavantajıdır. Kantitatif değerler elde edilebilmesi için spektrofotometrik ölçümler yapılabileceği bildirilmiştir (99).

Araştırmalarda kullanılan boyaların çoğu solüsyon ya da partikül süspansiyonları şeklindedir. Kullanılan süspansiyonların konsantrasyonlarında standardın sağlanması önemlidir.

### **2.5.2. Elektrokimyasal yöntem**

1976 yılında Jacobson ve von Fraunhofer tarafından tanıtılan elektrokimyasal yöntemde, örneklerde zaman içinde sürekli ölçümler yapılabilir (100). Doldurulan kök kanal sisteminin 2/3'lük kısmı elektrod (anod) görevi görecektir. Çelik telin yerleştirilmesi için boşaltılır. Tüm diş yüzeyi geçirgen olmayan bir ajanla apeksi çevreleyen bölge haricinde kaplanır. Diş daha sonra katod olarak fonksiyon görecektir olan paslanmaz çelik bir tel ile birlikte potasyum klorit solüsyonuna yerleştirilir. Elektrodlar bir güç kaynağına bağlanır. Eğer potasyum klorit solüsyonu kök kanalından geçip anoda ulaşabilirse sistemde bir akım geçişi meydana gelir. Akımın büyüklüğü penetrasyonun derecesini gösterir (101).



Örneklerin zamana bağlı sızıntı derecesinin değerlendirilmesinde, geçen akımın büyüklüğü sızıntı derecesi ile doğru orantılıdır. Akım, iyonların elektrod yüzeyine difüzyonuna bağlıdır ve elektrod yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, sızıntı oluşumu ile birlikte daha fazla elektrod alanı potasyum klorit ile temas eder ve buna bağlı olarak daha yüksek akım oluşur (102).

Elektrokimyasal tekniğin hassas olması, kantitatif sonuçlar elde edilmesi, örneklere kimyasal işlem yapılmasını gerektirmemesi ve farklı zaman aralıklarında gözlem yapma imkanı sağlaması gibi avantajları yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (103). Ancak tekniğin bazı zayıf noktaları da vardır. Kök kanal boşluğunda apikal mikrosızıntı potasyum klorit solüsyonu detektöre ulaşmadan da oluşabilir. Bu da yanlış sonuçların alınmasına neden olabilir ve anodda korozyon ürünlerinin birikimi iyon akışına engel olabilir (104).

### 2.5.3. Radyoizotop yöntemi

Kök kanallarında apikal mikrosızıntının tespiti için farklı araştırmacılar tarafından radyoizotop yöntemi kullanılmıştır (105, 106). Tıbbi araştırmalarda kullanılan radyoaktif izotopların gelişimi, bunların dental araştırmalarda kullanım alanlarını genişletmelerine neden olmuştur. Sık kullanılan izotoplar  $^{45}\text{Ca}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{14}\text{C}$  olarak sayılabilir (107).

Genellikle radyoaktif izotoplar kullanılarak yapılan sızıntı çalışmalarında izotoplar, boya ile benzer şekilde kullanılmıştır. Kök kanal dolgusu yapılmış olan dişler belirli bir süre izotop solüsyonunda bekletilir ve daha sonra uzunlamasına kesitler alınarak bir film üzerine yerleştirilerek otoradyograflar oluşturulur. Bu otoradyografiler, restorasyon ve kavite duvarı arasındaki radyoaktif izotop varlığını gösterir. Ancak araştırmacılar, sonuçların subjektif bir skor sistemiyle değerlendirilmesini bildirmişlerdir (108).

Geri dönüşümlü radyoaktif emilim yöntemi, radyoaktif maddenin restoratif madde altına yerleştirilmesi ve daha sonra bu dişin radyoaktif olmayan bir solüsyon içerisine yerleştirilerek, bu solüsyon içerisindeki radyoaktivite seviyesinin zamana bağlı olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Ancak, sızıntının restorasyon içerisinde meydana gelebilecek herhangi bir

boşluk veya diş dokusunun radyoaktif maddeyi emmesi gibi nedenlere bağlı olup olmadığının açık olmadığı bildirilmiştir (107, 109).

Bu yöntemin avantajı, izotop moleküllerinin çok küçük çapa sahip olmalarından dolayı çok az miktarda sızıntının bile tespitinin sağlanması ve penetrasyonlarının çok iyi olmasıdır (108). Ancak pahalı olması, özel cihaz ve bilgi gerektirmesi ve insan sağlığı yönünden olumsuz etkileri dezavantajlarıdır (109).

#### **2.5.4. Bakteri penetrasyon yöntemi**

Timpawat ve diğerlerine (14) göre; sızıntı değerlendirmede (özellikle koronal) bakteri kullanımı, boya penetrasyon metodundan biyolojik ve klinik olarak daha uygundur. Marjinal sızıntıyı değerlendirmek için çeşitli bakteri türlerinin kullanılması çelişkili sonuçlara neden olmuştur. Çünkü kullanılan yöntem, bakteri türüne bağlıdır. Daha da önemlisi, materyalin antibakteriyal etkinliği varsa yöntemin kullanılması mümkün olmaz (110). Apikal bölgedeki besi yerinin bulanıklığı kontaminasyonun ilk belirtisidir (111).

Bu bakteriyel çalışmalar, kantitatif olmaktan ziyade kalitatif veriler sunar. Eğer yalnızca bir bakteri, doldurulmuş kök kanalından geçerse, besi yerinde çoğalabilir ve bu da bulanıklığa neden olur (112). Ayrıca, 0.5-1 µm'den küçük boşluklara bakteri penetrasyonunun olmaması dezavantajdır (108).

#### **2.5.5. Sıvı filtrasyon yöntemi**

Sıvı filtrasyon yönteminde, hava kabarcığının bir kapiller tüp içindeki hareketi aracılığıyla örtücülük kapasitesi ölçülür. Bu yöntem, 1987 yılında Pashley ve diğerleri (113) tarafından geliştirilmiş ve Wu ve diğerleri (114) tarafından 1993'te kök kanallarında kullanım için modifiye edilmiştir. Bu yöntem, koronal bölümü atm basınç altında su ile dolu bir tüple bağlantılı doldurulmuş bir kanal ve apeksi 170 mm uzunluğunda, 20 ml ve uniform çapta, su ile doldurulmuş cam kapiller tüpten oluşmaktadır. Sonuç olarak, koronal parçaya 0.1 atm basınç uygulandığında, bu basınç suyu kök kanalı boyunca olan boşluklara doğru zorlar (114). Sonuçlar genellikle ml/dk olarak ifade edilir (115).

Sıvı filtrasyon yönteminin, kantitatif veriler elde edilebilmesi ve örneklere zarar verilmemesi gibi avantajları olduğu bildirilmiştir (114). Ancak bunun yanında, çalışmalarda standardizasyonun sağlanamaması, uygulanan basıncın farklılık göstermesi, ölçüm süresinin 1 dk-3 saat arasında değişebilmesi gibi dezavantajları vardır (116).

## **2.6. Diş hekimliğinde kullanılan ışık kaynakları**

Görünür ışık polimerizasyon kaynaklarından; ışığa duyarlı restoratif materyalleri, kompozit rezinleri, rezin modifiye cam iyonomerleri, poliasit modifiye kompozit rezinleri, fissür örtücüleri, bağlayıcı ajanları, peridontal materyalleri, yapıştırıcı ajanları, geçici restoratif materyalleri polimerize etmede yararlanılmaktadır (117, 118).

Dental teknolojilerde, rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunda kullanılan rezin polimerizasyon cihazlarında son yıllarda büyük değişiklikler görülmektedir. Dental materyallerin polimerizasyonu, uygun fiziksel özellikleri ve tatminkâr klinik performansı elde etmede büyük önem taşımaktadır. Yetersiz polimerizasyon ise; yüksek miktarda artık çift bağ ile birlikte, düşük monomer-polimer dönüşüm hızının neden olduğu düşük fiziksel özelliklere, artmış su emilimine, çözünürlüğe ve sitotoksik etkilere neden olmaktadır (117-119).

Günümüzde, kuartz-tungsten-halojen ışık kaynakları (KTH), ışık yayan diyotlar (*light emitting diode, LED*), plazma ark lambaları ve argon iyonu lazerleri olmak üzere dört farklı polimerizasyon kaynağı mevcuttur (120).

### **2.6.1. Kuartz-tungsten-halojen ışık kaynakları (KTH)**

KTH ışık kaynakları, rezin esaslı materyallerin ışık ile polimerizasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek derecede ısı ile akkor haline gelen bu lambalardan yayılan radyasyon filtre edilerek, 380-400 nm arasından başlayan ve 500-520 nm değerlerinde sonlanan spektruma geçirilmektedir (121, 122).

Tipik olarak, ışık şiddeti, 400-800 mW/cm<sup>2</sup> arasındadır ve kompozit rezinleri, 2 mm derinliğe kadar 40 sn'de polimerize etmektedir. Bununla birlikte, yüksek ışık şiddetinde (800 mw/cm<sup>2</sup> den fazla) KTH ışık kaynakları da

günümüzde kullanıma sunulmuştur. Turbo ışık kaynaklarından bazıları, 1.300 mW/cm<sup>2</sup>'den fazla ışık şiddeti yayabilmektedir (123). Bu cihazlarda, 11 mm'lik standart veya ışık konsantrasyon ve yoğunluğunu %50 arttıran 8 mm'lik ışık uçları kullanılmaktadır (124). Bazı tipleri ise giderek artan, iki veya üç farklı şiddette (*step cure*) ya da devamlı artan şiddette enerji sağlamaktadır.

KTH ışık kaynakları yaygın kullanımlarına rağmen, bazı dezavantajlara sahiptir. Halojen ampullerin ömürleri 40–100 saat arasında değişmektedir. Yüksek çalışma sıcaklığında ampul, reflektör ve filtre zaman içinde bozulabilmekte ve bunun sonucunda ışık kaynağının polimerizasyon etkinliği zamanla azalmaktadır. Klinik açıdan bu durum, yeterince polimerize olmamış, fiziksel özellikleri zayıf ve prematür kırık riski fazla olan restorasyonların yapılmasına yol açabilmektedir (125).

### **2.6.2. Işık yayan diyotlar (LED, light emitting diode)**

KTH ışık kaynaklarında oluşan problemlerin üstesinden gelmek amacıyla LED teknolojisi tanıtılmıştır. LED ışık kaynakları, ışığın oluşturulmasında, katı fazda yarı iletkenlerin bağlantılarını (p-n bağlantıları) kullanmaktadırlar. Diyotlar, dar spektral aralıkta ışığı oluştururlar ve galyum nitritten yarı iletken olarak yararlanırlar. Genellikle 450-490 nm dalga boyları arasında ışık üretmektedirler. Bu enerji aralığı, kafurkinini fotobaşlatıcı olarak kullanan dental materyallerde ideale yakındır (126). Birinci nesil LED ışık kaynakları, 400 mW/cm<sup>2</sup> den düşük ışık yoğunluğuna ve birçok ışık yayan diyota sahip olduğundan, geleneksel KTH ışık kaynakları kadar iyi polimerizasyon oluşturamamışlardır. Günümüzde ikinci nesil LED ışık kaynakları kullanıma sunulmuştur. Bunlar, birinci nesil ışık kaynaklarına göre daha yüksek çıkış gücü ve farklı spektral dağılımda ışık yaymaktadır. Daha kısa polimerizasyon süresi ile daha iyi performans sağlamaktadırlar (127).

LED ışık kaynakları, dar bir spektral aralıkta ışık oluştururlar ve çalışabilmeleri için düşük güce ihtiyaçları vardır. Düşük güç gereksinimi, ısı üreten kızıl ötesi dalga boylarını uzaklaştırarak, soğutucu fan gereksinimini ortadan kaldırmakta ve şarj edilebilen bataryalar ile güç sağlanabilmektedir. Diğer ışık kaynaklarına göre daha hafif olup, kablosuz olarak kullanılabilirler. Darbelere ve vibrasyona son derece dirençlidirler.

Halojen ışık kaynaklarının ömrü 50-100 saat arasında olmasına rağmen, LED ışık kaynaklarının ömrünün, yaklaşık 10.000 saat civarında olduğu bildirilmektedir. Filtre, reflektör içermezler ve zamana bağlı olarak bozulmadıkları için ürettikleri ışık sabit şiddettedir. Daha az ısı oluşturmakta ve bu da gingival, pulpal irritasyon riskini azaltmaktadır (125)

### **2.6.3. Plazma ark ışık kaynakları**

Plazma ark ışık kaynakları, daha etkili bir polimerizasyon sağlamak ve çalışma süresini kısaltmak amacı ile üretilmişlerdir. Düşük dalga boyu aralığında, yüksek ışık şiddeti ile karakterizedirler. Işık, iyonize molekül ve elektronların gaz karışımı olan ısı veren plazmadan yayılmakta ve kafurkinin aktivasyonu için, 440-500 nm aralığında dalga boylarında filtre edilmektedir (128). Üretici firmalara göre, polimerizasyon süresini birkaç sn. (3-10 sn.) ye düşürmektedir. Plazma ark ışığı ile polimerizasyon hızlı geliştiğinden, bu durum yüksek polimerizasyon büzülmesi riskini düşündürmektedir (129).

### **2.6.4. Lazer ışık kaynakları**

Lazer ışık kaynakları, 1980'lerin sonundan itibaren mevcut olmasına rağmen, ekonomik nedenlerle yaygın kullanım alanı bulamamışlardır. Tıp ve diş hekimliğinde en çok karbondioksit, Nd:YAG, Er:YAG, Argon ve Excimer sert lazerleri kullanılır (130). Argon iyonu lazerleri 400-500 nm ışık dalga boyuna ve kısa uygulama süresine sahip olup, ışığı farklı frekanslarda yaymaktadırlar. Mavi lazerler ise rezin esaslı kompozitlerin ışık ile aktivasyonunda başarı ile kullanılmaktadırlar (121).

## **2.7. Polimerizasyon modları**

Son yıllarda ışık polimerizasyon protokollerinde, polimerizasyon büzülmesini azaltmak amacıyla polimerizasyon modları ortaya konmuş olup, çeşitli ışık kaynaklarında farklı isimlerle tanımlanmışlardır. İki veya üç aşamalı (step-curing), kademeli olarak artan (ramp-curing), salınım (oscilating), destek (boost-curing) modları bunlardan bazılarıdır (131, 132).

### 2.7.1. Standart polimerizasyon modu

Bu teknikte, kullanılan cihaza göre değişen ışık gücü, polimerizasyonun başından sonuna kadar hep aynı şiddette ve 10, 20, 30, 40 sn. gibi farklı sürelerde uygulanmaktadır.

### 2.7.2. Yavaş başlangıç modu (Soft-start)

Yavaş başlangıç modu; rezin materyallerin kenar uyumlarının geliştirilmesi, polimerizasyon büzülmesinin azaltılması amacıyla, özellikle son zamanlarda geliştirilen cihazlara ilave edilen 4 farklı mod içermektedir.

#### a. İki veya üç aşamalı artan mod (Step-curing mode)

İlk 5-10 sn, 0-250 mW/cm<sup>2</sup> civarındaki düşük şiddette ışıkla ön polimerizasyon sağlanır, ardından hemen kullanılan ışık kaynağına göre değişen yüksek şiddette (650-1000 mW/cm<sup>2</sup> civarında) ışık uygulanarak polimerizasyon tamamlanır.

#### b. Kademeli olarak artan mod (Ramp-curing mode)

Işık şiddeti düşükten başlar ve artarak devam eder. Son yıllarda geliştirilen ışık cihazlarına ilave edilen bir moddur.

