

**T.C.**

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**

**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Kanal Dolgu Maddelerinin Apikal Sızıntı ve Bağlanma  
Özelliklerinin Glikoz Filtrasyon, Push-Out ve Tarama Elektron  
Mikroskobu Yöntemleriyle İncelenmesi**

**BULEM ÜREYEN KAYA**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**YRD. DOÇ. DR. AYŞE DİLJİN KEÇECİ**

**Bu Tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Yönetim Birimi  
Tarafından 1180-D-05 Proje Numarası ile Desteklenmiştir.**

**TEZ NO: 6**

**2007-İSPARTA**

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	iii
ÖNSÖZ .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ŞEKİLLER .....	vii
ÇİZELGELER .....	x
GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi .....	3
2.1.1 Kök Kanal Dolgu Maddeleri .....	4
2.1.1.1 Kök Kanal Dolgu Ana Kor Materyalleri .....	5
2.1.1.1.1 Güta Perka .....	5
2.1.1.1.2 Resilon .....	8
2.1.1.1.3 Rezin Kaplı Güta Perka .....	9
2.1.1.2 Kök Kanal Dolgu Patları .....	10
2.1.1.2.1 Cam İyonomer Esaslı Patlar .....	11
2.1.1.2.2 Rezin Esaslı Patlar .....	12
2.1.2 Kanal Dolgu Yöntemleri .....	22
2.1.2.1 Soğuk Güta Perkanın Lateral Kompaksiyonu .....	22
2.1.2.2 Devamlı Isıyla Dolgu Yöntemi (Sistem B) .....	23
2.1.2.3 Termoplastik Enjeksiyon Teknikleri .....	25
2.2 Adezyon .....	28
2.2.1 Kök Kanal Dentinine Adezyon ve Adezyonu Etkileyen Faktörler .....	29
2.2.2 Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler .....	31
2.3 Endodontik Mikrosızıntı .....	33
2.3.1 Endodontik Mikrosızıntı Test Yöntemleri .....	35
2.4 Spektroskopi .....	40
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	46
3.1 Deney Kurgusu .....	46
3.1.1 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Belirlenmesi .....	51

3.1.1.1 Dentin Disklerinin Hazırlanması.....	51
3.1.1.2 Push-Out Test Düzeneğinin Hazırlanması.....	52
3.1.1.3 Kuvvet Uygulanması .....	53
3.1.1.4 Bağlanma Dayanımının Hesaplanması .....	54
3.1.1.5 Kırık Tiplerinin Belirlenmesi .....	54
3.1.2 Kanal Dolgularının Mikrosızıntı Değerlerinin Belirlenmesi.....	54
3.1.2.1 Örneklerin Hazırlanması .....	54
3.1.2.2 Mikrosızıntı Test Düzeneğinin Hazırlanması .....	55
3.1.2.3 Spektrofotometrik Analiz.....	56
3.1.3 Elektron Tarama Mikroskop (SEM) Analizi .....	58
3.1.3.1 Örneklerin SEM İçin Hazırlanması .....	58
3.2 İstatistiksel Analiz .....	59
4. BULGULAR .....	60
4.1 Dentin Disklerine Ait Dijital Görüntüler.....	60
4.2 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarına Ait Bulgular ...	72
4.3 Kırık Tiplerinin Belirlenmesine Ait Bulgular.....	78
4.4 Kanal Dolgularının Glikoz penetrasyon Değerlerine Ait Bulgular .....	788
4.5 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Glikoz Penetrasyon Değerleri ile İlişkisi.....	88
4.6 SEM Analizi Bulguları .....	89
5. TARTISMA ve SONUÇ .....	1122
ÖZET .....	131
SUMMARY .....	1333
KAYNAKLAR.....	1355

**KABUL VE ONAY**

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğü'ne;  
Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Endodonti Anabilim Dalı Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 18.05.2007

Tez Danışmanı :Yrd. Doç. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ –  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Yardımcı Tez Danışmanı :Prof. Dr. Sema BELLİ –  
Selçuk Üniversitesi  
Üye :Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM –  
Gazi Üniversitesi  
Üye :Yrd. Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL –  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Üye :Yrd. Doç. Dr. Necdet ADANIR –  
Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY: Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Halis KÖYLÜ  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

*Üç yıllık asistanlık ve dört yıllık doktora öğrenciliğimi takiben, uzun, yorucu ve titiz bir çalışma süresi sonunda doktora tez çalışmamı tamamlamış olmanın mutluluğunu ve verdiği gururu emeği geçen ve desteklerini esirgemeyen hocalarım, arkadaşlarım ve ailemle paylaşmak isterim.*

*Doktora eğitimim ve tez çalışma sürem boyunca benden bilgi ve desteğini esirgemeyen ve bizlere ekip çalışması konusunda her zaman örnek olan çok sevgili danışmanım Yrd. Doç. Dr. A. Dilşin KEÇECİ'ye sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum. Fakülte laboratuvar olanakları ve üstün motivasyon yeteneği ile çalışmamızı destekleyen, değerli bilgilerinden faydalandığım ikinci tez danışmanım Prof. Dr. Sema BELLİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.*

*Ayrıca,*

*Doç. Dr. Suat ÖZKORUCUKLU'ya glikoz filtrasyon düzeneğinin hazırlanmasında yardımları ve Fizik konusundaki danışmanlığı için,*

*Yrd. Doç. Dr. Hikmet ORHAN'a istatistiksel analizler ve danışmanlık için,*

*Prof. Dr. Bilge Haşan ŞEN'e SEM analizinin yapılması ve yorumlanmasında değerli bilgilerini paylaştığı için,*

*Yrd. Doç. Dr. Ramazan KAYACAN ve Araş. Gör. Kenan TÜFEKÇİ'ye dentin kesitlerinin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı,*

*Yrd. Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU'na push-out test düzeneğinin hazırlanmasındaki tecrübelerinden faydalandığım için,*

*Araş. Gör. Hilal EVÇİL'e dentin kesitlerinin mikroskopik görüntülerinin fotoğraflanmasındaki yardımları için,*

*S.D.Ü. Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Araştırma ve Uygulama Merkezi, Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi çalışanlarına gerekli ortam ve cihazları kullanmamdaki katkıları için,*

*Fakültemizin değerli hocalarına ve Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi A.D. öğretim üyesi Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM'a Anabilim Dalımızda doktora programının açılması, yürütülmesi ve tez aşamasındaki desteklerinden dolayı,*

*Çalışma arkadaşlarıma bu yorucu dönemde beni yalnız bırakmadıkları ve destek oldukları için,*

*S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne mali desteği için teşekkürlerimi sunuyorum.*

*Hayatım boyunca desteklerini ve yanımda olduklarını hissettiğim aileme teşekkür ediyorum. Ayrıca, bu meşakkatli ve yorucu yolda her zaman benimle birlikte yürüyen eşime sabrı ve sevgisi için sonsuz teşekkürler...*

*Bülem ÜREYEN KAYA  
Isparta 2007*

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

<b>A</b>	<b>Armstrong</b>
<b>Abs</b>	<b>abzorbans</b>
<b>ANSI</b>	<b>American National Standards Institute (ABD Ulusal Standartlar Enstitüsü)</b>
<b>ADA</b>	<b>Amerikan diş hekimliği birliği</b>
<b>ark.</b>	<b>arkadaşları</b>
<b>BS</b>	<b>British Standard</b>
<b>C faktörü</b>	<b>kavite konfigürasyon faktörü</b>
<b>c</b>	<b>ışık hızı</b>
<b>°C</b>	<b>santigrat derece</b>
<b>cm</b>	<b>santimetre</b>
<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>santimetrekare</b>
<b>cm H<sub>2</sub>O</b>	<b>santimetre su</b>
<b>dak</b>	<b>dakika</b>
<b>EDTA</b>	<b>etilendiaminetetraasetik asit</b>
<b>ESEM</b>	<b>Enviromental Scanning Electron Microscope (çevresel taramalı elektron mikroskobu)</b>
<b>°F</b>	<b>fahrenheit derece</b>
<b>g</b>	<b>gram</b>
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>fosforik asit</b>
<b>IR</b>	<b>kızılötesi</b>
<b>ISO</b>	<b>International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)</b>
<b>K</b>	<b>konsantrasyon</b>
<b>kPa</b>	<b>kilopaskal</b>
<b>m</b>	<b>metre</b>
<b>mg</b>	<b>miligram</b>
<b>mg/dl</b>	<b>desilitrede miligram</b>
<b>mL</b>	<b>mililitre</b>
<b>mg/L</b>	<b>litrede miligram</b>