#### c. Gecikmiş eğilim modu (Pulse-delay mode)

Polimerizasyon, kısa ve ani bir ışık şiddeti ile başlar. Polimerizasyon tamamlanmadan önce birkaç dk. beklenir ve polimerizasyon tamamlanır.

#### d. Salınım modu (Oscillating mode)

Polimerizasyon süresince ışık şiddeti, devamlı olarak en yüksek ve en düşük ışık şiddetleri arasında değişmektedir.

### 2.7.3. Destek polimerizasyon modu (Boost-curing mode)

Son zamanlarda, materyalin polimerizasyonunu desteklemek amacıyla uygulanan ilave bir moddur, 10 sn. sürer, ışık gücü 1000mW/cm<sup>2</sup>'nin üzerindedir.

Bu polimerizasyon modları üretici firmalara göre farklı isimler almaktadırlar. Bu modların amacı, polimerizasyon miktarını arttırarak ve iç stresleri azaltarak, bütünlüğü korumaktır (133).

## **GEREÇ VE YÖNTEM:**

08/51 nolu ve 09.10.2008 tarihli etik kurul raporu ile Tıbbi Etik açıdan uygun bulunan *in vitro* çalışmamız, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı ve Turku Üniversitesi Diş Hekimliği Enstitüsü Protetik Diş Hekimliği ve Biyomateryal Bölümü Laboratuvarı'nda (Institute of Dentistry, Department of Prosthetic Dentistry and Biomaterials Science) gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda, metakrilat esaslı kök kanal dolgu patının farklı kanal dolgu materyalleri, doldurma teknikleri ve polimerizasyon modları ile kök dentinine bağlanma dayanımının ve mikrosızıntısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### **3.1. Örneklerin hazırlanması:**

Bu çalışmada kullanılmak üzere 160 adet tek köklü, apikal gelişimini tamamlamış ve düz kanallara sahip insan dişleri seçildi. Işık mikroskobu (Stereomicroscope, Wild M3B, Heerbrugg, Switzerland) altında yapılan değerlendirme sonucu kök çürüğü, kırık veya çatlağı olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları bir kretuvar yardımıyla temizlendikten sonra, laboratuvar öncesi %0.5 kloramin-T solüsyonunda bekletildi. Daha sonra düşük hızda (200 rpm) su soğutması altında çalışan otomatik aşındırma cihazı (Struers LaboPol-21, seri no. 76.1259.20, Rodovre, Danimarka) (Şekil 3.1.1) kullanılarak, dişlerin kök boyları 16 mm oluncaya kadar kron kısımları aşındırıldı.



Şekil 3.1.1. Dişlerin kronlarının aşındırılmasında kullanılan otomatik aşındırma cihazı.

Tüm köklerin apikal foramenlerinin açık olduğunu saptamak için 10 no'lu K tipi eğeden faydalanıldı. Çalışma boyu, apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi (15 mm). Kök kanallarının genişletilmesi, üretici firmanın talimatları doğrultusunda Profile Ni-Ti dönen aletler (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) kullanılarak, crown-down tekniği ile gerçekleştirildi. Tüm kanallar, apikal #30 0.06 olacak şekilde şekillendirildi.

Genişletme esnasında kayganlaştırma sağlamak amacı ile Glyde File Prep (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) üretici firmanın önerdiği üzere kanal aletlerine bulanarak kullanıldı (Şekil 3.1.2).



Şekil 3.1.2. Çalışmada kullanılan şelasyon ajanı.



Preparasyon boyunca kök kanalları, her bir eğe arasında 3 ml %2.5'lik NaOCl solüsyonu kullanılarak yıkandı. NaOCl ile yıkama sonrası, kanallar son olarak 3 ml %17 EDTA ile 1 dk, ardından 3 ml distile su ile 1 dk süre ile yıkandı. Kök kanalları kâğıt konularla kurulandıktan sonra örnekler, her grupta 160 örnek olacak şekilde, RealSeal kanal dolgu patı ile birlikte kullanılacak kor materyaline göre iki gruba ayrıldı. Grup 1: RealSeal+Resilon (Pentron clinical technologies, Wallingford, CT, USA) (Şekil 3.1.3), Grup 2: RealSeal+guta-perka (Diadent Group International Inc. Vancouver, BC, Canada). Daha sonra bu gruplar, kullanılan doldurma tekniğine göre iki farklı alt gruba ayrıldı (lateral kondenzasyon ve tek kon tekniği).



Şekil 3.1.3. Çalışmada kullanılan RealSeal+Resilon sistemi.

Kanal dolgu patınının polimerizasyonu için LED ışık kaynağı (Elipar Freelight 2, 3M Espe, St. Paul, Minn) koronal açıdan kullanıldı. Gruplar, LED ışık kaynağının “standart” ve “giderek artan” modları ile ayrı iki grup olacak şekilde 20 sn süre ile polimerize edildi (Şekil 3.1.4).



Şekil 3.1.4. Çalışmada kullanılan LED ışık kaynağı.

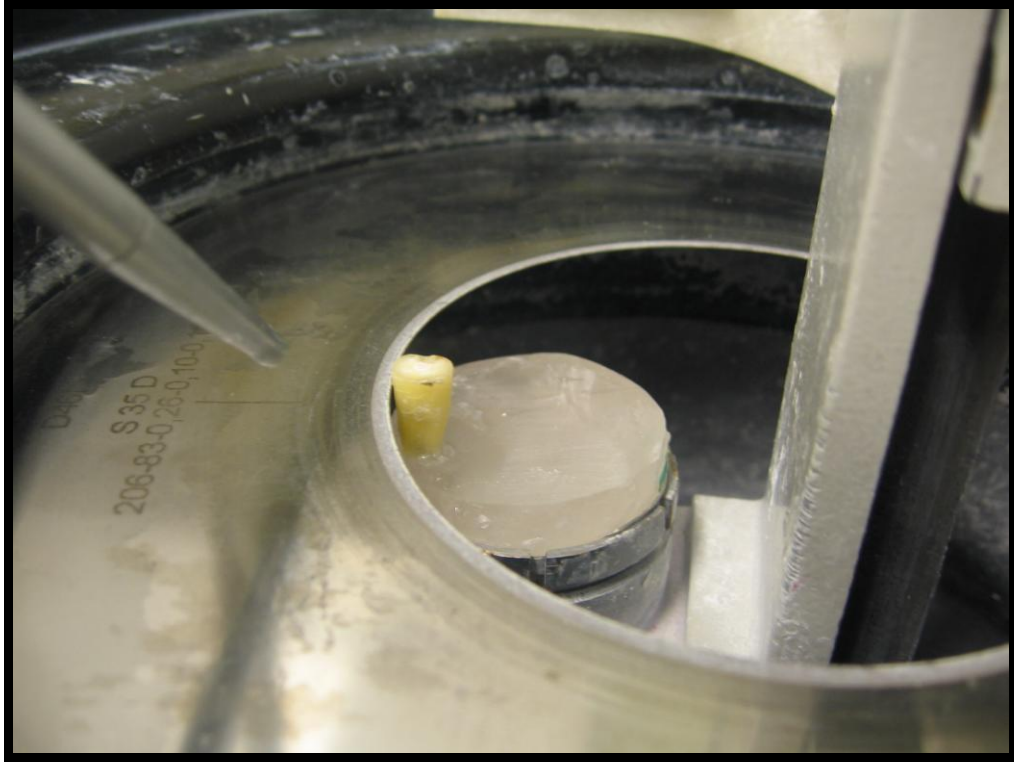
Grup 1 ve grup 2'deki örneklerin yarısı bölgesel bağlanma dayanımı, yarısı da koronal sızıntı testi için ayrıldı. Örnekler kanal dolgu patınının tam olarak sertleşmesi için 37°C'de ve %100 nemli ve karanlık ortamda 1 hafta süreyle etüvde saklandı (Şekil 3.1.5).



Şekil 3.1.5. Örneklerin bekletildiği etüv.

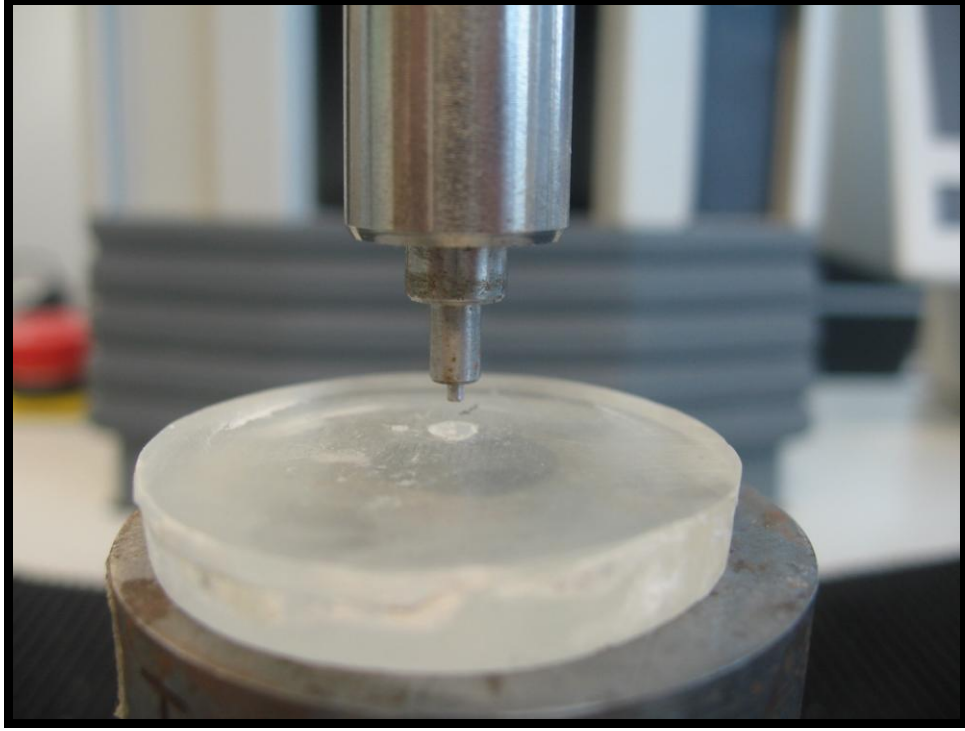
### 3.2. “Push-out” bağlanma dayanımı testi:

Sertleşmesi tamamlanmış örneklerden korondan apikale doğru, ardışık olarak ve su soğutmalı testere kullanılarak, 2-mm kalınlığında horizontal kesitler alındı (n=3) (Şekil 3.2.1). Kesitlerin kalınlıkları digital kumpas ile teyit edildi.



Şekil 3.2.1. Dişlerden kesit almak için kullanılan su soğutmalı kesit cihazı.

Daha sonra, push-out bağlanma dayanımı testi için kullanılacak 0.76 mm çapındaki paslanmaz çelik silindirik ucun, kanal dolgusuna kuvvet uyguladığında test edilen materyalin kanaldan uzaklaşması sırasında dirençle karşılaşmaması için, şeffaf akrilden bir kalıp hazırlandı (Şekil 3.2.2).

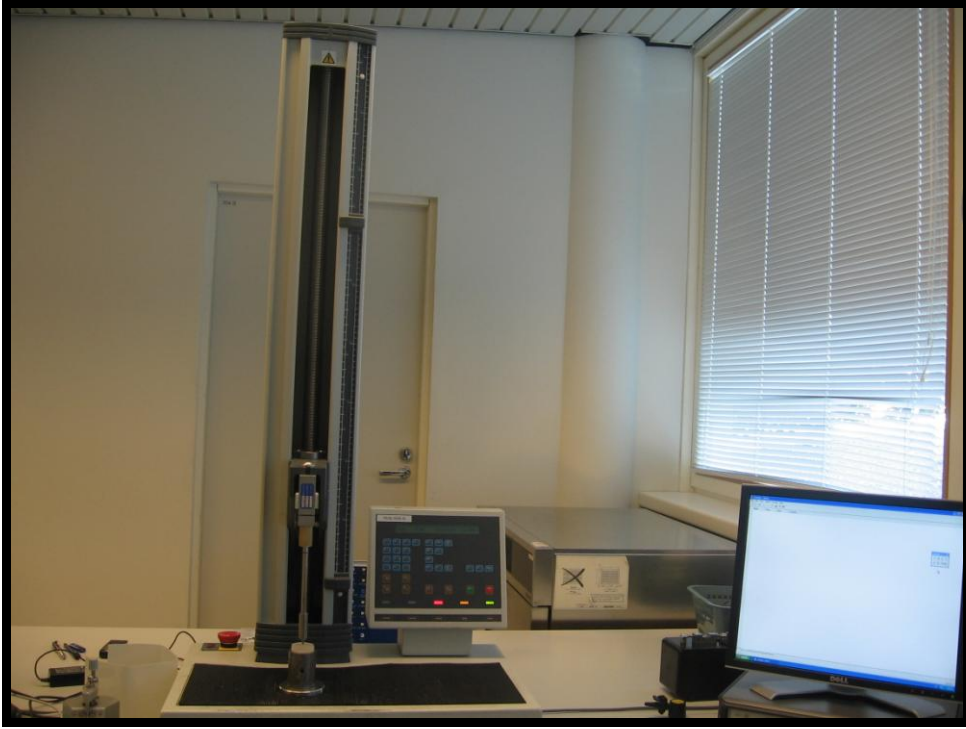


Şekil 3.2.2. Materyalin kanaldan uzaklaşması sırasında dirençle karşılaşmaması için kullanılan şeffaf akrilik kalıp.

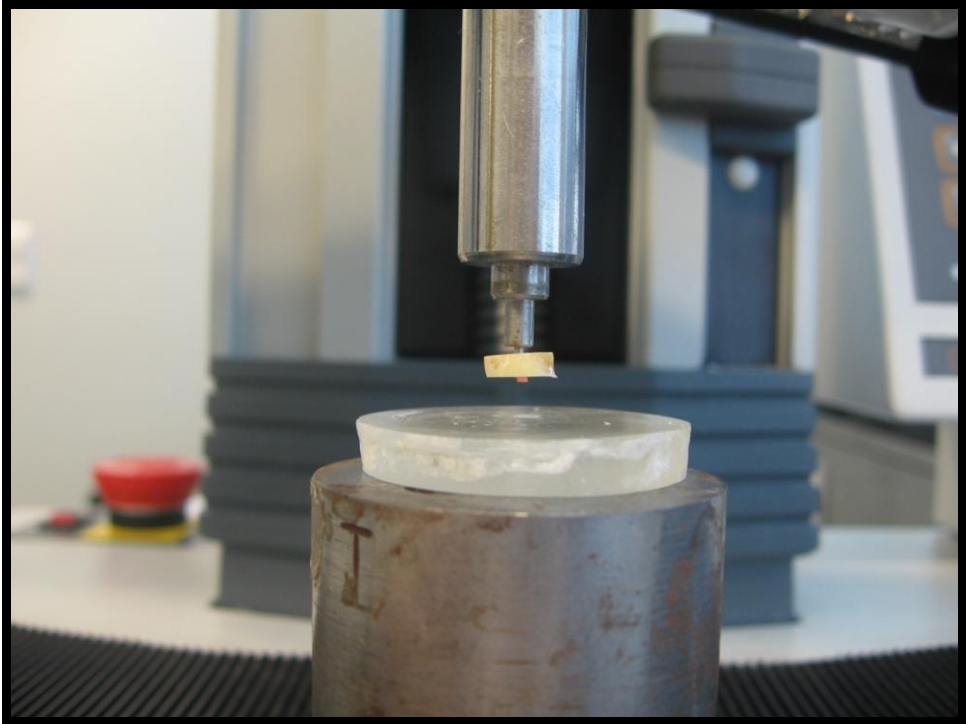
Yüklemeye üniversal test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) yapıldı (Şekil 3.2.3). İtici ucun sadece dolgu materyali ile teması sağlandı. Ayrıca alınan kesitin geometrisinden dolayı, kuvvet kanal dolgusuna apikalden koronale doğru uygulandı (Şekil 3.2.4). Kuvvet Nexygen data-analiz software (Lloyd LRX) kullanılarak kayıt edildi. Push-out bağlanma dayanımı değerlerinin megapaskal (MPa) cinsinden hesaplanması için aşağıdaki formül kullanıldı (134).

$$\text{Push-out bağlanma dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Maksimum yük (N)}}{\text{Kök kanal dolgusunun adezyon alanı (mm}^2\text{)}}$$

Kanal dolgusunun bağlantı alanı, her bir kesit için ayrı hesaplandı (Alan =  $2\pi r \times h$ ;  $\pi$  (pi sayısı) = 3.14; r, kanal dolgusunun yarıçapı; h, kesitin yüksekliği).



Şekil 3.2.3. Yüklemenin yapıldığı üniversal test cihazı.

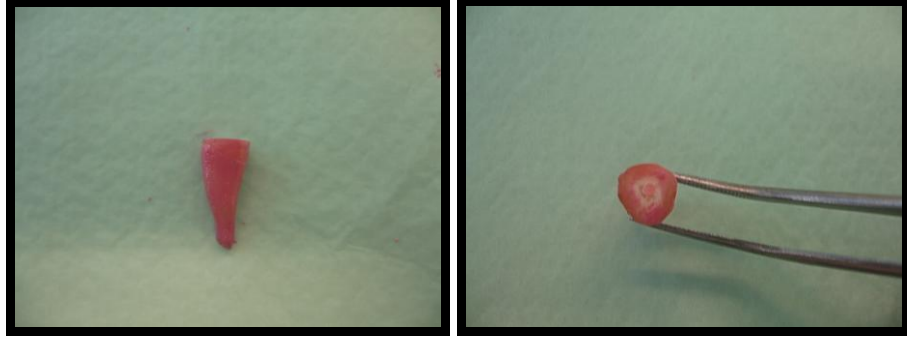


Şekil 3.2.4. Yüklemenin kesitlere uygulanması.



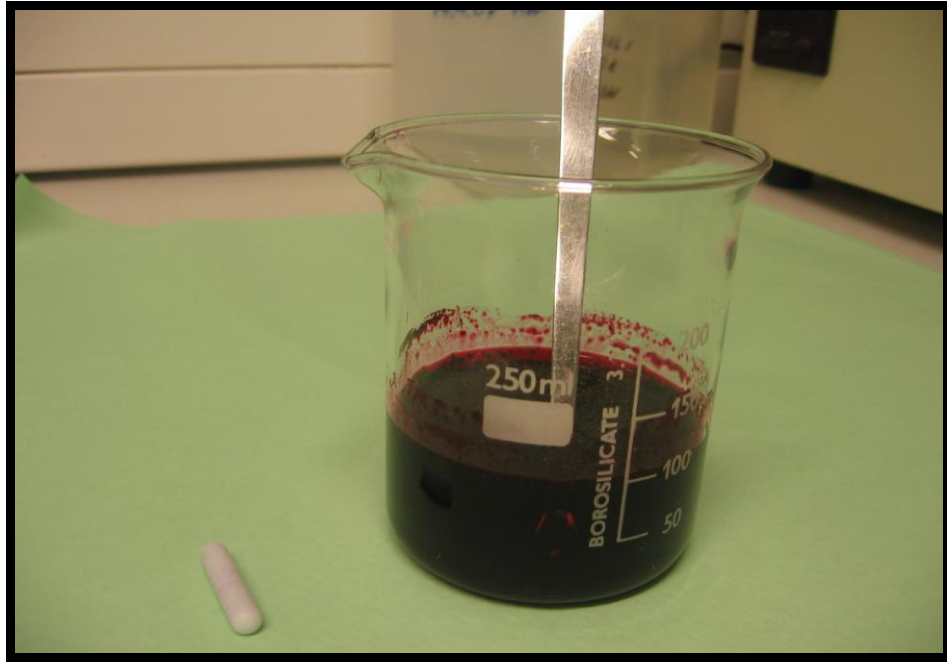
### 3.3. Koronal sızıntının test edilmesi

Koronal sızıntının değerlendirilmesi için boya penetrasyon yöntemi kullanıldı. Dişlerin koronal kısmı dışındaki tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplandı (Şekil 3.3.1.).

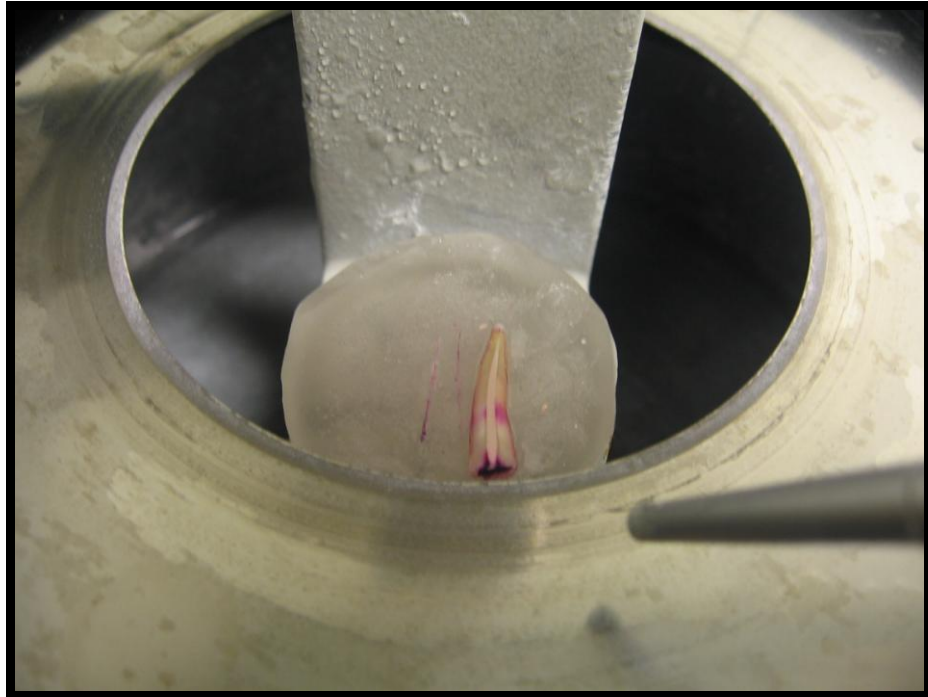


Şekil 3.3.1. Dişlerin koronal kısmı dışındaki tüm yüzeylerinin iki kat tırnak cilası ile kaplanması.

Daha sonra dişler %0.5'lik bazik fuksin solüsyonunda (Wako Pure Chemical Industry, Osaka, Japonya) 37°C' de 24 saat bekletildi (Şekil 3.3.2). Solüsyondan çıkarılan örnekler akan musluk suyu altında yıkandı, hava ile kurutuldu ve tırnak cilası bisturi yardımıyla yüzeyden uzaklaştırıldı. Köklerden bukkal-lingual yönde dişin uzun aksı boyunca kesitler alındı (Şekil 3.3.3).



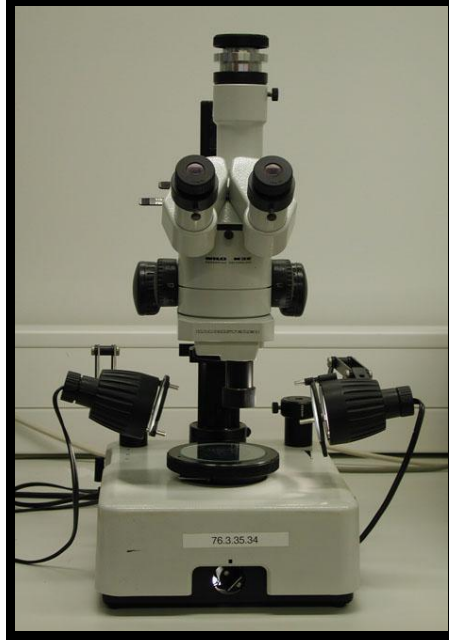
Şekil 3.3.2. Çalışmada kullanılan %0.5'lik bazik fuksin solüsyonu.



Şekil 3.3.3. Köklerden bukkal-lingual yönde dişin uzun aksı boyunca kesitler alınması.

Boya penetrasyonu dijital görüntü üzerinde (koronalden apikaldeki en uç noktaya kadar), ışık mikroskopunda 40 büyütmede bir yazılım (Leica

QWinV.3 software, Leica Microsystem Imaging Solutions, Cambridge, UK) kullanılarak ölçüldü (Şekil 3.3.4).

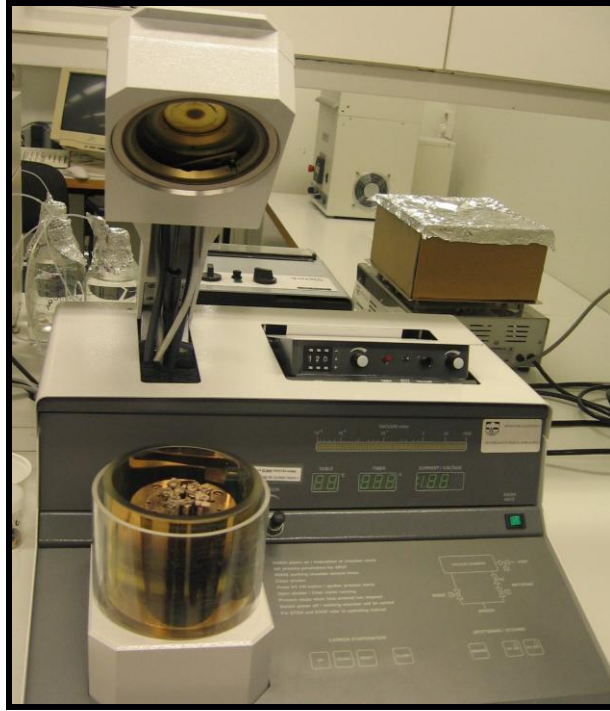


Şekil 3.3.4. Çalışmada kullanılan ışık mikroskobu.

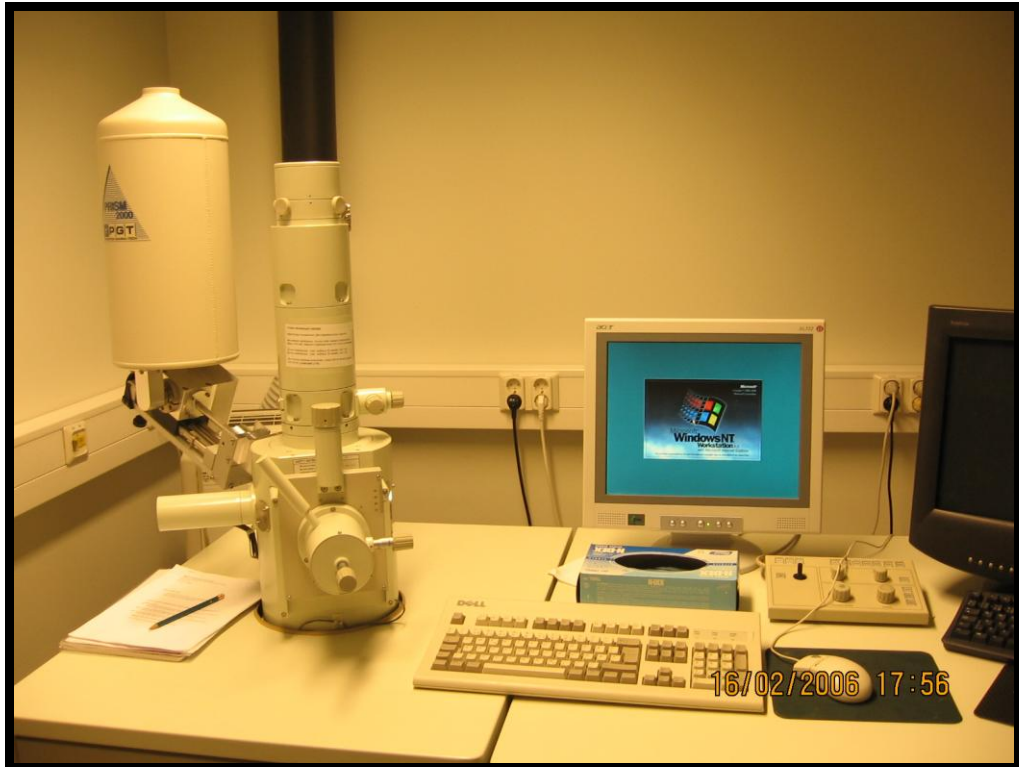
#### **3.4. Örneklerin tarama elektron mikroskobu ile incelenmesi**

Bağlantı arayüzlerinin değerlendirilmesi amacıyla, test edilen gruplardan rastgele seçilen örnekler vakum cihazı içinde altın-palladyum (Balzers-SCd 050 sputter coater, Almanya) ile kaplandı (Şekil 3.4.1). 15 kV'da tarama elektron mikroskobu (SEM) (JSM-5500; JEOL, Tokyo, Japonya) ile incelemeler yapıldı (Şekil 3.4.2).





Şekil 3.4.1. Vakum cihazı.

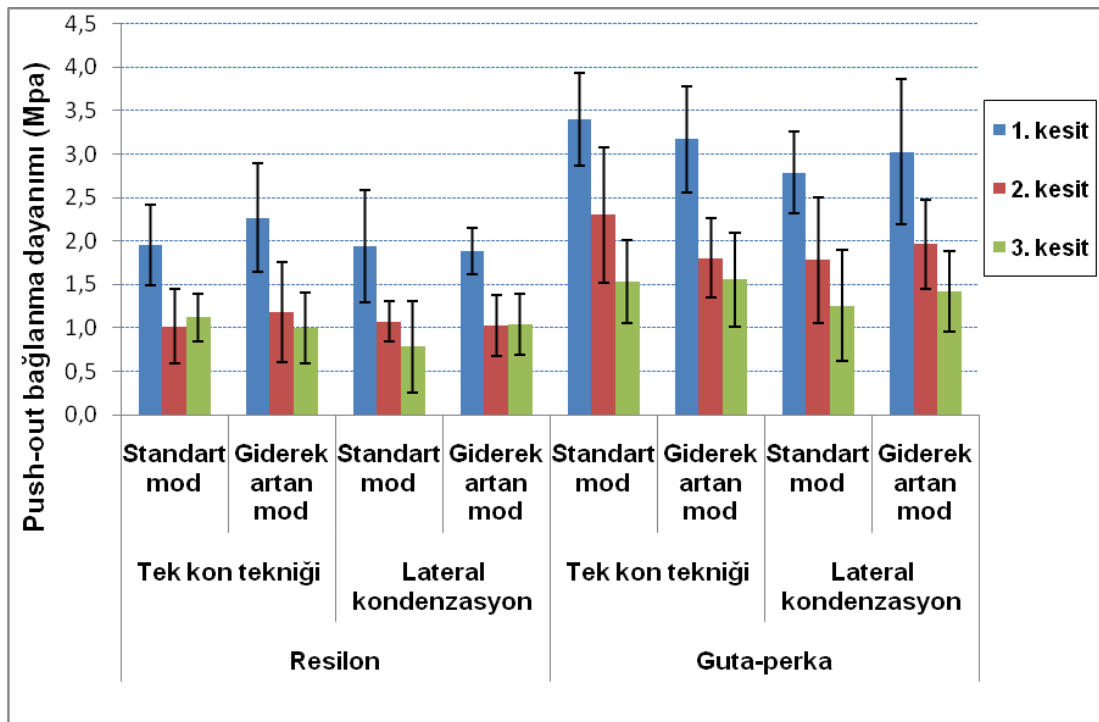


Şekil 3.4.2. Çalışmada kullanılan tarama elektron mikroskobu.