<b>mm</b>	<b>milimetre</b>
<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>milimetre kare</b>
<b>mm/dak</b>	<b>dakikada milimetre</b>
<b>mmol/L</b>	<b>litredeki milimol</b>
<b>MPa</b>	<b>mega pascal</b>
<b>N</b>	<b>newton</b>
<b>NaN<sub>3</sub></b>	<b>sodyum azit</b>
<b>NaOCl</b>	<b>sodyumhipoklorit</b>
<b>nm</b>	<b>nanometre</b>
<b>NMR</b>	<b>nükleer manyetik rezonans</b>
<b>pH</b>	<b>hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması</b>
<b>psi</b>	<b>inçkare basına basınç</b>
<b>rpm</b>	<b>dakikada devir sayısı</b>
<b>s</b>	<b>saniye</b>
<b>SEM</b>	<b>Scanning Electron Microscope (taramalı elektron mikroskobu)</b>
<b>SS</b>	<b>standart sapma</b>
<b>TEM</b>	<b>Transmission Electron Microscope (geçirimli elektron mikroskobu)</b>
<b>T<sub>G</sub></b>	<b>Glass transition temperature (camsı duruma geçiş sıcaklığı)</b>
<b>UV</b>	<b>ultraviyole</b>
<b>Vis</b>	<b>görünür ışık</b>
<b>#</b>	<b>numara</b>
<b><math>\alpha</math></b>	<b>alfa</b>
<b><math>\beta</math></b>	<b>beta</b>
<b><math>\lambda</math></b>	<b>dalga boyu</b>
<b><math>\mu</math>L</b>	<b>mikrolitre</b>
<b><math>\mu</math>L dk<sup>-1</sup></b>	<b>dakikadaki mikrolitre</b>
<b><math>\mu</math>m</b>	<b>mikrometre</b>
<b>v</b>	<b>frekans</b>

## ŞEKİLLER

- Şekil 1.** Elektromanyetik spektrum
- Şekil 2.** Beyaz ışık prizması
- Şekil 3.** Spektrofotometrik analiz
- Şekil 4.** Spektrofotometre parçaları
- Şekil 5.** Dişleri kesmek için kullanılan su soğutmalı kesit cihazı
- Şekil 6.** Deney gruplarının dağılımı
- Şekil 7.** Kökün kural ve orta üçlüsünden  $1.00 \pm 0,5$  mm kalınlığında kesitler alınarak dentin disklerinin hazırlanması
- Şekil 8.** Kuvvet uygulayan ve dentin diskinin yerleştirildiği parçalar
- Şekil 9.** Kök kanal dolgusu üzerine kuvvet uygulanması
- Şekil 10.** Mikrosızıntı test düzeneği
- Şekil 11.** Blank, örnek ve standart solüsyonları
- Şekil 12.** UV-Vis spektrofotometre cihazı
- Şekil 13.** GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 14.** GP/Ketac-Endo Aplicap/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 15.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 16.** GP/AH Plus/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 17.** GP/Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 18.** GP/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri
- Şekil 19.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri



**Şekil 20.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

**Şekil 21.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

**Şekil 22.** Resilon/AH Plus/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

**Şekil 23.** Resilon/Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

**Şekil 24.** Resilon/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

**Şekil 25.** Deney süresince grupların ortalama glikoz konsantrasyon değerleri (mmol/L).

**Şekil 26.** GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750). DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

**Şekil 27.** GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı.

**Şekil 28.** GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 2000), P: Kanal patı.

**Şekil 29.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı.

**Şekil 30.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 2000), P: Kanal patı.

**Şekil 31.** GP/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, DT: Dentin tübülü

**Şekil 32.** GP/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı, GP: Güta perka

**Şekil 33.** GP/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

**Şekil 34.** GP/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B3)'e ait

örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı

**Şekil 35.** GP/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500), DT: Dentin tübülü, GP: Güta perka

**Şekil 36.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

**Şekil 37.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), R: Resilon, P: Kanal patı

**Şekil 38.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı

**Şekil 39.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, DT: Dentin tübülü

**Şekil 40.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, R: Resilon

**Şekil 41.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı

**Şekil 42.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 350), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı, R: Resilon

**Şekil 43.** Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500), D: Dentin, R: Resilon

**Şekil 44.** Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D1)'na ait örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı, R: Resilon

**Şekil 45.** Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 100, X150), D: Dentin, R: Resilon, P: Pat

**Şekil 46.** Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X750),

**Şekil 47.** Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 35), D: Dentin, R: Resilon

**Şekil 48.** Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500).

## ÇİZELGELER

- Çizelge** 1. Elektromanyetik spektrum bölgeleri ve dalga boyları
- Çizelge** 2. Profile nikel titanyum dönen kanal aletlerinin kök kanal şekillendirilmesinde kullanım sırası
- Çizelge** 3. 3-yönlü ANOVA istatistiksel analiz sonuçları
- Çizelge** 4. Kanal dolgu kor materyallerine göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa)
- Çizelge** 5. Kanal dolgu patlarına göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa)
- Çizelge** 6. Kompaksiyon tekniklerine göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa)
- Çizelge** 7. Kor materyalleri ve kompaksiyon teknikleri arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği
- Çizelge** 8. Kor materyalleri ve patlar arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği
- Çizelge** 9. Patlar ve kompaksiyon teknikleri arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği
- Çizelge** 10. Gruplara ait bağlanma dayanımı bulguları (MPa).
- Çizelge** 11. Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı (n,%)
- Çizelge** 12. İleriyen süre ile kümülatif olarak artan glikoz konsantrasyonlarının gruplara göre dağılımı (mmol/L).
- Çizelge** 13. Gruplara ait 1. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre p değerleri
- Çizelge** 14. Gruplara ait 8. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre p değerleri
- Çizelge** 15. Gruplara ait 15. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre p değerleri
- Çizelge** 16. Gruplara ait 22. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre p değerleri
- Çizelge** 17. Gruplara ait 30. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre p değerleri

- Çizelge 18.** İlerleyen zamanda gruplara göre kümülatif sızıntı yüzdeleri (n, %)
- Çizelge 19.** Kanal dolgularının kök dentinine bağlanma değerleri (Mpa) ile glikoz penetrasyon değerleri (mmol/L) arasında yapılan Kendall's tau-b korelasyon test sonuçları

## GİRİŞ

Endodontik tedavi ile hastalıklı pulpanın lezyonel tedavisinin yanı sıra periodonsiyumun koruyucu tedavisi gerçekleştirilmiş olur ve böylece diş dokusu doğal bir implant olarak fonksiyon görmeye devam eder. Kök kanal sisteminin temizlenmesi, şekillendirilmesi ve sızdırmaz bir şekilde örtülenmesi ile kök kanal tedavisinin tamamlanması hedeflenir. Bu amaca yönelik materyal ve tekniklerin geliştirilmesi ilgi çekmeye devam etmektedir. Çünkü günümüzde kullanılan materyal ve yöntemlerle kök dentinine bağlanabilen ve tam olarak sızdırmazlık gösteren bir dolgu elde edilememiştir. Resin materyallerin mineye bağlanma konsepti ilk olarak 1955 yılında Buonocore tarafından sunulduğundan beri (1), bağlanma ara yüzeyinin yapısı ve içeriğinin daha iyi anlaşılması ile resin retansiyonunda uygulanmak üzere birçok strateji geliştirilmiş ve modifiye edilmiştir. Restoratif dişhekimliğindeki bu başarı resin materyallerin kök kanal sistemi içinde kullanılması yönünde çalışmaların başlatılmasına neden olmuştur. Ancak bu materyaller kanal sistemine taşınmalarının zorluğu, radyoopasitelerinin yetersizliği ve gerektiğinde sökülebilmesindeki güçlükler nedeniyle tek başlarına kök kanallarının doldurulmasında kullanılamazlar. Yakın zamanda piyasaya sürülen ve üzerinde yoğun şekilde çalışılan, polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT) ve metakrilat resin esaslı pat sisteminin (Epiphany, Resilon Research LLC, Madison, CT) kök kanal dentini ile bağlanabildiği ve monoblok\* bir yapı oluşturduğu iddia edilmektedir.

Kök kanal dolgularının bağlanma dayanımları germe, makaslama ve push-out yöntemleri ile değerlendirilebilir. Klinik koşulları daha iyi taklit edebilmesi nedeniyle push-out testi son yıllarda ön plana çıkmıştır.

Apikal veya kural yünden sızıntı halen klinik bir problem olarak karşımıza çıkmakta ve başarısızlığın esas sebebi olarak görülmektedir. Sızıntının değerlendirilmesinde birçok farklı test yöntemi kullanılmış fakat hiçbiri en geçerli yöntem olarak kabul edilmemiştir. Tüm bu yöntemler seçilen test metodu ve uygulama tekniği, gerçeğe uygunluğu ve istatistiksel analiz yöntemleri açısından

---

\* Monoblok etki: Kimyasal bağlanmayla elastik modülleri yakın materyallerin tek bir madde gibi davranması.

eleştirilmektedir. Bu sebeplerle sızıntı testleri kök kanal dolgularının klinik performanslarını değerlendiren ve 'klinik geçerliliği olan' laboratuvar testi arayışı girişimlerinden en popülerleri ancak en çelişkili olanıdır.

Bu çalışmanın amacı, standart kök kanal dolgu madde ve yöntemleri ile polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi ve metakriat esaslı rezin pati kombinasyonlarının kök kanal dentinine bağlanma dayanımının push-out testi ve SEM analizi, bağlanma başarısızlığının ışık mikroskop, apikal sızıntılarının ise glikoz penetrasyon (filtrasyon) yöntemi kullanılarak karşılaştırılmasıdır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi

Kök kanal dolgusunun amacı pulpa boşluğunun tamamen temizlenmesi, foramen apikale de sıvı geçirmez bir örtücülüğün sağlanması (2) ve kök kanal boşluğunun tamamen doldurulmasıdır (3). Kök kanal tedavisinin başarısı temelde temizleme, sterilizasyon ve tıkkama ile ilişkilidir. Son zamanlarda başarı üzerinde daha ayrıntılı etmenler gösterilmiştir. Bunlar teşhis ve tedavi planlaması, daha ileri anatomi ve morfoloji bilgisi, temizleme, dezenfeksiyon ve tıkkamadır. Morse ve ark. (4) larının yaptığı bir araştırmada kök kanal tedavili dişlerin, başarı ve başarısızlıkları değerlendirilmiş ve tedavi başarısızlıklarının %58'inin tam olmayan tıkkamadan kaynaklandığı bildirilmiştir Bu çalışmadan sonra kanal boşluğunun doldurulması için gerekli materyal ve tekniklerin geliştirilmesine ilgi artmıştır.

Temizleme ve şekillendirme işlemleri hem dezenfeksiyon düzeyini hem de kanal boşluğunun tıkanma etkinliğini belirler. Kök kanal dolgusu; boy, koniklik, homojenite, güta perkanın uzaklaştırılma seviyesi ve kuronal örtücülük esas alınarak değerlendirilir. Kanal dolgusunun örtücülüğünün radyografi ile değerlendirilmesi olanaksızdır ve hiçbir materyal ve tekniğin sızıntıyı engelleyemediği unutulmamalıdır (5).

Pulpal ve periradikular hastalıkların asıl sebebi bakteridir (6,7). Temizlenmiş ve şekillendirilmiş kanal sisteminin ulaşamayan bölgelerinde arta kalmış pulpa artıkları, nekrotik doku, bakteri ve bakteri ürünleri vücudun savunma sistemi tarafından uzaklaştırılmadığından periaradiküler hastalığı başlatabilir veya devam ettirebilir (8). Kan serumundan kaynaklanan ve içinde çok sayıda suda çözünebilir protein, vitamin ve tuz içeren eksuda, doldurulmamış veya kısmen doldurulmuş kanal içine sürekli sızar. Eksik doldurulmuş kanal boşluklarında biriken serum burada parçalanmaya başlar. Daha sonra parçalanmış serum periradiküler dokulara sızmaya başlar ve fizikokimyasal irritasyon oluşturarak ortamda bakteri olmadan periradiküler iltihabı başlatır. Bu nedenle bakteriyel enfeksiyon olmadan periradiküler iltihap varlığı, serum ve yıkım ürünlerinin devam eden apikal

sızıntısına bağlanabilir. Bu duruma bakteri de eklenirse tablo ciddileşecektir (3). Bundan yaklaşık 90 yıl önce Prinz “kanal tam olarak doldurulmadığında, serum apikal dokulardan kanal içine sızarak, dentin tübüllerinde uzaklaştırılmadan kalmış mikroorganizmalar için besin görevi görecek” demiştir. Tüm bu tartışmalar sonucunda, endodontinin temel amacının pulpa boşluğunun tamamen temizlenmesi, apikal foramende sıvı geçirmez örtücülüğün sağlanması ve kök kanalının tamamen tıkanması olduğu açıktır.

1800’lerden önce kök kanal dolgusu altınla sınırlı kalmaktaydı. Daha sonradan farklı metaller, çinkonun oksikloriti, parafin ve amalgamla yapılan dolgularla değişen derecelerde başarı sağlanmıştır (9). 1847 yılında Hill ilk güta perka kök kanal dolgu maddesini geliştirmiştir. Ağartılmış güta perka, kireç karbonatı ve kuartzdan oluşan preparasyon 1848 yılında patent almış ve dişhekimliğine tanıtılmıştır (9). Ondokuzuncu yüzyıl sonlarından önce güta perkanın kök kanal dolgu maddesi olarak kullanımı ile ilgili referans sayısı çok az ve anlaşılmazdır. 1883 yılında Perry yumuşak güta perka ile kaplanmış altın tel kullandığını iddia etmiştir (10).

Kök kanal dolgularının değerlendirilmesinde radyografilerin kullanılmaya başlaması ile birlikte kök kanallarının daha önceden düşünüldüğü gibi silindirik olmadığı ve boşlukların doldurulması için ek bir dolgu maddesine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. İlk olarak sert dental simanlar kullanılmış fakat tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Birçok fenolik veya formalin tip pat simanların geliştirilmesi ile kullanılacak simanın güçlü antiseptik özelliğinin olması gerektiği düşünülmüştür. Sonradan güta perka ile kullanılacak, en iyi örtücülüğü sağlayabilecek birçok farklı pat ve simanlar geliştirilmeye çalışılmıştır. 70-80 yıldan uzun süre dişhekimliği bilimi simanları ve güta perkayı hazırlanmış kanala taşıyan farklı sistemlerle kök kanal dolgusunu geliştirmeye çalışmaktadır.