## BULGULAR

### 4.1. Push-out bağlanma dayanımı test sonuçları

Araştırmada elde edilen veriler normal dağılım gösterdiği için, gruplar arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığını belirlemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi testi ve Tukey post-hoc testleri uygulandı. Test gruplarında ölçülen ortalama push-out bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri Grafik 4.1 ve Tablo 4.1’de verilmiştir.



Grafik 4.1. Grupların push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa).

Tablo 4.1. Grupların kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre farklı kök kanal bölgelerinde ölçülen ortalama push-out bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri (MPa, Ortalama  $\pm$  Stdsapma).

Kanal dolgu materyali	Doldurma tekniği	Işık polimerizasyon modu	Kök kanal bölgeleri		
			1. kesit	2. kesit	3. kesit
Resilon	Tek kon	Standart	2.0 $\pm$ 0.5	1.0 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.3
		Giderek artan	2.3 $\pm$ 0.6	1.2 $\pm$ 0.6	1.0 $\pm$ 0.4
	Lateral kondenzasyon	Standart	1.9 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.5
		Giderek artan	1.9 $\pm$ 0.3	1.0 $\pm$ 0.3	1.0 $\pm$ 0.4
Guta-perka	Tek kon	Standart	3.4 $\pm$ 0.5	2.3 $\pm$ 0.8	1.5 $\pm$ 0.5
		Giderek artan	3.2 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.5
	Lateral kondenzasyon	Standart	2.8 $\pm$ 0.5	1.8 $\pm$ 0.7	1.3 $\pm$ 0.6
		Giderek artan	3.0 $\pm$ 0.8	2.0 $\pm$ 0.5	1.4 $\pm$ 0.5

Sonuçlar:

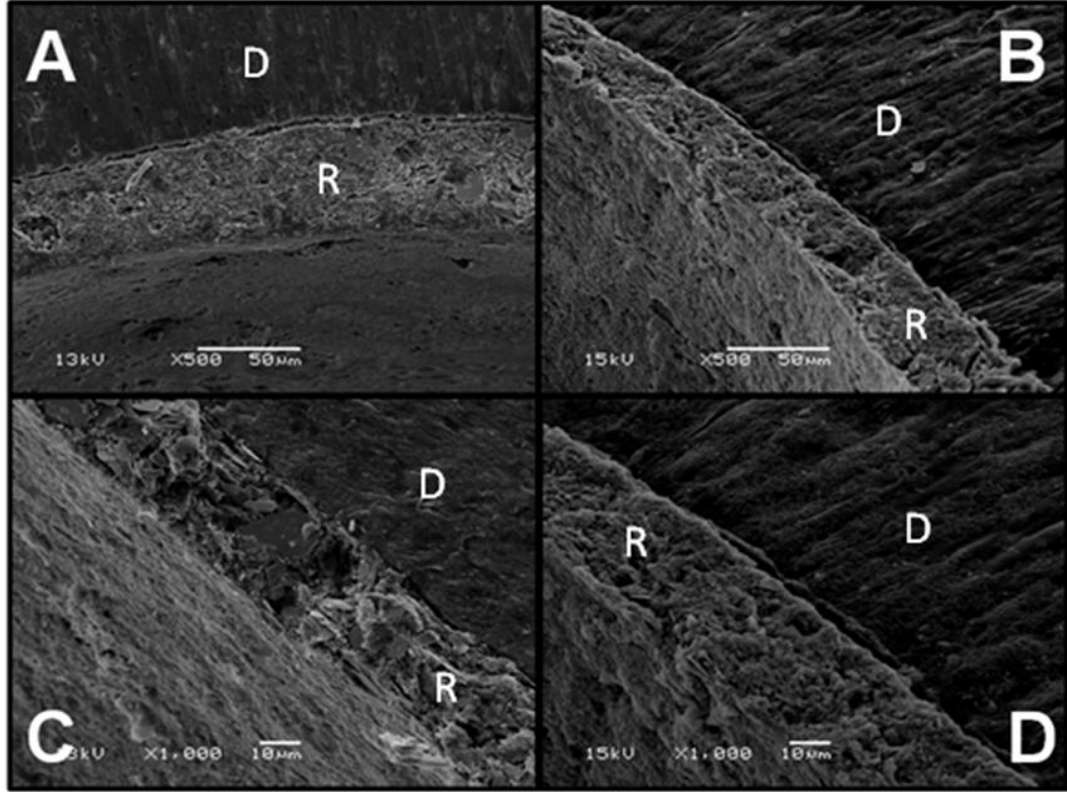
1. Test edilen kor materyallerinin bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p < 0.001$ ). İstatistiksel sıralama Guta-perka + RealSeal > Resilon + RealSeal şeklindedir.

2. Çalışmada karşılaştırılan doldurma tekniklerinin bağlanma dayanımı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi gözlenmedi ( $p = 0.608$ ).

3. Bağlanma dayanımı değerleri kök kanalı boyunca bölgesel farklılıklar gösterdi. Bu fark ta istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.001$ ). Koronal bölgeden alınan kesitin (kesit 1) bağlanma dayanımı değerlerinin, bu kesite göre daha apikalde olan kesitlerden (kesit 2-kesit 3) daha yüksek olduğu görüldü.

4. Çalışmada test edilen LED ışık kaynağının “standart” ve “giderek artan” modlarının, materyallerin bağlanma dayanımları üzerine anlamlı bir etkisine rastlanmadı ( $p = 0.343$ ).

Bağlanma dayanımı testi sonrası, bağlantı arayüzlerinden alınan SEM görüntülerinde, RealSeal ve kök kanal dentini arasında mikroboşluklar gözlemlendi (Şekil 4.1.1.).



Şekil 4.1.1. Bağlanma dayanımı testi sonrası bağlantı arayüzlerinin SEM görüntüleri, A. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubu, B. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubu. C. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+tek kon alt grubu. D. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+lateral kondenzasyon alt grubu, D: Dentin, R: RealSeal kanal dolgu patı.

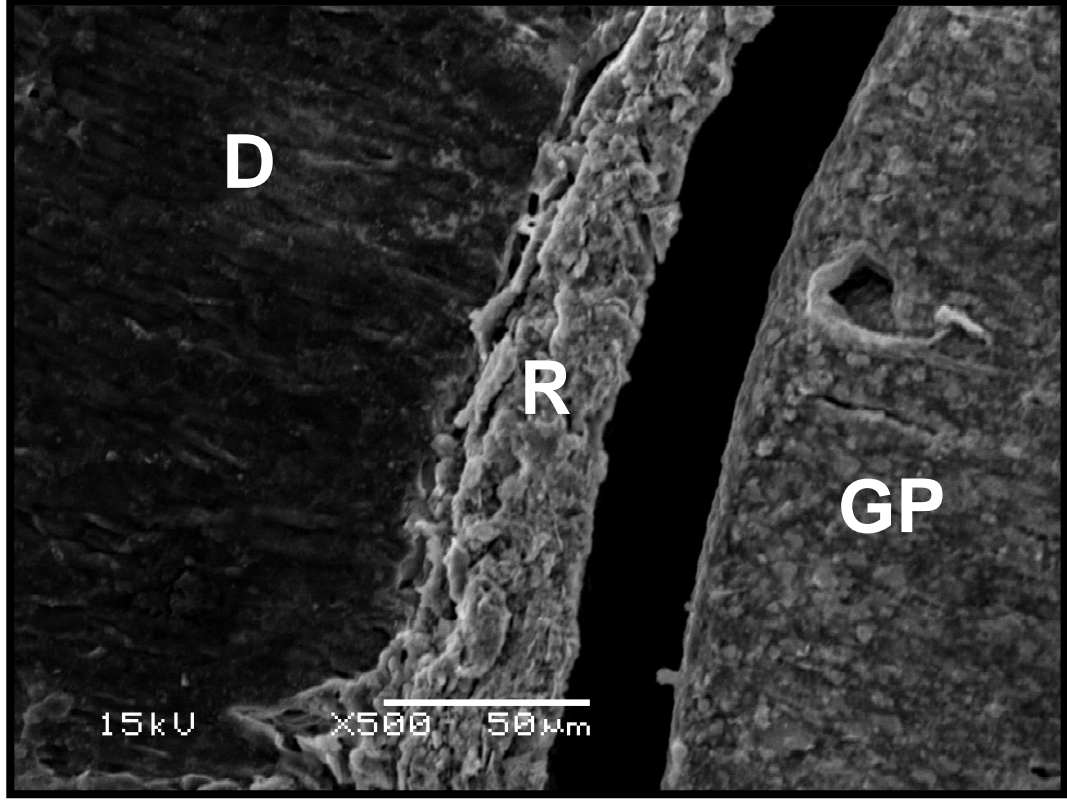
#### 4.2. Kırık tipi değerlendirilmesi

Gözlenen kırık tiplerinin dağılımı Tablo 4.2’de verilmiştir. Dental materyal ile bağlanılan yüzey arasında meydana gelen kırık adeziv kırık, materyalin iç yapısında oluşan kırık koheziv kırık ve her iki tip kırığın gözleendiği kırık tipi ise karma kırık tipi olarak adlandırılır. Örneklerde, RealSeal ile kor materyali veya dentin arasında adeziv, RealSeal kanal dolgu patının kendi içinde koheziv ve adeziv ile koheziv kırık tipinin birlikte gözleendiği karma kırık tiplerine rastlandı.

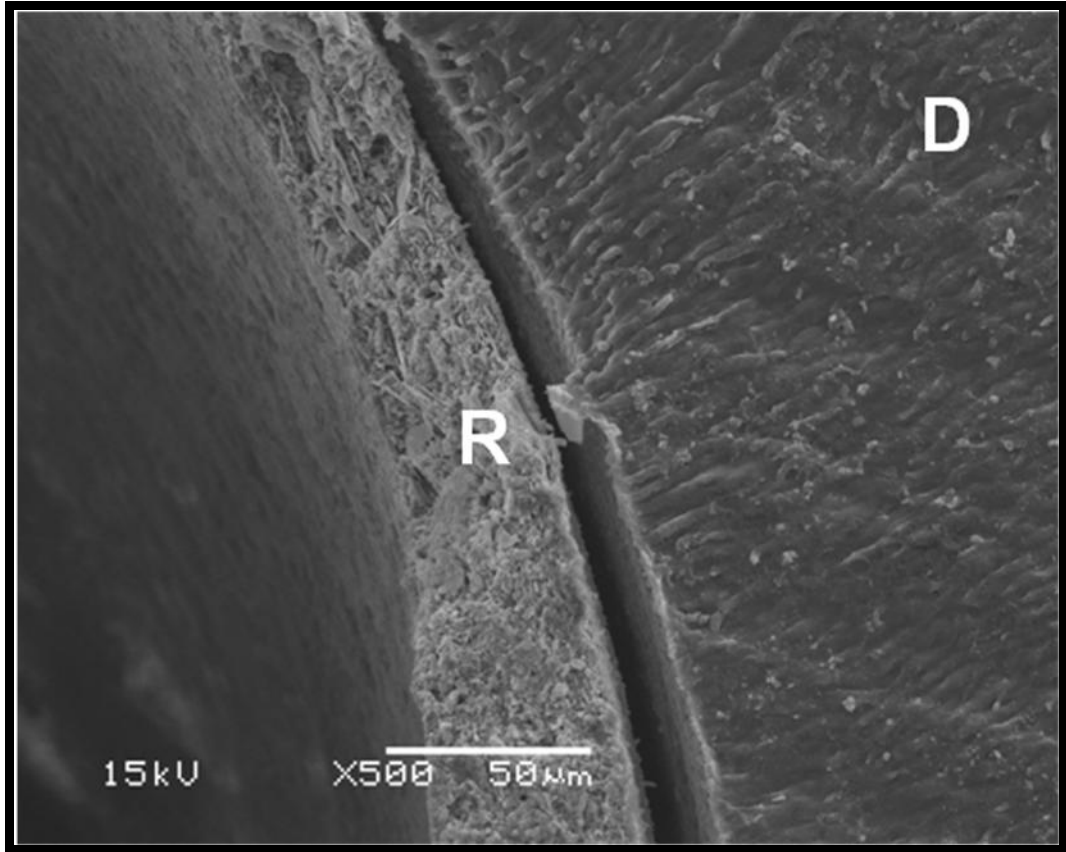
Tablo 4.2. Kırık tiplerinin kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre dağılımı.

Kanal dolgu materyali	Doldurma tekniği	Işık polimerizasyon modu	Kök kanal bölgeleri	Adeziv	Koheziv	Karma
Resilon	Tek kon tekniği	Standart	1	10	0	0
			2	9	1	0
			3	8	2	0
		Giderek artan	1	9	1	0
			2	10	0	0
			3	9	0	1
	Lateral kondenzasyon	Standart	1	8	2	0
			2	9	1	0
			3	8	1	1
		Giderek artan	1	9	1	0
			2	10	0	0
			3	9	1	0
Guta-perka	Tek kon tekniği	Standart	1	10	0	0
			2	9	1	0
			3	8	1	1
		Giderek artan	1	10	0	0
			2	8	2	0
			3	9	1	0
	Lateral kondenzasyon	Standart	1	9	1	0
			2	9	1	0
			3	8	1	1
		Giderek artan	1	10	0	0
			2	9	1	0
			3	9	0	1

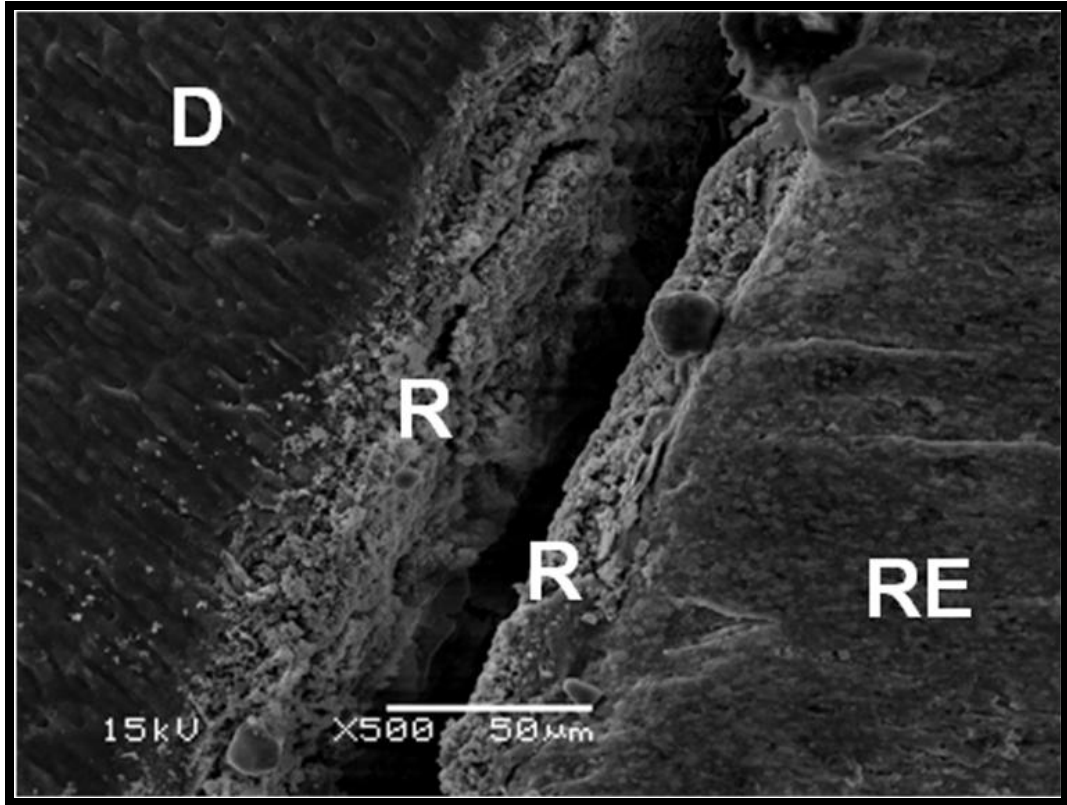
Tüm gruptaki örnekler, en fazla RealSeal ile dentin veya kor materyali arasında adeziv kırık tipi gösterdi.