### **2.1.1 Kök Kanal Dolgu Maddeleri**

Standart kök kanal dolgusu, merkezde bir kor materyalinin (sıklıkla güta perka) pat siman ile kombinasyonudur. Kor materyali akışkan pat üzerinde piston görevi görerek patın dağılmasını, boşlukların doldurulmasını, enstrümante edilmiş dentin



duvarını ıslatarak tutunmasını sağlar. Pat ve güta perka bazen taşarak periodontal dokulara temas edebilir. Bu nedenle pat biyouyumluluk, apikal örtücülük gibi kanal dolgusunun kritik özelliklerini taşımaktadır. Grossman (11) kök kanal dolgu maddelerinden istenilen özellikleri şu şekilde sıralamaktadır:

1. Kök kanalına kolaylıkla uygulanabilmelidir
2. Kanalı apikal olarak örtülediği gibi lateral olarak da örtülemelidir
3. Kanala yerleştirildikten sonra büzülmemelidir
4. Nemden etkilenmemelidir
5. Bakteriostatik olmalı veya en azından bakteriyal gelişimi desteklememelidir
6. Radyopak olmalıdır
7. Diş yapısını boyamamalıdır
8. Periradiküler dokuları irrite etmemelidir
9. Steril olmalı veya kolaylıkla ve hızlıca steril edilebilmelidir
10. Gerektiğinde kanaldan kolaylıkla uzaklaştırılabilmelidir.

### **2.1.1.1 Kök Kanal Dolgu Ana Kor Materyalleri**

Kanal dolgu kor materyalleri gümüş kon, güta perka, Resilon ve rezin kaplı güta perka olarak sınıflandırılabilir.

#### **2.1.1.1.1 Güta Perka**

Dolgu için en çok kullanılan ana materyal güta perkadır. *Isonandra percha* ağacının özsuyundan elde edilmektedir. Kimyasal olarak saf güta perka poliizoprenin trans izomeridir (1,4-poliizopren), doğal lastikten daha sert, daha kırılğan ve daha az elastiktir. İki farklı kristal formda bulunmaktadır ( $\alpha$  ve  $\beta$ ). Bu iki form birbirlerine dönüşebilmektedir. İkisi arasında kimyasal davranış ve fiziksel özellikler açısından çok az farklar vardır.  $\alpha$  formu doğada bulunan halidir,  $\beta$  formu arıtma işlemi

sirasında ortaya çıkar (12). Geleneksel güta perka konları sağlamlığı ve sertliği artırmak, yapışkanlığı azaltmak için güta perkanın beta formu kullanılarak üretilmektedir. Güta perka ısıtıldığında faz geçişi gerçekleşir, 46<sup>0</sup>C (115<sup>0</sup> F) de β faz α faza döner. 54<sup>0</sup>-60<sup>0</sup> C (130<sup>0</sup>-140<sup>0</sup> F) civarında amorf faz gelişir. Güta perka konları 64<sup>0</sup> C (147<sup>0</sup>F) üzerinde yumuşarlar (13) ve kloroform ve haloten gibi çözücülerde çözünebilirler.

Güta perka konlarının içeriği ile ilgili bir çalışmada 5 farklı üreticiden sağlanan güta perka konlarının sadece yaklaşık % 20 oranında güta perka, %60-75 oranında ise çinko oksit doldurucu içerdiği bildirilmiştir (14). Diğer bileşenler ise konların daha bükülebilir ve/veya kompakte edilebilir olması için eklenen mum veya rezin ve radyoopasite için metal tuzlarıdır. Organik ve inorganik içerik açısından güta perka konları sadece % 23.1 organik (güta perka ve mum) ve %76.4 inorganik dolduruculara (çinko oksit ve baryum sülfat) sahiptir (14). Yüksek çinko seviyesi konların kırılgenliğini artırır ve gerilme dayanımı azaltır. Ancak yapılan bir başka çalışmada güta perka içeriğinin fazla olmasının kırılgenlikten sorumlu olduğu bildirilmiştir (15). Güta perka konlarının zamanla oksidasyon sonucu kırılgenlikleri artmaktadır (16). Işıktta saklanması da bozulma hızını artırır (17). Fakat bazı ısıtma ve soğutma işlemlerine tabi tutularak eski özelliklerini geri kazanması mümkündür (18).

Güta perkanın ısı karşısındaki hacimsel değişimi dişhekimliği açısından çok önemlidir. Güta perka ısıtıldığında bir parça genişlemektedir. Isı ve vertikal kompaksiyon uygulanan tekniklerde güta perka hacminin, kapladığı boşluktan daha büyük olması nedeniyle taşkın kök kanal dolgusunun oluşabileceği gösterilmiştir (19). Materyalin kuvvet altında sıkıştırılabildiği (compression) ve hacminin azaltıldığı düşünülse de çalışmalar kompres değil kompakte edilebildiğini göstermiştir (20). Isıtılmış güta perka vücut ısısına dönerken %1-2 oranında büzülme göstermektedir. Bu nedenle tüm ısıtılmış güta perka tekniklerinde soğurken meydana gelebilecek hacimsel değişimlerle başa çıkabilmek için vertikal basınç uygulanması tavsiye edilmektedir (21).

Güta perka'nın antimikrobiyal etkinliğinin oldukça az olduğu kanıtlanmıştır (22). Bu nedenle bazı üreticiler materyale dezenfektan özellik katmak için

klorheksidin (23) veya iodoform (24) gibi antimikrobiyaller eklemiştirlerdir. Kon içindeki iyodin/iyodoform deposu mikrobiyal büyümeyi engellemek için aktif biyolojik kaynak olarak kullanılır (25). İyodoform güta perkanın merkezinde sınırlandırılmıştır ve yüzeye ulaşması 24 saati bulmaktadır. Doldurma esnasında kullanılan ısı iyodoform salımını ve kimyasal kompozisyonunu etkilemez. Yüksek oranda kalsiyum hidroksit içeren (%40-60) ve seanslar arasında medikamanın kolaylıkla kanal boşluğuna yerleştirilmesine olanak sağlayan güta perka konları üretilmiştir (26). Kalsiyum hidroksit salımından sonra kon dolgu maddesi olarak uzun süre kullanılmaz ve kanaldan uzaklaştırılır. Bu tip konların kök kanal dolgusunun apikal örtücülüğünü iyileştirdiği gösterilmiştir (27). Tüm bu özelliklerinin yanı sıra güta perka yüksek çinko içeriğine bağlı olarak bir derece doku irritasyonu gösterir (28).

Güta perka; patlara oranla daha düşük toksisite göstermekte ve biyoyumlu bir materyal olarak kabul edilmektedir (29,30). Bununla birlikte güta perkanın yoğun bir yabancı doku reaksiyonu başlatabildiği de gösterilmiştir (31). Normalde inert kabul edilen bir maddenin yüzey düzensizliklerine bağlı olarak bu tip reaksiyonlara neden olması normaldir (32).

Güta perkanın kanal duvarlarına bağlanma özelliği olmadığından kök kanal boşluğunun örtülenmesinde tek başına kanal dolgu maddesi olarak kullanılamaz. Güta perkanın dentin duvarlarına daha iyi adaptasyonu için ısı ve çözücüleri kullanan birçok teknik geliştirilmiştir fakat daimi örtücülük için pat veya siman her zaman gereklidir (8).

Güta perka konlarının boyutu endodontik eğelerin boyutları ve tepe açıları (.02-.12) ile uyumlu olarak üretilmektedir (ANSI no.78). Endodontik eğeler  $\pm 0,02$  mm hassasiyetle üretilmektedirler ancak güta perka konları için bu hassasiyet  $\pm 0,05$  mm dir. Bu nedenle aynı boyutta kanal aleti ve güta perka konu arasındaki çap farkı 0,07 mm olabilir bu da bir eğe boyutundan fazladır (33). Aksesuar güta perka konları standart konlara göre daha büyük tepe açısına ve daha sivri uca sahiptir. Bunlar genellikle ince, ince-orta, orta-ince, orta ve orta-kalın olarak üretilmektedir (8).

Güta perka ısı ile steril edilemez ancak %5,25 lik NaOCl içinde 1 dakika bekletme ile dezenfeksiyonunun sağlandığı bildirilmiştir (34). Ancak bu

dezenfeksiyon işleminden sonra dolguyu zayıflatabilecek NaOCl kristallerini uzaklaştırmak için etil alkol ile yıkanmalıdır (8).

### **2.1.1.1.2 Resilon**

Güta perka ilk olarak 1914 yılında Callahan tarafından tanıtıldığından beri kök kanal tedavisinde standart dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Güta perkanın kimyasal stabilitesi, biyouyumluluğu, pöröz yapıda olmaması, radyoopasitesi, manipule edilebilirliği ve sökülebilirliği gibi birçok arzu edilen özellikleri olmasına karşın her zaman kök kanal dolgusunun temel fonksiyonlarını yerine getirememektedir (35). Güta perka dişin iç yapısına bağlanamamaktadır ve tam bir örtücülük sağlayamaz (36-40). Bakterilerin mikrosızıntısı için zayıf bir bariyer yaratmakta ve kanal tedavisinin en zayıf noktası olarak kabul edilmektedir (37-39,41-43). Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için vertikal ve lateral kompaksiyon tekniklerinde farklılıklar yapılmış, devamlı ısı ile kondansasyon ve ısıtılmış güta perkanın enjeksiyonu teknikleri kullanılmıştır. Bu yöntemler mikrosızıntıyı belli bir oranda azaltmışlar ancak kök kanal sisteminin her seviyesinde sızıntıyı tam olarak önleyememişlerdir.

Restoratif dişhekimliğinde dentine adeziv bağlanmada kullanılan materyal ve teknikler uzun yıllardan beri gelişmektedir. Yeni nesil dentin bonding sistemleri yüksek bağlanma dayanımı sağlamak ve mikromekanik bağlanma ile veya dentin ve rezin arasında hibrid tabaka oluşturarak mikrosızıntıyı azaltmaktadırlar (44). Apikal ve kural sızıntının azaltılmasında (45,46), hem total-etch hem de self-etch adezivler kök kanalının güta perka ile doldurulmasından önce intradiküler dentinin örtülenmesinde deneysel olarak kullanılmaktadır (47,48,49). Fakat bu teknikler, güta perkanın poliizopren içeriği ile çinko oksit öjenol, epoksi rezin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlar arasında kimyasal bağın olmaması nedeniyle uygun değildir (50,51). Resin simanlar tek başlarına kök kanallarının tıkanmasında, rezinlerin kanal sistemine taşınmalarının zorluğu, radyoopasitelerinin yetersizliği ve gerektiğinde sökülebilmesindeki güçlükler nedeniyle tercih edilmemektedir (46,52-55). Tüm bu engellerin son zamanlarda üzerinde yoğun şekilde çalışılan ve metakriat

esaslı rezinlere bağlanabildiği öne sürülen polyeşter esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT, ABD) ile çözüleceği iddia edilmektedir (40).

Resilon (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT, ABD) güta perkaya alternatif olarak tanıtılan yeni bir termoplastik, sentetik polimer esaslı kök kanal dolgu maddesidir. Resilon'un ana polimeri biyolojik olarak parçalanabilen alifatik polyeşter polikaprolakton'dur (P787, Union Carbide, Dansbury, CT, ABD) (56) ve doldurucu olarak biyoaktif cam, kalsiyumdan zengin hidroksiapatit, silika, bizmut oksiklorit, zirkonyum oksit, baryum oksit, baryum sülfat ve ceryum fosfat içerir (57,58). Polikaprolakton'un hacim olarak yüzdesi  $57.6 \pm 0.2$  ve doldurucuların hacimsel yüzdesi  $42.4 \pm 0.2$ , ağırlıkça  $65$ 'dir (40). Düşük (-62) cam geçiş ve ergime derecesine (60 °C) ve yüksek dekompozisyon derecesine (350 °C) sahip (59) polikaprolakton polimeri Resilon'a termoplastik özellik kazandırır (60). Polikaprolakton polimerine karıştırılmış dimetakrilat monomerleri Resilon'a metakrilat esaslı rezinlere bağlanma özelliği sağlar (57,60,61). Resilon güta perka ile benzer manipulasyon özelliklerine sahiptir. Daha önceki rezin dolgu maddeleri kanaldan etkili olarak uzaklaştırılmazken (46,55), Resilon güta perka gibi ısı ile yumuşatılabilir veya çözücülerle çözünebilir. Lateral kompaksiyon tekniği için ISO boyutlarında ve artırılmış tepe açısına sahip konları (Epiphany points; Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) ve termoplastik vertikal kompaksiyon teknikleri için pelet formları bulunmaktadır (Epiphany Pellets Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) (40). Erime ısısı Sistem B için  $150^{\circ}C$  ve Obtura için  $140^{\circ}C$ 'dir (62). Ancak materyalin ısıtıldıktan sonra yumuşaklığını güta perka kadar iyi korumadığını söylenmektedir (63).

Bu yüksek dolduruculu termoplastik kanal dolgusunun self-etch dentin adezivlere ve rezin tip siman patlara bağlanabildiği söylenmektedir (40, 64).

### **2.1.1.1.3 Rezin Kaplı Güta Perka**

Son günlerde, kor materyali ve rezin pat arasında bağlanmayı sağlamak amacı ile geleneksel güta perkanın rezinle kaplandığı farklı bir strateji geliştirilmiştir. Bu

stratejide, ilk olarak diizosiyanat'ın izosiyanat gruplarından biriyle hidroksil sonlanmış polibutadin'in hidroksil ucunun hidroksil grubu (bu hidrofilik polizopren'e bağlanabilir) (65) reaksiyona girmiş ve bundan sonra hidrofilik metakrilat fonksiyonel grubu, diizosiyanat'ın diğer izosiyanat grubuna yerleştirilerek farklı bir rezin yaratılmıştır (66). Gütta perka bu rezin ile kaplanmaktadır. Resin kaplı gütta perka konlarının son günlerde modifiye edilmiş hidrofilik, metakrilat esaslı dual sertleşen resin pat (EndoREZ, Ultradent, Sout Jordan, UT) ile kullanılması önerilmektedir (67). Ancak yapılan bir çalışmada patın polimerizasyonu esnasında gelişen polimerizasyon büzülmesinin resin ile kaplanmış gütta-perka ve resin pat arasında boşluk yarattığı gösterilmiştir (68). Gütta perkanın polizopren içeriği ile resin kaplama molekülünün polibutadin ucu arasındaki kimyasal bağ, molekülün metakrilat ucu ile resin pat arasındaki bağlanmadan daha güçlüdür. Gütta perkanın kaplanması esnasında oluşan oksijen inhibisyon tabakası gütta perka konlarının saklanma aşamasında birbirlerine yapışmalarını için uzaklaştırılmaktadır (66). Bu durumun resin kaplı gütta perka ve resin pat arasındaki zayıf bağlanmadan sorumlu olabileceği bildirilmiştir (68).

### 2.1.1.2 Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanal dolgusunda endodontik patlar önemli bir rol oynarlar; kayganlaştırma etkileri ile ana gütta perkanın yerleşmesine yardım eder, gütta perka ile kanal duvarı arasında yapıştırıcı ajan görevi görür ve ana dolgu maddesinin ulaşamadığı anatomik boşlukları doldururlar. Kök kanal patları, kanal sisteminin doldurulmasında sadece ek materyal olarak kullanılsa da, kök kanal tedavisinin prognozunu etkilediği gösterilmiştir (69,70). Kök kanal patının ideal özellikleri; uygulanmasının kolay olması, apekse kadar boşluk bulunmayan dolgu yaratması, daimi biyouyumlu örtücülük sağlaması ve gerektiğinde kolaylıkla uzaklaştırılabilmesidir. Ayrıca, doku sıvılarının geçişine izin vermemeli, diş dokularını boyamamalı ve radyoopak olmalıdır (71). İyi bir pat hem dentine hem de kor materyaline sıkıca bağlanmalıdır. Kanal dolgusunu birarada tutabilmek için patın koheziv dayanımının olması gerekmektedir (8).

Günümüzde çok sayıda farklı kök kanal patı mevcuttur. Bunlar arasında en yaygın olanları çinko oksit ojenol, kalsiyum hidroksit, silikon, cam iyonomer ve rezin esaslı olanlardır (72).