Şekil 4.2.1. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubunda guta-perka ile RealSeal arasında oluşan adeziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal, GP: Guta-perka.

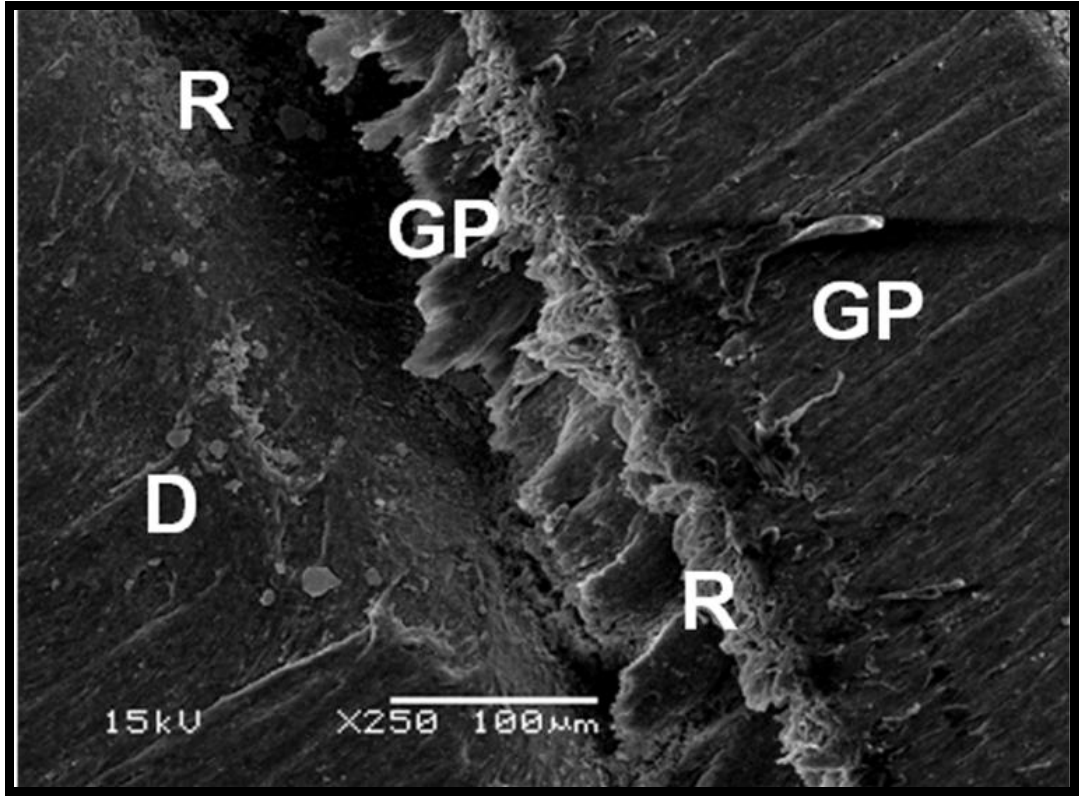


Şekil 4.2.2. Resilon+RealSeal grubunun giderek artan mod-tek kon alt grubunda dentin ile RealSeal arasında oluşan adeziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal.



Şekil 4.2.3. Resilon+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubunda RealSeal içinde oluşan koheziv kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal. RE: Resilon

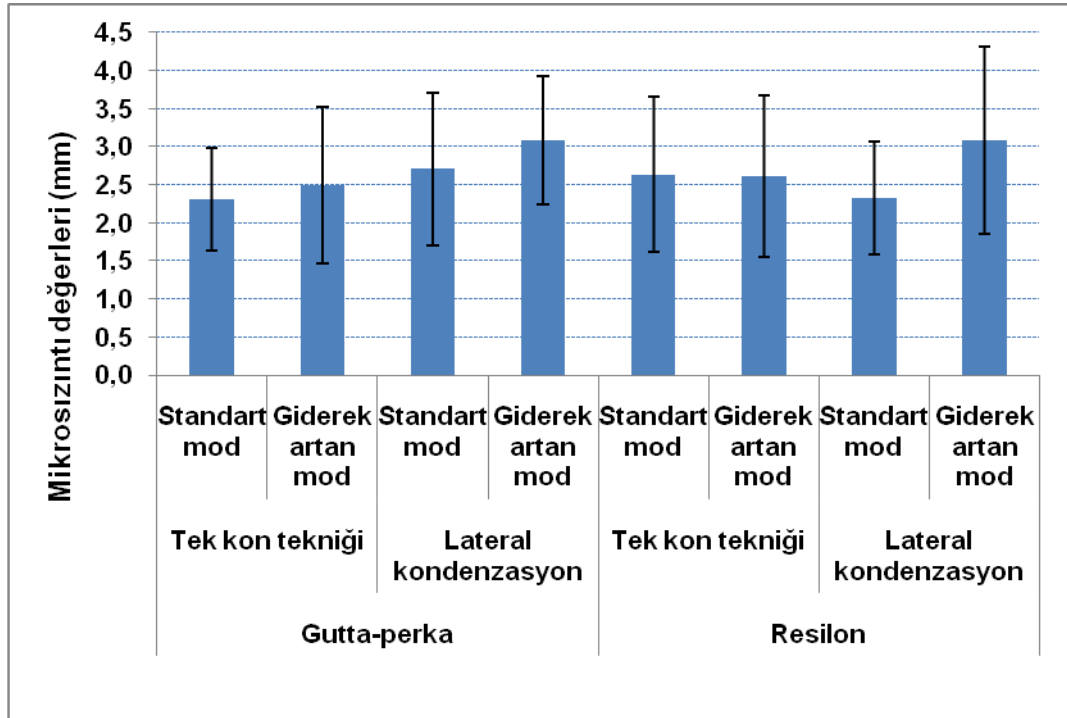




Şekil 4.2.4. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubunda oluşan karma kırık tipi görüntüsü, D: dentin, R: RealSeal, GP: Guta-perka.

### 4.3. Koronal mikrosızıntı testi sonuçları

Boya penetrasyon testini takiben kaydedilen veriler normal dağılım gösterdiği için, gruplar arasında istatistiksel açıdan farkın değerlendirilmesi amacıyla çok yönlü varyans analiz testi ve Tukey post-hoc testleri uygulandı. Test gruplarında ölçülen mikrosızıntı ve standart sapma değerleri Grafik 4.3 ve Tablo 4.3'de gösterilmiştir.



Grafik 4.3. Grupların mikrosızıntı değerleri (mm).

Tablo 4.3. Grupların kullanılan kanal dolgu materyaline, doldurma tekniğine ve ışık polimerizasyon modlarına göre ortalama mikrosızıntı ve standart sapma değerleri (mm  $\pm$ Stdsapma).

Kanal dolgu materyali	Doldurma tekniği	Işık polimerizasyon modu	mm	Stdsapma
Guta-perka	Tek kon tekniği	Standart	2.3	0.7
		Giderek artan	2.5	1.0
	Lateral kondenzasyon	Standart	2.7	1.0
		Giderek artan	3.1	0.8
Resilon	Tek kon tekniği	Standart	2.6	1.0
		Giderek artan	2.6	1.1
	Lateral kondenzasyon	Standart	2.3	0.7
		Giderek artan	3.1	1.2

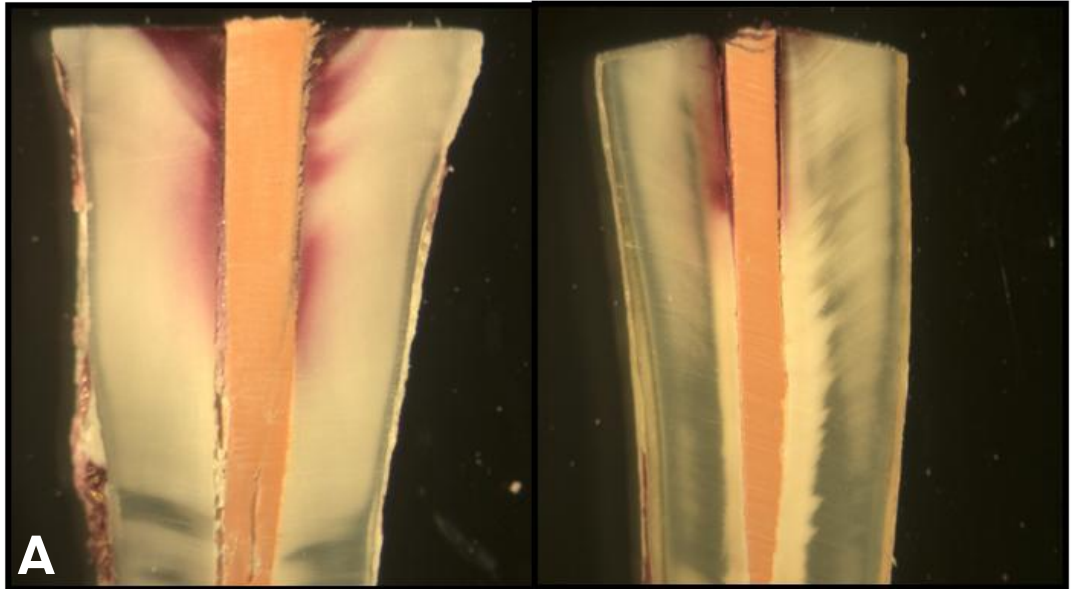
**Sonuçlar:**

1. Test edilen kor materyallerinin mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $p = 0.287$ ).

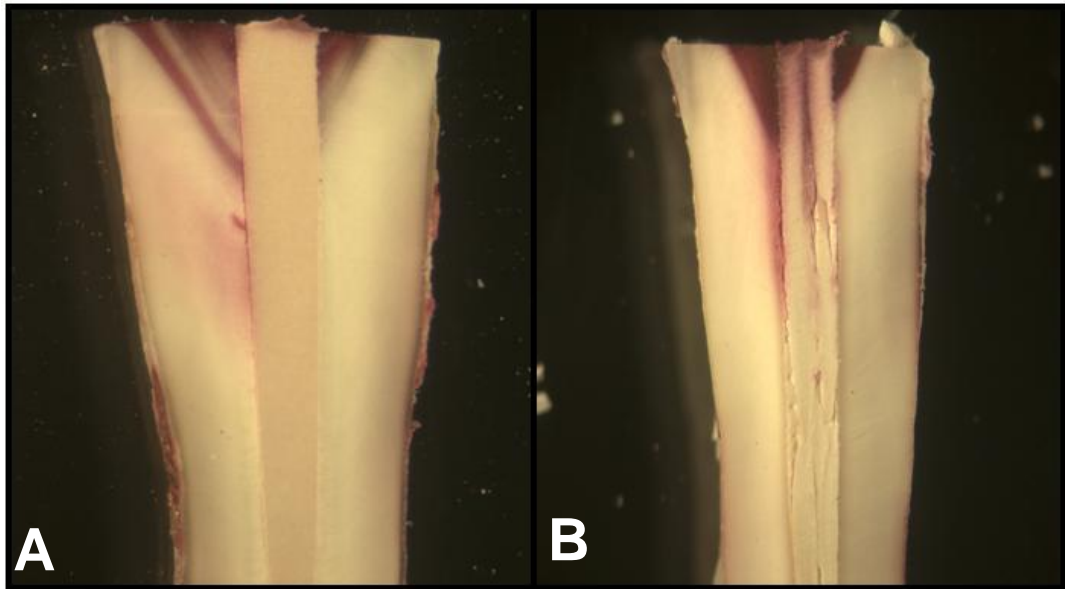
2. Çalışmada karşılaştırılan doldurma tekniklerinin koronal mikrosızıntı üzerine anlamlı bir etkisi gözlenmedi ( $p = 0.360$ ).

3. Çalışmada test edilen LED ışık kaynağının, “standart” ve “giderek artan” modlarının materyallerin koronal mikrosızıntısı üzerine bir etkisine rastlanmadı ( $p=0.498$ ).

Mikrosızıntı testi sonrası alınan ışık mikroskobu görüntülerinde, kanal dolgu maddesi ve kök kanal dentini arasında boya penetrasyonu gözlemlendi (Şekil 4.3.1 ve 4.3.2).



Şekil 4.3.1. Gruplarda meydana gelen mikrosızıntıların ışık mikroskobu görüntüsü (X40 büyütme), A. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt grubu, B. Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-tek kon alt grubu.



Şekil 4.3.2. Gruplarda meydana gelen mikrosızıntıların ışık mikroskobu görüntüsü (X40 büyütme), A. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+tek kon alt grubu. B. Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+lateral kondenzasyon alt grubu.

### TARTIŞMA:

Endodontik tedavide son zamanlarda gündeme gelen en önemli yeniliklerden biri, restoratif diş hekimliğinde uzun süredir kullanımda olan adeziv teknolojisinin kök kanal sisteminde uygulanmasıdır (135, 136). Kök kanal dolgu maddesinin kök dentinine bağlanabilirliğinin artmasının, hem tıkama kabiliyetini, hem de dişle birlikte monoblok yapı oluşturarak yapısal işlevi arttıracığı düşünüldüğünde, adeziv materyallerin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, endodontik monobloğun oluşturulması amacıyla piyasaya sürülen metakrilat esaslı rezin patın (RealSeal), geleneksel guta-perka ve metakrilat esaslı rezinlere bağlanabildiği öne sürülen polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi Resilon ile birlikte kullanılarak, bağlanma dayanımının ve koronal mikrosızıntının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda tek köklü insan dişleri kullanıldı. Kontrol edilemeyen parametrelerin sonuçları etkilememesi için, kanal preparasyonunu takiben oval kanal şekline sahip olduğu belirlenen dişler, çalışmaya dâhil edilmedi. Tüm dişler, Ni-Ti döner alet sistemlerinden biri olan Profile sistemi kullanılarak genişletildi ve apikal foramen çaplarının standardizasyonu sağlandı. Ayrıca kök boyları da, değişkenlerin azaltılması amacıyla standardize edildi.

Yapılan çalışmalarda, smear tabakasının varlığında adeziv materyallerin dentin tübüllerine penetrasyonunun olamayacağı bildirilmiştir (137, 138). Smear tabakanın uzaklaştırılması patın dentin tübüllerine penetrasyonuna imkân tanımakta ve dentin ile pat arasında daha iyi bir bağlantı sağlamaktadır. Sonuçta, bağlanmanın etkinliğini arttırmak için, smear tabakasının uzaklaştırılması gerektiğini gösteren pek çok çalışma vardır (139-142). Çalışmamızda, enstrümantasyon sırasında smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla üretici firmanın talimatları doğrultusunda (Pentron Clinical Technologies LLC 2003) final irrigasyon solüsyonu olarak %17'lik EDTA kullanıldı.