#### **2.1.1.2.1 Cam İyonomer Esaslı Patlar**

1976'ların başında Pitt-Ford endodontik cam iyonomerleri tavsiye etmiş ancak sertleşme zamanının çok hızlı olduğunu belirtmiştir (73). Temple Üniversitesinde 8 farklı Ketac siman formülasyonu uygulama kolaylığı, radyoopasite, dentin-pat arayüz adaptasyonu ve akıcılık açısından değerlendirilmiştir (74). Ray ve Seltzer bunlar arasından dentine en iyi bağlanan, en az hava kabarcığı bulunan, yüzey gerilimi en düşük ve akıcılığı en iyi olanı seçmiş ve Ketac-Endo Aplicap (3M/Espe; Minneapolis, Minn.) geliştirilmiş ve kök kırıklarına karşı direnci artıran bir endodontik pat olarak tanıtılmıştır. Trope ve Ray Ketac-Endo Aplicap'ın kökü güçlendirme potansiyelini rapor etmişlerdir (75). Cam iyonomer esaslı patlara diğer bir örnek Endion'dur.

Cam iyonomer simanlar biouyumludur (76,77), flor sularlar ve kök kanal dentinine fiziksel ve kimyasal olarak bağlanarak hermetik örtücülük sağlarlar (74,78-80). Cam iyonomer simanın dentine fiziksel yolla bağlanması dentin yüzeyindeki düzensizliklere mikromekanik kilitlemesi ile gerçekleşir. Kimyasal bağlanmada, cam iyonomer simanın poliakrilat iyonları hidroksiapatit kristalleri içindeki fosfat iyonlarının yerine geçer ve geri dönüşümsüz olarak dentine tutunur. Cam iyonomer patın formülüne göre kimyasal ve mekanik bağlanma oranları değişebilir (81). Cam iyonomer esaslı patlar güta perkaya da bağlanabilirler. Cam iyonomerin polikarboksilik asidi polikarboksilat simanlarda olduğu gibi güta perkanın çinko içeriği ile reaksiyona girebilir (82). Bir çalışmada Ketac-Endo dentine (0.74 MPa) güta perkaya (0.14 MPa) göre daha güçlü bağlanmıştır (50). Cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonu çok uzundur. Başlangıç sertleşme reaksiyonu 4 dakika içinde gerçekleşir fakat hızlı sertleşen tiplerde haftalarca, yavaş sertleşen tiplerde ise aylarca son sertliğe ulaşamaz (83). Bağlanma dayanımı zaman içinde artar ve dentinle kimyasal reaksiyonu güçlenir (84,85).

Ketac-Endo'nun üstün örtüleme özellikleri olduğunu gösteren çalışmalar (86-88) olduğu gibi çinko oksit ojenol esaslı patlardan daha fazla sızıntı gösterdiğini (89,90) veya farklılık olmadığını (91) rapor eden çalışmalar da mevcuttur. Rezin esaslı bir pat olan AH 26 bazı çalışmalarda Ketac-Endo'dan daha iyi apikal örtücülük göstermiş (92,93), fakat başka bir çalışmada iki materyal arasında fark bulunamamıştır (94,95). Ketac-Endo'nun, tek kon güta perka dolgu yöntemi ile etkili bir apikal tıkaç sağladığı gösterilmiştir (96,97)

Dentine bağlanma dayanımlarının değerlendirildiği bir çalışmada Ketac-Endo'nun kalsiyum hidroksit esaslı pattan daha yüksek bağlanma dayanım değeri gösterdiği bildirilmiştir (98). Ancak epoksi-rezin esaslı patlar cam iyonomer esaslı patlardan daha yüksek değerler göstermiştir (50,72,99). Cam iyonomer simanların sertleşme esnasında suya hassasiyetleri onların düşük bağlanma dayanımlarını açıklayabilir (100). Cam iyonomer esaslı simanlar sertleştikten sonraki dakikalar içinde %0.5-%1.5 büzülme gösterirler (101).

Ketac-Endo Aplicap hazırlanma işlemleri açısından diğer patlardan farklıdır. Kapsüller halinde satılmakta ve dış ortamla temasa geçmeden vibrasyon cihazı kullanılarak karıştırılmaktadır. Epoksi rezin ve cam iyonomer esaslı patların içindeki hava boşluklarının çapı 80 µm yi geçmemektedir. Oysa çinko oksit ojenol esaslı patlarda bu hava boşluklarının çapı 120-260 µm arasında değişmektedir (102).

#### **2.1.1.2.2 Rezin Esaslı Patlar**

Günümüzde kullanılan yeni patların çoğu rezin esaslı patlardır. İlk defa 1951 yılında çinko oksit ve sıvı B-Diketon içinde çözülmüş az miktarda plastiğin şelasyonu ile geliştirilmiş Diaket (3M/Espe; Minneapolis, Minn.) tanıtılmıştır. Diaket vinil polimerler içeren poliketon bileşimidir. Çok yapışkan bir materyaldir ve sertleşirken biraz büzülür fakat su emme ile bu büzülme dengelenmektedir (3).

AH-26 (Dentsply/Maillefer, Tulsa, Okla) bir epoksi rezindir. Bisfenol A-epoksi esaslı bir yapıştırıcıdır ve katalisti hekzametilen-tetramin'dir. Radyoopasite için %60 bizmut oksit içerir, radyoopasitesi güta perkaya yakındır (3,103). Epoksi-rezin esaslı patlar reaktif epoksit halkası ile karakterizedir ve bu halkanın kırılması ile polimerize



olurlar. Kimyasal sertleşme işlemi sonucu çok az miktarda formaldehit salınır ve bu başlangıçta pata antibakteryal özellik kazandırır. Ancak formaldehit salımı nedeniyle ilk karıştırıldığında yüksek oranda toksik olsa da 24 saat sonra endodontik patlar arasında en az toksisite gösteren pattır (8). AH 26 nemden etkilenmez, su varlığında bile sertleşir (3). AH26, TermaSeal (Dentsply/Tulsa; Tulsa, Okla) adıyla da satılmaktadır. AH26 ‘nın yüksek radyoopasite, düşük çözünürlük, çok az büzülme ve doku uyumu gibi avantajları ve formaldehit salımı, sertleşme zamanının uzun olması (24 saat) ve diş dokularını boyaması gibi dezavantajları da göz önüne alınarak AH Plus adıyla daha gelişmiş bir ürün tanıtılmıştır (Dentsply International). AH26’nın epoksi rezin yapısı korunmuş fakat yeni aminler eklenerek diş renginin korunması sağlanmıştır. AH Plus pat – pat sistemidir, çalışma zamanı 4 saate ve sertleşme zamanı 8 saate indirilmiştir. Film kalınlığı ve çözünmesi AH26’nın yarısı kadardır. AH Plus’ın, sitotoksik olmadığını (104), biyouyumlu ve iyi doku toleransına sahip olduğunu (105), uzun dönem boyutsal stabilitesini koruduğunu ve iyi tıkaçıcılık özelliğine sahip olduğunu (95,106) gösteren çalışmalar mevcuttur. AH Plus dünyada TermaSeal Plus (Dentsply/Tulsa; Tulsa, Okla.) adıyla da satılmaktadır. AH Plus’ın Fill Canal, Sealapex ve Ketac-Endo’dan daha az sızıntı gösterdiğini rapor eden çalışmalar mevcuttur (93,106,107). AH Plus ve AH26 karşılaştırıldığında AH Plus’ın daha fazla sızdırdığı bulunmuştur (95,108). Bu durum AH Plus’ın, büzülme stresi yaratan ve dentin duvarlarından erken ayrılmaya neden olan hızlı sertleşme zamanı ve silikon yağları gibi bazı bileşenlerinin materyalin örtüleme kabiliyetini etkilemesi ile açıklanmıştır (95). Resin esaslı patların dentin bonding ajanları ile birlikte kullanımının adezyonu iyileştireceği ve sızıntıyı azaltacağı düşünülerek yapılan çalışmalarda gerçekten de AH 26’nın dentine bağlanması bonding ajanları ile artırılmış (47) ve en iyi sonuçlar self-etch sistem olan Clearfill SE bond ile elde edilmiştir (109).

Birçok çalışmada epoksi-rezin esaslı pat dentine kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlardan daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir (98,99,110,111). Bu sonuç epoksi-rezin esaslı patın kolajende açığa çıkmış amino grupları ile reaksiyona girerek epoksit halkalar açıldığında resin ve kolajen arasında kovalent bağlar oluşturma özelliğinden kaynaklanabilir (50). Grossman patı, Apexit, Ketac-Endo, Roekoseal ve AH-Plus’ın karşılaştırıldığı bir çalışmada da AH-Plus en

yüksek bağlanma dayanımı değeri göstermiştir (72). AH 26 dentine 2.06 MPa, güta perkaya 2.93 MPa bağlanma dayanımı göstermiştir bu da rezinin her iki maddeyle reaksiyona girebildiğini kanıtlamaktadır (72). Patların dentin tübüllerine penetrasyonlarının değerlendirilmesinde penetrasyonun doldurma tekniği ile ilişkili olmadığı öncelikle dentin tübülünün geçirgenliğine ve patın kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olduğu belirtilmektedir (112,113). Rezin esaslı olmayan patlar tübül içinde tanecikli bir yapı göstermekte fakat epoksi rezin esaslı patlar yapısal bütünlük, homojenite ve tübül içinde sıkı bir örtüleme göstermektedir (114). Sızıntı veya artık mikroorganizmaların hapsedilmesi açısından tübül içinde homojen ve sıkı bir örtüleme belki de tübül penetrasyon derinliğinden daha önemlidir (115). Kök kanal patları için tavsiye edilen çözünürlük değerleri %3'tür (BS 6934 1988). Bir çalışmada AH Plus'ın çözünürlüğü %0.32 olarak bildirilmiş ve karşılaştırılan diğer çinkooksit ojenol, cam iyonomer ve kalsiyum hidroksit esaslı patlar arasında en yüksek film kalınlığına sahip olduğu gösterilmiştir (116).

Diğer bir rezin formulasyonu günümüzde dünyanın birçok bölgesinde kullanılan rezorsin-formaldehit tipidir (117). Fenol formaldehitin veya Bakalit rezinin bir değişik biçimidir. Bu pat çok güçlü bir antibakteriyeldir fakat büzülür ve çevre dış dokusuna kırmızı bir renk verir (russian red). Ana güta perka konuna gerek duyulmadan kullanımı tavsiye edildiğinden ve sertleştiğinde çok sert ve çözünmez olduğundan kanal dolgusunun sökülmesi çok zordur. Batı Avrupa'daki örnekleri Forfenan ve Traitement SPAD tır (118).

Güta perka ve epoksi-rezin esaslı kanal patlarının kullanımıyla ilgili tatmin edici klinik sonuçlar rapor edilmesine rağmen (45,50,95), endodontide metakrilat rezin esaslı patların kullanımına ilgi artmıştır (49,54,107). Genç daimi molar dişlerde çürük nedeniyle pulpası açılmış vakalarda total nekroz ve iltihap olmadığı durumlarda pulpa fiksativi ve dolgu maddesi olarak basit metil-metakrilat kullanımı da rapor edilmiştir. Büzülme, sertleşme esnasında zayıf biyouyumluluk ve su ile karışmaması bu tip materyallerin özelliklerindedir. Hidroksietil-metakrilat (Hydron) kullanımı bir heyecan uyandırmış ancak vaka raporları, klinik deneyimler ve biyouyumluluk özellikleri (119) bu materyalin dolgu maddesi olarak kullanımı coşkusuyla çabucak kırmıştır (118).

EndoREZ (Ultradent, Sout Jordan, UT), ürean dimetakrilat (UDMA) esaslı dual sertleşen bir rezin pattr (120). Hidrofilik özellikleri sayesinde nem varlığında daha iyi performans gösterdiği varsayılmaktadır. Günümüzde EndoREZ, rezin kaplı güta perka konları ile satışa sunulmuştur (68). Bu konların doğrudan pata bağlandığı ve daha iyi adezyon ve tüm dolguda daha iyi bir örtücülük sağladığı söylenmektedir (68,121,122). EndoRez'in sızdırmazlığının değerlendirildiği bir çalışmada AH Plus hidrofilik-ürean metakrilat esaslı pattan daha üstün örtücülük sağlamıştır (123).

Günümüzde Resilon ve birlikte kullanılan metakrilat esaslı pat dolgu sistemleri piyasada Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, USA), RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, USA), SimpliFill (Lightspeed, San Antonio, TX, USA) ve Next™ (Heraeus-Kulzer, Armonk, NY) isimleri ile yer almaktadır. Epiphany kök kanal patı (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, USA) asidik ortamda en uygun oto-polimerizasyon imkânı tanıyan yeni bir redoks katalisti (124) içeren dual sertleşen rezin esaslı kompozit pattr (125, 126). Resin matris bisfenol-A diglisidil metakrilat (Bis GMA), etoksilated Bis GMA, ürean dimetakrilat, hidrofilik difonksiyonel metakrilatların karışımıdır (64). Doldurucu olarak silan ile muamele edilmiş baryum borosilikat camlar, baryum sulfat, silika, kalsiyum hidroksit ayrıca aminle birlikte bizmut oksiklorit, peroksit, ışık inisiyatörleri, stabilizatörler ve pigment içerir (64). Pattaki toplam doldurucu içeriği ağırlıkça %70'dir (127). Epiphany primer (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, USA) self-etch bir primerdir ve fonksiyonel monomerde sonlanan sülfonik asit, HEMA, su ve polimerizasyon inisiyatörü içerir (40).

Uygulamada şekillendirme sonrası kök kanalları arta kalan sodyum hipokloriti uzaklaştırmak için %17 EDTA ve serum fizyolojik veya klorheksidin ile yıkanmalı ve kağıt kon ile kurutulmalıdır. Kök kanalının biyomekanik preperasyonunda; lubrikasyon, mikropların parçalanması, dokuların bozulması, kollajen tabakanın uzaklaştırılması ve dentinin dehidratasyonu için sodyum hipoklorit kullanılmaktadır (128). Ancak, sodyum hipokloritin endodontik tedaviden sonra kompozit rezinlerin dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilediği gösterilmiştir (129). Artık kimyasal irriganlar dentin ve dentin tübüllerine diffüzyonla yüzeyi kontamine edebilir ve rezinin dentin yapısına penetrasyonunu veya monomerlerin polimerizasyonunu etkileyebilirler (130). NaOCl'nin uzaklaştırılması için son yıkamada %17 lik EDTA

kullanılmaktadır. Ardından dentin duvarlarına Epiphany primer uygulanır. Dentinin bu kimyasal ajanlarla işlem görmesi rezin dolgunun dentin duvarından uzaklaşarak büzülmesini engelleyebilir ve kanalların tıkanmasına yardımcı olur (131). Kök kanallarına primer pipet, şırınga veya primer emdirilmiş kağıt kon ile uygulanır. Fazla primer kağıt konlar ile uzaklaştırılır ve dentin yüzeyleri primer ile ıslatılmış olarak bırakılır. Artık çözücü 5 s süre ile hafif basınçlı hava spreyi ile uzaklaştırılır. Pat kanala ana kon yardımı ile veya apeksden 3 mm uzağa yerleştirilmiş ve 300 devir/dak dan daha az hızla dönen lentülo ile gönderilir. Kanal daha sonra tercih edilen bir teknik kullanılarak Resilon kor materyali ile doldurulur (127). Resilon kanal dolgusu tamamlandıktan sonra kuronal yüzey 40 s süre ile ışıkla sertleştirilerek hızlı kuronal örtücülük yaratılır. Daha derindeki rezin pat devam eden 30-60 dakikada kimyasal olarak sertleşir.