*Dual* olarak polimerize olan (kimyasal yolla ve ışık ile polimerize olan) kanal dolgu patlarının kullanılmaya başlamasıyla birlikte, ışık kaynakları da

kanal tedavisinde polimerizasyon amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Işık kaynaklarının, restoratif materyallerin farklı özellikleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda, birbirinden farklı sonuçlar bildirilmiştir (143-146). Bu farklı sonuçlar, ışığın uygulanma protokollerindeki, özellikle de ışık şiddetlerindeki değişimlere bağlanmıştır. Özellikle ışığa çok az maruz kalan bölgelerde, kimyasal polimerizasyonun ışığın yetersiz penetrasyonunu takiben polimerizasyonu tamamladığı düşünülmektedir (147). Yeterli bir polimerizasyon için, yeterli ışık şiddeti ve polimerizasyon süresi, doğru bir görünür ışık dalga boyu gerekmektedir.

Çalışmamızda metakrilat esaslı *dual* olarak polimerize olan kanal dolgu patının polimerizasyonu için, LED ışık kaynağının iki farklı modu kullanıldı. Bu modların bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı üzerine etkileri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuç literatürde, farklı ışık modlarının etkilerini karşılaştıran çalışmalarla benzerlik göstermektedir (148, 149). Ancak, ışık kaynaklarının ve modlarının rezin esaslı materyallerin polimerizasyonu üzerine farklı etkilerini gösteren çalışmalar da vardır (150, 151). Nalcaci ve diğerleri (152), farklı ışık kaynaklarının modlarının, rezin simanın seramik ve dentine bağlanması üzerine etkisini araştırmışlar ve yüksek güçte LED'in giderek artan modunun LED'in hızlı moduyla karşılaştırıldığında daha düşük değerler verdiğini bildirmişlerdir. Price ve diğerleri ise (153), standart ve basamaklı olarak artan modun, bağlayıcı sistemlerin dentine makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkisini değerlendirmişler ve standart ışık ile daha yüksek bağlanma dayanımı elde etmişlerdir. Bu sonucu da artan ışık modunda polimerizasyon büzülmesinin fazla olması sonucu meydana gelen bağlantıdaki kopmalara bağlamışlardır.

Kanal dolgusunun köke bağlanma dayanımı, kanal dolgusunun devamlılığının sürdürülebilmesi açısından önem taşımaktadır (154). Çalışmamızda, kök kanalında bağlanma dayanımını ölçmek için kullanılan yöntemlerden biri olan "push-out" bağlanma dayanımı testi kullanılmıştır. Bu yöntemin makaslama ve gerilim bağlanma dayanımı test yöntemlerine göre, klinik koşulları daha iyi taklit ettiği belirtilmiştir (155). Bölgesel farklılıkların da test edilmesine izin veren bu yöntem, çok sayıda prematür

başarısızlık ile karşılaşılan diğer bağlanma testleriyle karşılaştırılmış ve sonuçta düşük bağlanma dayanımı değerlerini de ölçebilen güvenilir bir test olarak literatürdeki yerini almıştır (156).

Üretici firma, metakrilat esaslı kanal dolgu patınının sadece 2 mm'lik koronal kısmının ışık ile polimerize olduğunu, geri kalan kanal dolgu patınının ise kimyasal yolla polimerize olduğunu bildirmiştir. Bu sebeple çalışmamızda bölgesel push-out bağlanma dayanımı testi için alınan kesitlerin kalınlığı 2 mm' dir. Buna bağlı olarak, elde edilen sonuçlarda ışığın etkin olduğu 2 mm'lik koronal kısımda daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri elde edildi. Bu da ışık ile polimerizasyonun, metakrilat esaslı kanal dolgu patınının bağlanma dayanımını arttırabileceğini düşündürmektedir. Koronal bölge ile karşılaştırıldığında, apikal bölgeye doğru bağlanma dayanımı değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlendi. Ancak, koronal 2 mm'den alınan ilk kesit dışında diğer kesitler arasında anlamlı fark bulunmadı. Schwart ve diğerleri de, koronal bölgede daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri elde edilmesini, kök kanalında apikale doğru dentin tübüllerinin sklerotik bir yapı kazanmasına, kullanılan materyallerin apikal bölgede uygulanmasındaki zorluklara, apikale gidildikçe materyalin polimerizasyonundaki yetersizliklere bağlamışlardır. Ayrıca koronal bölgede daha yüksek bağlanma değerlerinin elde edilmesi, irrigasyonu takiben smear tabakasının bu bölgede daha etkin bir biçimde uzaklaştırılmasına bağlanabilir (157).

Apikale gidildikçe daha düşük bağlanma dayanımı değerlerinin elde edilmesine sebep olabilecek bir diğer faktör de, polimerize olmamış rezin nedeniyle bağlantıda meydana gelen kopmalardır (158). Bu zayıf bağlantı ayrıca, polimerizasyon büzülmesine karşı yeterli direnci gösterememekte ve bağlantı yüzeyinde boşlukların oluşmasına neden olmaktadır. Düşük doldurucu yoğunluğuna sahip metakrilat esaslı rezin simanlar ve kanal dolgu patlarında meydana gelen polimerizasyon büzülme stresi, yüksek dolduruculu kompozit rezinlere oranla daha yüksektir (159, 160). Stresin azaltılması, rezin kalınlığına ve kavitenin geometrisine bağlıdır (161-163). Kök kanal sisteminin bağlanmanın aleyhine olan geometrisi, polimerizasyon

büzülmesinin azalmasına izin vermez (162). Bağlanan yüzeylerin bağlanmayan yüzeylere oranı olarak tarif edilen konfigürasyon faktör yada C faktörün (80) kök kanal sisteminde yüksek değerlere ulaşması da zayıf bağlantının sebepleri arasında gösterilmektedir. Yüksek kavite konfigürasyon faktörü, kök kanal duvarı boyunca rezin esaslı materyallerin yarattığı polimerizasyon stresine katkıda bulunmaktadır (162). Bağlanmayan yüzey, polimerizasyon esnasında rezinin plastik deformasyonuna ve akmasına izin verir. Böylece polimerizasyon büzülme stresi azalır (80). Bununla birlikte, kök kanal sisteminde olduğu gibi bağlanmayan yüzey alanının küçük olduğu durumlarda, akıcılık ile stresin azaltılması yetersizdir. Bunun sonucunda yüzeyin de neredeyse yarısında bağlanma olmayacaktır (7). Kök kanal sisteminde ki C faktörün 100 olduğu rapor edilmiştir (80). 3' ün üzerindeki değerlerin bağlantıyı olumsuz etkilediği gözönünde bulundurulduğunda, bu oran çok yüksektir. Bu nedenle, zayıf RealSeal-dentin bağının, patın sertleşmesi esnasında meydana gelen polimerizasyon büzülme stresine dayanabilmesi mümkün görülmemektedir.

Koronal bölgede tüm gruplarda yüksek bağlantı değerlerinin elde edilmesi, ışık ile polimerizasyonun RealSeal-Resilon bağlantısını kimyasal polimerizasyona göre arttırdığını gösteren çalışmalarla benzerlik göstermektedir (164). Farklı ışık kaynaklarının, metakrilat esaslı kanal dolgu patının sızıntısına etkisi olduğu literatürde gösterilmiştir (29). Bu sonuç, hızlı polimerizasyonun kanal dolgu pati ve dentin arasında mikroboşluklara neden olmasına bağlanmıştır. Ayrıca polimerizasyon büzülmesine karşı bağlantının yetersiz olması da bu boşlukların oluşmasına sebep olmaktadır.

Polikaprolakton esaslı kanal dolgu maddesi ile metakrilat esaslı pat kombinasyonlarının dentine bağlanmalarının push-out test yöntemi ile değerlendirildiği çalışmaların (95, 165) sonuçları ile uyumlu olarak çalışmamızda, Resilon/RealSeal/lateral kondenzasyon grubu guta perka/RealSeal/ lateral kondenzasyon grubuna göre daha düşük push-out bağlanma dayanımı göstermiştir ( $P<0.05$ ). Guta-perka grubunda daha yüksek değerlerin elde edilmesinin sebebi, bu materyalin Resilonla kıyaslandığında daha elastik ve kompakte edilebilir olmasıdır. Bu özellik,



push-out bağlanma dayanımı testi sırasında uygulanan kuvvetin kök kanal dolgusunun esnemesine neden olmasına ve daha yüksek değerlerin elde edilmesine neden olmaktadır. Klinik olarak bakıldığında, her iki kor materyeli ile elde edilen değerlerin kök kanalındaki polimerizasyon büzülmesine karşı direnç göstermesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

Bir materyalin bağlanma dayanımı değerinin düşük olmasına karşın mikrosızıntıyı önlemede iyi bir doldurucu materyal olabileceği gözardı edilmemelidir. Kök kanalında mikrosızıntının oluşabileceği iki arayüzey vardır. Bunlar; kanal dentini ile kanal dolgu patı ve kor materyali ile kanal dolgu patıdır. Kanal dolgusunun kalitesini arttırmak için her iki ara yüzeydeki bağlantıyı ve sızdırmazlığı arttırmak gerekmektedir. Bu yolla kanal dolgu patının dentin ve kor materyaline bağlantısı sağlanarak monoblok yapı elde edilmiş olacaktır. Yapılan bazı çalışmalarda, Resilon ve metakrilat esaslı kanal dolgu patı arasında monoblok yapının oluştuğu ileri sürülse de (4), Tay ve diğerleri, Resilon içindeki dimetakrilat bileşiminin metakrilat esaslı patlarla kimyasal bağlantı sağlayacak miktarda olmaması nedeniyle bağlantının yetersiz olduğunu bildirmişlerdir (166). Çalışmamızda kırık tiplerinin değerlendirilmesinde alınan SEM görüntülerinde en fazla pat ve kor materyali arasındaki adeziv kırıklar gözlemlendi. Bu sonuç, pat ve kor materyal arasındaki etkin olmayan bağlantıya dikkat çekmekte (Şekil 4.2.1) ve kor materyaline bağlanma dayanımının, RealSeal'in koheziv dayanımından daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada test edilen doldurma teknikleri, klinikte sıklıkla kullanılan iki tekniktir. Bunlardan lateral kondenzasyon tekniği, en klasik kanal doldurma tekniklerinden biridir. Test edilen diğer teknik olan tek kon tekniği ise, klasik tek kon tekniklerinden farklı olarak, preperasyon için kullanılan dönen enstrümanlarla aynı boyutlara sahip kor materyalinin, kanal dolgu patı ile birlikte kullanılması prensibine dayanmaktadır. Bu tekniğin en büyük avantajı kök kanalının doldurulması esnasında zaman kaybının yaşanmamasıdır. Destek konlara ihtiyaç duyulmamakta, bu da doldurma süresini kısaltmaktadır. Literatürde, bu tekniğin bağlanma dayanımını ve mikrosızıntısını, lateral kondenzasyon ile karşılaştıran çalışma mevcuttur

(29). Bu çalışmada, bağlanma dayanımının ölçümü için, push-out testi kullanılmış ve tekniğin bağlanma dayanımı yönünden lateral kondenzasyon tekniğinden daha üstün olduğu gösterilmiştir. Mikrosızıntı ölçümü için de sıvı filtrasyon yöntemi kullanılmış ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (29). Çalışmamızda da her iki doldurma tekniği arasında bağlanma dayanımı yönünden istatistiksel olarak fark bulunmadı. Buna ek olarak, tek kon tekniğinin lateral kondenzasyon tekniğine göre koronal sızdırmazlığının daha iyi olduğu, fakat bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. Bu sonuç, farklı doldurma tekniklerinin sızdırmazlık üzerine etkisini inceleyen çalışmalarla paralellik göstermektedir (167, 168). Lateral kondenzasyon tekniği, kök kanallarının doldurulmasında kullanılan tekniklerin başında gelmesine rağmen bu teknikte kullanılan dolgu materyalinin kanal düzensizliklerine adaptasyonu sağlanamamakta, yan kanallar doldurulamamakta ve kök kanal dolgusunda sızıntı için potansiyel olabilecek boşluklar kalabilmektedir (169). Ayrıca, lateral kondenzasyon esnasında kısmen polimerize olmuş patin manipülasyonu self etch primer ve kök dentini arasında gelişen bağları bozabilmektedir. Çalışmamızın ışığında, kanal preperasyonun döner NiTi sistemlerle tamamlandığı durumlarda, final enstrümanla örtüşen açılı guta-perkanın tek kon tekniği ile kullanılmasının, lateral kondenzasyon tekniği ile kıyaslandığında daha pratik bir yöntem olduğu söylenebilir. Ayrıca tek kon tekniğinde kanal dolgusunun bütünlüğünün korunduğu ve bağlanma değerlerinin de arttığı gösterilmiştir (55). Ancak tüm bunların yanında, çalışmada kullanılan dişlerin tek köklü olduğu göz önünde bulundurulduğunda, morfolojik olarak geniş olduğu bilinen kanallarda döner sistemlerle yapılan preperasyonun yetersiz olabileceği ve bunun sonucunda tek kon tekniğinin kullanılmasının sızdırmazlık yönünden tatminkâr olmayacağı açıktır. Bu sebeple, tek kon tekniğinin kullanılacağı vakanın hekim tarafından doğru seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

Pekçok sızıntı testinde bütün kanal boyunca sızıntının ölçümü yapılırken, çalışmamızda kullanılan boya penetrasyon testi ile bölgesel sızıntı da ölçülebilmektedir. Mikroskop altında mikrometrik ölçüm yapmaya imkân

veren bu düzende, boyar madde olarak birçok çalışmada olduğu gibi bazik fuksin kullanılmıştır (170-172). Çalışmamızda, gutaperka ve Resilon metakrilat esaslı kanal dolgu patıyla beraber kullanıldığında koronal sızıntı gözlenmiştir. Alınan SEM görüntülerinde, RealSeal ile dentin arasında gözlenen mikroboşluklar da bu sonucu desteklemektedir (Şekil 4.1.1). Ancak sızıntı yönünden gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuç Tay ve diğerlerinin (173) metakrilat esaslı kanal patının kanal tıkama özelliğini sorgulayan çalışmasıyla paralellik göstermektedir. Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission electron microscopy-TEM) kullanarak yaptıkları apikal sızıntı çalışmasında metakrilat esaslı kanal dolgu patı hermetik bir tıkama sağlayamadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Kocak ve diğerleri (174), boya penetrasyon testi kullandıkları çalışmalarında metakrilat esaslı pat/Resilon ve metakrilat esaslı pat/gutaperka kombinasyonları arasında sızdırmazlık yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Tedavide uzun dönem başarı için koronal tıkanmanın etkinliği önemlidir (175). Kanal tedavili dişlerin koronal restorasyonunun durumu ile periapikal durumu arasında bir korelasyon olduğu rapor edilmiştir. Tam sızdırmaz ve etkin adezyon gösteren kanal dolgusu hedeflense de, şu ana kadar kök kanal sisteminde hermetik bir tıkama sağlanamıştır. Bu amaçla pek çok yeni materyal ve teknik geliştirilmiştir. Resilon bu materyallerden biri olmasına karşın, gutaperkadan daha üstün bir materyal gibi görünmemektedir. Ayrıca metakrilat esaslı kanal dolgu patının bağlantı ve tıkama özelliklerini arttırmak için ışık kaynağı modları bir alternatif olarak görünmemektedir. Kök kanallarının doldurulması sırasında tek kon tekniğinin preparasyonu takiben dairesel form gösteren kanallarda lateral kondenzasyon tekniğine göre daha iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

### **SONUÇ VE ÖNERİLER:**

1. Kullanılan kanal dolgu teknikleri arasında sızıntı açısından herhangi bir fark gözlenmedi.
2. Tüm deney gruplarında değişik oranlarda koronal sızıntı görüldü.
3. Koronal sızıntı boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama sızıntı değerleri Resilon+RealSeal grubuna ait giderek artan mod+lateral kondenzasyon ve Guta-perka+RealSeal grubunun standart mod-lateral kondenzasyon alt gruplarında gözlendi.
4. Tek kon doldurma tekniği ile lateral kondenzasyonun karşılaştırıldığı bu çalışmada; tek kon doldurma tekniğindeki ortalama sızıntı değerleri, lateral kondenzasyon tekniğinde elde edilen değerlerden daha düşük olmasına rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Yinede uygulama kolaylığı göz önünde bulundurulduğunda, enstrümantasyonu takiben dairesel kanal şekline sahip dişlerde tek kon tekniğinin daha iyi bir alternatif olduğunu düşünmekteyiz.
5. Guta-perka/RealSeal kombinasyonunun bağlanma dayanımı açısından Resilon/RealSeal kombinasyonundan daha üstün görülmesi, klinik kullanımda böyle bir kombinasyonun kanal dolgusunun bütünlüğü açısından avantajlı olabileceğini düşündürmektedir.
6. Tüm deney gruplarında bağlanma dayanımı değerleri koronal kesitte en yüksek değere ulaştı.
7. SEM görüntüleri metakrilat esaslı kanal dolgu patınının hem dentine hem de kor materyallerine bağlantısının hermetik bir tıkama için yeterli olmadığını göstermektedir.

## KAYNAKLAR

1. Weiger, R., Axmann-Krcmar, D. ve Löst, C. (1998). Prognosis of conventional root canal treatment reconsidered. *Endodontics & Dental Traumatology*, 14(1), 1-9.
2. Michaud, R., Burgess, J., Barfield, R., Cakir, D., McNeal, S. ve Eleazer, P. (2008). Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol, *Journal of Endodontics*, 34 (12), 1528-1532.
3. Shipper, G, Ørstavik, D, Teixeira, F.B. ve Trope, M. (2004). An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic syntheticpolymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*, 3(5), 342-347.
4. Shipper, G., Teixeira, F.B., Arnold, R.R. ve Trope, M. (2005). Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *Journal of Endodontics*, 31(2), 91-96.
5. Gutmann, J., Dumsha, T., Lovdahl, P. ve Hovland, E. (1997). Problem Solving in Endodontics (3th edition). St. Louis: Mosby. s. 172-205.
6. Teixeira, F.B. (2006). Ideal obturation using synthetic root-filling systems: coronal and fracture resistance. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*,18(3), 7-11.
7. Schwartz, R.S. (2006). Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1125-1134.
8. Hofmann, N., Papsthart, G., Hugo, B. ve Klaiber, B. (2001). Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(11), 1022-1028.
9. Cavalcante, L.M., Peris, A.R., Ambrosano, G.M., Ritter, A.V. ve Pimenta, L.A. (2007). Effect of photoactivation systems and resin composites on the microleakage of esthetic restorations. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 8(2), 70-79.
10. Frankenberger, R., Kramer, N. ve Petschelt, A. (1999). Fatigue behaviour of different dentin adhesives. *Clinical Oral Investigations*, 3(1), 11-17.
11. Goracci, C., Tavares, A.U., Fabianelli, A., Monticelli, F., Raffaelli, O., Cardoso, P.C. ve diğerleri. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and pushout bond strength measurements. *European Journal of Oral Science*,112(4), 353-361.
12. Cunningham, W.T. ve Martin, H. (1982). A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 53(5), 527-531.

13. Tauber, R., Morse, D.R., Sinai, I.A. ve Furst, M.L. (1983). A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filling. *Journal of Endodontics*, 9(7), 269-274.
14. Timpawat, S., Amornchat, C. ve Trisuwan, W. (2001). Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 27(1), 36-39.
15. Wennberg, A. ve Orstavik, D. (1990). Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta percha. *International Endodontic Journal*, 23(1), 13-19.
16. Delivanis, P.D., Mattison, G.D. ve Mendel, R.W. (1983). The survivability of F43 strain of *Streptococcus sanguis* in root canals filled with gutta percha and Procosol cement. *Journal of Endodontics*, 9(10), 407-410.
17. Epley SR, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C. (2006). Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics*, 32 (6), 541–544.
18. Ingle, J.I. ve Beveridge, E.E. (1976). *Endodontics*. Philadelphia: Lea and Febiger.
19. Al Rafei, S.R., Sayegh, F.S. ve Wright, G. (1982). Sealing ability of a new root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 8(4), 152-153.
20. Weine FS, Buchanan LS. (1996). Controversies in clinical endodontics: Part 1. The significance and filling of lateral canals. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 17(11), 1028-1032, 1035-1036, 1038.
21. Peak, J.D., Hayes, S.J., Bryant, S.T. ve Dummer, P.M. (2001). The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *British Dental Journal*, 190(3), 140–144.
22. Schilder, H., Goodman, A. ve Aldrich, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha. 3. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 38(1), 109-114.
23. Goodman, A., Schilder, H. ve Aldrich, W. (1981). The thermomechanical properties of gutta-percha. Part IV. A thermal profile of the warm gutta-percha packing procedure. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 51(5), 544-51.
24. Özçelik, B., Büyükkılıç, Ş. ve Alaçam, R. (1990). Klinik kullanımda gütaperka konilerin dezenfeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 7(2), 147-153.
25. Grossman, LI., Oliet, S. ve Del Rio, C.E. (1988). *Endodontic Practice*. (11<sup>th</sup> ed.) Philadelphia: Leb&Febiger. s. 224-257.

26. Seltzer, S. Endodontology. (1988). Biologic consideration in endodontic procedures. (2nd ed) Philadelphia:Leb&Febiger. s. 331.
27. Kartal, N., Özçelik, B. ve Ünver, T. (1992). Kök kanallarından çıkartılan gümüş konilerin korozyon yönünden incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi, 2(2), 105-111.
28. Johnson, W.T. ve Zakariasen, K.L. (1983). Spectrophotometric analysis of microleakage in the fine curved canals found in the mesial roots of mandibular molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 56(3), 305-309.
29. Nagas, E., Uyanik, M.O., Sahin, C., Durmaz, V. ve Cehreli, Z.C. (2008). Effects of different light-curing units and obturation techniques on the seal of the Resilon/Epiphany system. *Journal of Endodontics*, 34(10), 1230-1232.
30. Grossman LI. (1958). An improved root canal cement. *The Journal of the American Dental Association*, 56(3):381-385.
31. Weine, S. (1989). Endodontic therapy. (4th ed.). St. Louis: Mosby.
32. Çalışkan, K. (2006). Endodontide Tanı ve Tedaviler. İstanbul: Nobel Yayınları.
33. Schalmz, G. (2003). Root canal filling materials. In: Bergenholtz G, et al eds. Text book of Endodontology. s. 261-268. Oxford: Blackwell Munksgaard.
34. Cohen, S., Hargreaves, M.K. (2006). Pathways of the Pulp. (9<sup>th</sup> ed.). St. Louis: Mosby Co Inc.
35. Alaçam, T. (2000). Endodonti. (2. Baskı.). Ankara: Barış Yayınları, Bölüm 15.
36. Beatty, R.G. ve Zakariasen, K.L. (1984). Apical leakage associated with three obturation techniques in large and small root canals. *International Endodontic Journal*, 17(2), 67-72.
37. Kerezoudis, N.P., Valavanis, D. ve Prountzos, F. (1999). A method of adapting gutta-percha master cones for obturation of open apex cases using heat. *International Endodontic Journal*, 32(1), 53-60.
38. Cailleateau, J.G. ve Mullaney, T.P. (1997). Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *Journal of Endodontics*, 23(6), 394-396.
39. Schilder, H. Filling root canals in three dimensions. 1967. (2006). *Journal of Endodontics*, 32(4), 281-290.
40. DuLac, K.A., Nielsen, C.J., Tomazic, T.J., Ferrillo, P.J.Jr. ve Hatton, J.F. (1999). Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *Journal of Endodontics*, 25(5), 376-380.

41. Wu, M.K., Kast'áková, A. ve Wesselink, P.R. (2001). Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal*, 34(6), 485-491.
42. Kytridou, V., Gutmann, J.L. ve Nunn, M.H. (1999). Adaptation and sealability of two contemporary obturation techniques in the absence of the dentinal smear layer. *International Endodontic Journal*, 32(6), 464-474.
43. Floren, J.W., Weller, R.N., Pashley, D.H. ve Kimbrough, W.F. (1999). Changes in root surface temperatures with in vitro use of the system B HeatSource. *Journal of Endodontics*, 25(9), 593-595.
44. Harris, G.Z., Dickey, D.J., Lemon, R.R. ve Luebke, R.G. (1982). Apical seal: McSpadden vs lateral condensation. *Journal of Endodontics*, 8(6), 273-276.
45. Lugassy, A.A. ve Yee, F. (1982). Root canal obturation with gutta-percha: a scanningelectron microscope comparison of vertical compaction and automated thermatic condensation. *Journal of Endodontics*, 8(3),120-125.
46. O'Neill, K.J., Pitts, D.L. ve Harrington, G.W. (1983). Evaluation of the apical seal produced by the McSpadden compactor and the lateral condensation with a chloroform-softened primary cone. *Journal of Endodontics*, 9(5), 190-197.
47. Weller, R.N., Kimbrough, W.F. ve Anderson, R.W. (1997). A comparison of thermoplastic obturation techniques: adaptation to the canal walls. *Journal of Endodontics*, 23(11), 703-706.
48. Xu, Q., Ling, J., Cheung, G.S. ve Hu, Y. (2007). A quantitative evaluation of sealing ability of 4 obturation techniques by using a glucose leakage test. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 104(4), e109-e113.
49. Gencoglu, N., Yildirim, T., Garip, Y., Karagenc, B. ve Yilmaz, H. (2008). Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities. *International Endodontic Journal*. 41(10), 836-842.
50. Peng, L., Ye, L., Tan, H. ve Zhou, X. (2007). Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 33(2), 106-109.
51. Wolcott, J., Himel, V.T., Powell, W. ve Penney, J. (1997). Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *Journal of Endodontics*, 23(10), 632-635.
52. Levitan, M.E., Himel, V.T. ve Luckey, J.B. (2003). The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*, 29(8), 505-508.



53. Clinton, K. ve Van Himel, T. (2001). Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of Endodontics*, 27(11), 692-695.
54. Da Silva, D., Endal, U., Reynaud, A., Portenier, I., Orstavik, D. ve Haapasalo, M. (2002). A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. *International Endodontic Journal*, 35(12), 1005-1011.
55. Chohayeb, A.A. (1992). Mikroleakage comparison of apical seal of plastic versus metal Thermafil root canal obturators. *Journal of Endodontics*, 18(12), 613-615.
56. Nagas, E., Altundasar, E. ve Serper, A. (2009). The effect of master point taper on bond strength and apical sealing ability of different root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107(1), e61-e64.
57. Mc Cabe, J.F. ve Walls, A.W.G. (2000). *Applied Dental Materials*. (8th ed.). UK: Blackwell Science.
58. Powers, J.M. ve Sakaguchi, R.L. (2006). *Craig's restorative dental materials*. (12th ed.). USA: Mosby Co Inc.
59. Swift, E.J.Jr., Perdigao, J. ve Heymann, H.O. (1995). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence International*, 26(2), 95-110.
60. Roberson, T.M., Heymann, H.O. ve Swift, E.J. (2002.). *Sturdevant's art & science of operative dentistry*. (4th ed.). St. Louis: Mosby Co. Inc. s. 237-245.
61. Mjor, I.A., Smith, M.R., Ferrari, M. ve Mannocci, F. (2001). The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*, 34(5), 346-353.
62. da Cunha LF, Furuse AY, Mondelli RF, Mondelli J.(2010). Compromised bond strength after root dentin deproteinization reversed with ascorbic acid. *Journal of Endodontics*, 36(1),130-134.
63. Bouillaguet, S., Troesch, S., Wataha, J.C., Krejci, I., Meyer, J.M. ve Pashley, D.H. (2003). Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials*, 19(3), 199-205.
64. Paqué, F., Luder, H.U., Sener, B. ve Zehnder, M. (2006). Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dyepenetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 39(1), 18-25.
65. Morris, M.D., Lee, K.W., Agee, K.A., Bouillaguet, S. ve Pashley, D.H. (2001). Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *Journal of Endodontics*, 27(12), 753-757.

66. Ari, H., Yaşar, E. ve Belli, S. (2003). Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 29(4), 248-251.
67. Ozturk, B. ve Ozer, F. (2004). Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *Journal of Endodontics*, 30(5), 362-365.
68. Yiu, C.K., García-Godoy, F., Tay, F.R., Pashley, D.H., Imazato, S., King, N.M. ve diğerleri. (2002). A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. *Journal of Dental Research*, 81(9), 628-632.
69. Cunningham, M.P. ve Meiers, J.C. (1997). The effect of dentin disinfectants on shear bond strength of resin-modified glass-ionomer materials. *Quintessence International*, 28(8), 545-551.
70. Lai, S.C., Mak, Y.F., Cheung, G.S., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R.M. ve diğerleri. (2001). Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *Journal of Dental Research*, 80(10), 1919-1924.
71. Nikaido, T., Takano, Y., Sasafuchi, Y., Burrow, M.F. ve Tagami, J. (1999). Bond strengths to endodontically-treated teeth. *The American Journal of Dentistry*. 12(4), 177-180.
72. Meiers, J.C. ve Kresin, J.C. (1996). Cavity disinfectants and dentin bonding. *Operative Dentistry*. 21(4), 153-159.
73. Gettleman, B.H., Messer, H.H. ve ElDeeb, M.E. (1991). Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *Journal of Endodontics*, 17(1), 15-20.
74. Gogos, C., Economides, N., Stavrianos, C., Kolokouris, I. ve Kokorikos, I. (2004). Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of Endodontics*, 30(4), 238-240.
75. Saleh, I.M., Ruyter, I.E., Haapasalo, M.P. ve Orstavik, D. (2003). Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of Endodontics*, 29(9), 595-601.
76. Oksan, T., Aktener, B.O., Sen, B.H. ve Tezel, H. (1993). The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 26(5), 301-305.
77. Feilzer, AJ, De Gee, A.J. ve Davidson, C.L. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66(11), 1636-639.
78. Alster, D., Feilzer, A.J., de Gee, A.J. ve Davidson, C.L. (1997). Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dental Materials*, 13(3), 146-150.

79. Leung, S.F. ve Gulabivala, K. (1994). An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Therafil. *International Endodontic Journal*, 27(4), 190-196.
80. Carvalho, R.M., Pereira, J.C., Yoshiyama, M. ve Pashley, D.H. (1996). A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Operative Dentistry*, 21(1), 17-24.
81. Davidson, C.L. ve de Gee, A.J. (1984). Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *Journal of Dental Research*, 63(2), 146-148.
82. Van Meerbeek, B., Perdiago, J., Lambrechts, P. ve Vanherle, G. (1998). The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry*, 26(1), 1-20.
83. Meira, J.B.C., Ballester, R.Y., Lima, R.G., Martins de Souza, R. ve Driemeier, L. (2005). Geometrical aspects on bi-material microtensile tests. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 3: 310-313.
84. Della Bona, A. ve van Noort, R. (1995). Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *Journal of Dental Research*, 74(9), 1591-1596.
85. Phrukkanon, S., Burrow, M.F. ve Tyas, M.J. (1998). Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dental Materials*, 14(2), 120-128.
86. Report: Dental Materials: Testing of Adhesion to tooth structure, ISO 11405:2003(E).
87. Cardoso, P.E., Braga, R.R. ve Carrilho, M.R. (1998). Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dental Materials*, 14(6), 394-398.
88. Van Noort, R., Cardew, G.E., Howard, I.C. ve Noroozi, S. (1991). The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *Journal of Dental Research*, 70(5), 889-893
89. Patierno, J.M., Rueggeberg, F.A., Anderson, R.W., Weller, R.N. ve Pashley, D.H. (1996). Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endodontics & Dental Traumatology*, 12(5), 227-236.
90. Boschian Pest, L., Cavalli, G., Bertani, P. ve Gagliani, M. (2002). Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dental Materials*, 18(8), 596-602.
91. Sudsangiam, S. ve van Noort, R. (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 1(1), 57-67.
92. Roydhouse, R.H. (1970). Punch-shear test for dental purposes. *Journal of Dental Research*, 49(1), 131-136.

93. Gallo, JR 3<sup>rd</sup>., Miller, T., Xu, X. ve Burgess, J.O. (2002). In vitro evaluation of the retention of composite fiber and stainless steel posts. *Journal of Prosthodontics*, 11(1), 25-29.
94. Loxley, E.C., Liewehr, F.R., Buxton, T.B. ve McPherson, J.C. (2003). The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 95(4), 490-494.
95. Ungor, M., Onay, E.O. ve Orucoglu, H. (2006). Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 39(8), 643-647.
96. Timpawat, S., Vongsavan, N. ve Messer, H.H. (2001). Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *Journal of Endodontics*, 27(5), 351-353.
97. Pashley, D.H. (1990). Clinical considerations of microleakage. *Journal of Endodontics*, 16(2), 70-77.
98. Grossman, L.I. (1939). A study of temporary fillings as hermetic sealing agents. *Journal of Dental Research*, 18(1), 67-71.
99. Taylor, M.J. ve Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3-10.
100. Jacobson, S.M. ve von Fraunhofer, J.A. (1976). The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral surgery, Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 42(6), 817-823.
101. AliGhamdi, A. ve Wennberg, A. (1994). Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Endodontics & Dental Traumatology*, 10(6), 249-255.
102. Mattison, G.D. ve von Fraunhofer, J.A. (1983). Angulation loading effects on cast-gold endodontic posts: a photoelastic stress analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 49(5), 636-638.
103. Delivanis, P.D. ve Chapman, K.A. (1982). Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 53(4), 410-416.
104. Amditis, C., Bryant, R.W. ve Blackler, S.M. (1993). The assessment of apical leakage of root-filled teeth by the electrochemical technique. *Australian Dental Journal*, 38(1), 22-27.
105. Rhome, B.H., Solomon, E.A. ve Rabinowitz, J.L. (1981). Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of Endodontics*, 7(10), 458-461.

106. Moloney, L.G., Feik, S.A. ve Ellender, G. (1993). Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *Journal of Endodontics*, 19(2), 59-62.
107. Taylor, M.J. ve Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3-10.
108. Alani, A.H. ve Toh, C.G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, 22(4), 173-185.
109. Kocabalkan, E., Dönmez, F. ve Demirköprülü, H. (1994). Marginal adaptation of resin in relation to application technique and use of a dental adhesive system. *Journal of Marmara University Dental Faculty*, 2(1), 424-428.
110. Maltezos, C., Glickman, G.N., Ezzo, P. ve He, J. (2006). Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *Journal of Endodontics*, 32(4), 324-327.
111. Carratù, P., Amato, M., Riccitiello, F. ve Rengo, S. (2002). Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *Journal of Endodontics*, 28(4), 272-275.
112. Chailertvanitkul, P., Saunders, W.P., Saunders, E.M. ve MacKenzie, D. (1998). Polymicrobial coronal leakage of super EBA root-end fillings following two methods of root-end preparation. *International Endodontic Journal*, 31(5), 348-353.
113. Pashley, D.H., Andringa, H.J., Derkson, G.D., Derkson, M.E. ve Kalathoor, S.R. (1987). Regional variability in the permeability of human dentine. *Archives of Oral Biology*, 32 (7), 519 –523.
114. Wu, M.K., De Gee, A.J. ve Wesselink, P.R. (1994). Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal*, 27(5), 233-238.
115. Pommel, L., Jacquot, B. ve Camps, J. (2001). Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *Journal of Endodontics*, 27(5), 347-350.
116. Pommel, L. ve Camps, J. (2001). Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *Journal of Endodontics*, 27(4), 256-258.
117. Jung, H., Friedl, K.H., Hiller, K.A., Furch, H., Bernhart, S. ve Schmalz, G. (2006). Polymerization efficiency of different photocuring units through ceramic discs. *Operative Dentistry*. 31(1), 68-77.
118. Martin, F.E. (1998). A survey of the efficiency of visible light curing units. *Journal of Dentistry*, 26(3), 239-243.
119. Ergün, G., Eğilmez, F., Uçtaşı, M.B. ve Yılmaz, S. (2007). Effect of light curing type on cytotoxicity of dentine-bonding agents. *International Endodontic Journal*, 40(3), 216-223.

120. Çekiç, I. ve Ergün, G. (2007). Diş hekimliğinde kullanılan görünür ışık kaynakları. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(2), 1-8.
121. Hofmann, N., Hugo, B. ve Klaiber, B. (2002). Effect of irradiation type (LED or QTH) on photoactivated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise and hardness. *European Journal of Oral Science*, 110(6), 471-479.
122. Technical Report: Dentistry: Powered polymerization activators- Part 1: Quartz tungsten halogen lamps, ISO 10650-1:2004(E).
123. Santos, G.C., El-Mowafy, O., Rubo, J.H. ve Santos, M.J. (2004). Hardening of dual-cure resin cements and a resin composite restorative cured with QTH and LED curing units. *Journal of the Canadian Dental Association*, 70(5), 323-328.
124. Uctasli, S., Shortall, A.C. ve Burke, F.J.T. (2002). Effect of accelerated restorative techniques on the microleakage of Class II composites. *The American Journal of Dentistry*, 15(3), 153-158.
125. Oberholzer, T.G., Du Preez, I.C. ve Kidd M. (2005). Effect of LED curing on the microleakage, shear bond strength and surface hardness of a resin-based composite restoration. *Biomaterials*, 26(18), 3981-3986.
126. Leonard, D.L., Charlton, D.G., Roberts, H.W. ve Cohen, M.E. (2002). Polymerization efficiency of LED curing lights. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 14(5), 286-295.
127. Lloret, P.R., Rode, K.M. ve Turbino, M.L. (2004). Dentine bond strength of a composite resin polymerized with conventional light and argon laser. *Brazilian Oral Research*, 18(3), 271-275.
128. Uctasli, S., Tezvergil, A., Lassila, L.V. ve Vallittu, P.K. (2005). The degree of conversion of fiber-reinforced composites polymerized using different light-curing sources. *Dental Materials*, 21(5), 469-475.
129. Peutzfeldt, A., Sahafi, A. ve Asmussen, E. (2000). Characterization of composites polymerized with plasma arc curing units. *Dental Materials*, 16(5), 330-336.
130. Lloret, P.R., Rode, K.M. ve Turbino, M.L. (2004). Dentine bond strength of a composite resin polymerized with conventional light and argon laser. *Brazilian Oral Research*, 18(3), 271-275.
131. Akgüngör, G., Akkayan, B. ve Gaucher, H. (2005). Influence of ceramic thickness and polymerisation mode of a resin luting agent on early bond strength end durability with a lithium-disilicate based ceramic system. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(3), 234-241.
132. Asmussen, E. ve Peutzfeldt, A. (2003). Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer. *Dental Materials*, 19(6), 466-470.

133. Lohbauer, U., Rahiotis, C., Kramer, N., Petschelt, A. ve Eliades, G. (2005). The effect of different light-curing units on fatigue behavior and degree of conversion of a resin composite. *Dental Materials*, 21(7), 608-615.
134. Patierno, J.M., Rueggeberg, F.A., Anderson, R.W., Weller, R.N. ve Pashley, D.H. (1996). Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endodontics & Dental Traumatology*, 12(5), 227-236.
135. Johnson, M.E., Stewart, G.P., Nielsen, C.J. ve Hatton, J.F. (2000). Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 90(3), 360-364.
136. Mannocci, F., Innocenti, M. ve Ferrari, M. (1998). Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *Journal of Endodontics*, 24(6), 397-400.
137. Kokkas, A.B., Boutsoukis, A.Ch., Vassiliadis, L.P. ve 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. *Journal of Endodontics*, 30(2), 100-102.
138. Wu, H., Hayashi, M., Okamura, K., Koytchev, E.V., Imazato, S., Tanaka, S. ve diğerleri. (2009). Effects of light penetration and smear layer removal on adhesion of post-cores to root canal dentin by self-etching adhesives. *Dental Materials*, 25(12), 1484-1492.
139. Gu, X.H., Mao, C.Y., Liang, C., Wang, H.M. ve Kern, M. (2009). Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? *European Journal of Oral Science*. 117(5), 597-603.
140. Rached-Junior, F.J., Souza-Gabriel, A.E., Alfredo, E., Miranda, C.E., Silva-Sousa, Y.T. ve Sousa-Neto, M.D. (2009). Bond strength of Epiphany sealer prepared with resinous solvent. *Journal of Endodontics*, 35(2), 251-255.
141. Hashem, A.A., Ghoneim, A.G., Lutfy, R.A. ve Fouda, M.Y. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *Journal of Endodontics*, 35(4), 537-540.
142. Roberts, S., Kim, J.R., Gu, L.S., Kim, Y.K., Mitchell, Q.M., Pashley, D.H. ve diğerleri. (2009). The efficacy of different sealer removal protocols on bonding of self-etching adhesives to AH plus-contaminated dentin. *Journal of Endodontics*, 35(4), 563-567.
143. Munksgaard, E.C., Peutzfeldt, A. ve Asmussen, E. (2000). Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *European Journal of Oral Science*, 108(4), 341-345.

144. Reges, R.V., Moraes, R.R., Correr, A.B., Sinhoreti, M.A., Correr-Sobrinho, L., Piva, E. ve diğerleri. (2008). In-depth polymerization of dual-cured resin cement assessed by hardness. *Journal of Biomaterials Applications*, 23(1), 85-96.
145. Davidson-Kaban, S.S., Davidson, C.L., Feilzer, A.J., de Gee, A.J. ve Erdilek, N. (1997). The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dental Materials*, 13(6), 344-52.
146. Mehl, A., Hickel, R. ve Kunzelmann, K.H. (1997). Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without soft start polymerization. *Journal of Dentistry*, 25(3-4), 321-330.
147. Braga, R.R., Cesar, P.F. ve Gonzaga, C.C. (2002). Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(3), 257-262.
148. Price RB, Bannerman RA, Rizkalla AS, Hall GC. (2000). Effect of stepped vs. continuous light curing exposure on bond strengths to dentin. *American Journal of Dentistry*, 13(3), 123-128.
149. Nagas, E., Cehreli, Z.C., Durmaz, V., Vallittu, P.K. ve Lassila, L.V. (2009). Shear bond strength between a polyester-based root canal filling material and a methacrylate-based sealer with an intermediate layer of fiber-reinforced resin-based material. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 11(4), 325-330.
150. Fahmy, N., Naguib, H. ve Guindy, J.E. (2009). Effect of Light-Emitting Diode (LED) Curing Modes on Resin/Dentin Bond Strength. *Journal of Prosthodontics*, 18(8), 670-675
151. Lopes, L.G., Franco, E.B., Pereira, J.C. ve Mondelli, R.F. (2008). Effect of light-curing units and activation mode on polymerization shrinkage and shrinkage stress of composite resins. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), 35-42.
152. Nalcaci, A., Kucukesmen, C. ve Uludag, B. (2005). Effect of high-powered LED polymerization on the shear bond strength of a light-polymerized resin luting agent to ceramic and dentin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(2), 140-145.
153. Price, R.B., Bannerman, R.A., Rizkalla, A.S. ve Hall, G.C. (2000). Effect of stepped vs. continuous light curing exposure on bond strengths to dentin. *The American Journal of Dentistry*. 13(3), 123-128.
154. Tagger, M., Tagger, E., Tjan, A.H.L. ve Bakland, L.K. (2002). Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics*, 28(5), 351- 354.
155. Sudsangiam, S. ve van Noort, R. (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 1(1), 57-67.



156. Skidmore, L.J., Berzins, DW. ve Bahcall, JK. (2006). An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 32(10),963-966
157. Mozayeni, M.A., Javaheri, G.H., Poorroosta, P., Ashari, M.A. ve Javaheri, H.H. (2009). Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Australian Endodontic Journal*, 35(1), 13-17.
158. De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M. ve diğerleri. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118-132.
159. Condon, J.R. ve Ferracane, J.L. (2000). Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *The Journal of the American Dental Association*, 131(4), 497-503.
160. Feilzer, A.J. ve Dauvillier, B.S. (2003). Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and viscoelastic properties of experimental two-paste composites. *Journal of Dental Research*, 82(10), 824-828.
161. Feilzer, A.J., De Gee, A.J. ve Davidson, C.L. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66(11), 1636-1639.
162. Feilzer, A.J., De Gee, A.J. ve Davidson, C.L. (1989). Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *Journal of Dental Research*, 68(1), 48-50.
163. Alster, D., Feilzer, A.J., de Gee, A.J. ve Davidson, C.L. (1997). Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dental Materials*, 13(3), 146-150.
164. Hiraishi, N., Papacchini, F., Loushine, R.J., Weller, R.N., Ferrari, M., Pashley, D.H. ve diğerleri (2005). Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *International Endodontic Journal*, 38 (10):753-763.
165. Ureyen Kaya, B., Keçeci, A.D., Orhan, H. ve Belli, S. (2008). Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 41(3), 211-218.
166. Tay, F.R., Hiraishi, N., Pashley, D.H., Loushine, R.J., Weller, R.N., Gillespie, W.T. ve diğerleri. (2006). Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 32(2), 33-37.
167. Inan, U., Aydin, C., Tunca, Y.M. ve Basak, F. (2009). In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(2),123-123c.
168. Yilmaz, Z., Tuncel, B., Ozdemir, H.O. ve Serper, A. (2009). Microleakage evaluation of roots filled with different obturation

- techniques and sealers. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 108(1), 124-128.
169. Hohnson, W.T. (2002.). Color atlas of endodontics. (1st edition). Philadelphia: W.B. Saunders Co. Inc.
  170. Bulucu, B., Avsar, A., Demiryürek, E.O. ve Yesilyurt, C. (2009). Effect of radiotherapy on the microleakage of adhesive systems. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 11(4), 305-309.
  171. Fakhri, M., Seraj, B., Shahrabi, M., Motahhary, P. ve Hooshmand, T. (2009). Effect of salivary contamination on microleakage of resin composites placed with a self-etch adhesive in primary teeth: an in vitro study. *Pediatric Dental Journal*, 31(4), 334-339.
  172. Barthel, C.R., Moshonov, J., Shuping, G. ve Orstavik, D. (1999). Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *International Endodontic Journal*, 32(5), 370-375.
  173. Tay, F.R., Loushine, R.J., Weller, R.N., Kimbrough, W.F., Pashley, D.H., Mak, Y.F. ve diğerleri. (2005). Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 31(7), 514-519.
  174. Kocak, M.M., Er, O., Saglam, B.C. ve Yaman, S. (2008). Apical leakage of epiphany root canal sealer combined with different master cones. *European Journal of Dentistry*, 2(2), 91-95.
  175. Trope, M., Chow, E. ve Nissan, R. (1995). In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endodontics & Dental Traumatology*, 11(2), 90-94.