Bu kök kanal dolgu sisteminde metakrilat rezin patın primer yoluyla dentine ve patın kimyasal uyumu ile kor maddesine etkin bir şekilde bağlanabildiği iddia edilmektedir (40,64,131). Diş rengindeki restoratif materyaller gibi Resilon teknolojisi de bağlanmayı hibridizasyon\* ile gerçekleştirir. Bu sayede kök kanal dolgusu ‘monoblok’ etkisi yaratır, kor materyali, pat ve dentin tübülleri tek bir katı yapı haline gelir. *In vitro* ve *in vivo* çalışmalar bu materyal hakkında etkileyici sonuçlar göstermektedir (40,118,132). Araştırmacılar polikaprolakton esaslı yeni dolgu maddesi Resilon’un kanalları iyi örtülediğini (40,133) ve aynı zamanda kök kırığına karşı dentini güta perka ve konvansiyonel patlarla kanal dolgusu yapılmış dişlere oranla daha fazla güçlendirdiğini (64) iddia etmektedirler.

Dentinin elastik modülü 16.000 MPa civarındadır (134). Güta perka kökü güçlendiremez çünkü dentine bağlanmaz ve elastik modülü sadece 77 MPa dır. Resilon’un dentine bağlandığı iddia edilmektedir ancak bağlanma dayanımı 0.5-2 MPa’dır (132,135). MOD kavite preparasyonlarının güçlendirilmesinde kullanılan posterior kompozitlerin bağlanma dayanımlarından (12-16,000 MPa) çok daha düşüktür. Teorik olarak Resilon gibi elastomerik materyallerin endodontik tedavili dişleri güçlendirmesi beklenmez. Fakat, Teixeira (64) Resilonla doldurulmuş grubun doldurulmamış kontrol grubundan daha yüksek, güta perka ile doldurulmuş grubun

---

\* Molekülün geometrisini etkileyen yeni bir yörünge yaratmak için atomik yörüngelerin karışmasıdır.

doldurulmamış gruptan daha düşük kırılma direnci değerleri gösterdiğini rapor etmiştir ancak kontrol grubu ile farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Polimerlerin camsı duruma geçiş sıcaklığı ( $T_G$ ) olarak bilinen kendilerine has bir özellikleri vardır. Her polimerin sert ve kırılğan mı veya yumuşak ve esnek mi olacağını belirleyen belirli bir sıcaklık derecesi vardır. Eğer polimer  $T_G$  sinin altında soğutulursa cam gibi sert ve kırılğan olur. Bu cam hali olarak adlandırılır. Eğer  $T_G$  sinin üzerinde ısıtılırsa elastomer gibi yumuşar, esnek hale gelir ve bu lastik hali olarak adlandırılır. Herhangi bir polimerin sıcaklık derecesi  $T_G$  sinin altına düşerse polimer yumuşak ve bükülebilir halden sert ve kırılğan hale geçer ve cam geçişi gerçekleşir (136). Vücut ısısının altında  $T_G$  ye sahip elastomerik polimerler dentini güçlendiremezler. Çünkü bu sıcaklıkta fiziksel özellikleri cama değil lastiğe benzer ve strese direnç gösteremezler akarlar veya uzarlar. Resilon ve güta perkanın koheziv dayanımlarının ve elastik modüllerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Resilon ve güta perkanın elastik modülleri sırasıyla 129 MPa ve 77 MPa, eğilmeye gösterdikleri dirençler ise 8 MPa ve 6 MPa olarak rapor edilmiştir. Her iki materyalin de fiziksel özelliklerinin benzer olduğu ve endodontik tedavili bir dişi güçlendirebilecek değerlere ulaşmadığı bildirilmiştir (137).

Resilon/Epiphany sisteminin örtücülüğünün güta perka ve AH Plus kullanılarak yapılan kanal dolguları ile karşılaştırılan çalışmalarda kuronal sızıntı (40,131,138) ve apikal sızıntı dikkate alındığında Resilon /Epiphany sistemi daha başarılı iken (139) başka bir çalışmada her iki grup arasında fark bulunamamıştır (62). Güta perkanın epoksi rezin esaslı patlara bağlanmadığı ve SEM analizinde rezin patın dentin tübüllerinde rezin tıkaçları meydana getirerek dentine bağlandığı ancak güta perka ile aralarında boşluk oluştuğu ve yine dolgu maddesi ile kanal duvarı arasında boşlukların varlığı tarif edilmiştir. Bu boşluklar güta perka ve AH 26 ile doldurulan örneklerdeki yüksek sızıntı değerlerini açıklamaktadır (40). Hem kuronal hem de apikal sızıntıyı sıvı filtrasyon testi ile değerlendiren bir çalışmada ise Resilon/Epiphany sisteminin sıvı hareketine daha dirençli olduğu ve daha iyi bir örtücülük sağladığı (140,141), başka bir çalışmada Resilon/Epiphany sisteminin güta perka ve AH Plus ile yapılan konvansiyonel kanal dolgusundan daha üstün olmadığı ve güta perkanın Epiphany patı ile kullanıldığı gruplarda en iyi örtücülüğün sağlandığı bildirilmiştir (142). Resilon/Epiphany sisteminin Güta perka ve Roth patı

kullanılarak yapılmış dolgularla sızıntılarının 90 günlük test periyodunda karşılaştırıldığı çalışmada daha üstün olmadığı bildirilmiştir (143). Apikal 4 mm lik kanal dolgu sızıntısının glikoz penetrasyon yöntemi ile değerlendirildiği bir çalışmada 2 aylık test periyodu boyunca Resilon/Epiphany sisteminin güta perka/AH 26'ya göre daha fazla sızıntı gösterdiği bildirilmiştir (144). Güta perka ve Roth Root Canal Cement ve Resilon/Epiphany sisteminin hem lateral kompaksiyon hem de Sistem B ile doldurulduğu gruplarda doldurma yönteminin örtülemeyi etkilemediği bildirilmiştir. Ayrıca örtüleme kapasitesi açısından iki materyalin benzer özellikler gösterdiği vurgulanmıştır (145).

Resilon'un soğuk lateral kompaksiyonu ve yumuşatılmış Resilon'un vertikal kompaksiyonunun bakteri penetrasyonuna direnç göstermede aynı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (40).

Apikal örtücülüğün kalitesinin SEM ve TEM analizleri ile değerlendirildiği bir çalışmada Resilon ve Epiphany patı arasında güta perka ve AH Plus patı aksine mükemmel bağlanma gösterilmiştir (62). Pat dentin ara yüzünde ise zayıf bağlantı gözlenmiştir. Bu durum self-etch primerin kanalların apikal kısmına ulaştırılmamasına ve yüksek kavite konfigürasyon faktörünün kök kanal duvarı boyunca rezin esaslı materyallerin yarattığı polimerizasyon stresine katkıda bulunmasına bağlanmıştır (146). Yine Epiphany patının polimerizasyonu, devamlı dalga sıcak vertikal kompaksiyon sırasında yaratılan ısı ile hızlanabilir ve bu durum yavaş akıcılıkla polimerizasyon stresinin rahatlatılmasını engeller. Üreticinin tavsiyesine göre kuralon örtücülüğün sağlanması için kuralon dolgunun acilen ışıkla sertleştirilmesi de stresin rahatlatılması için rezin patın akıcılığını engeller (147). Bunun yanı sıra, kompaksiyon esnasında kısmen polimerize olmuş patın maniplasyonu self etch primer ve kök dentini arasında gelişen bağları bozabilir. Polikaprolakton esaslı kanal dolgu maddesi ve metakrilat esaslı pat ile sağlanan apikal örtücülüğün kalitesinin güta perka ve konvansiyonel epoksi rezin pattan üstün olmadığı gösterilmiştir (62).

Mikroshear testi kullanılarak Resilon ve metakrilat rezin esaslı patın adezyonunun değerlendirildiği çalışmalarda (135,148) metakrilat esaslı patın Resilon'a kimyasal bağlanmasının çok zayıf olduğu iddia edilmektedir. Karşılıklı

olarak birbiri ile karışmayan monomerlerle hazırlanan polimer karışımlarında genellikle komponentlerin faz ayrılması görülmektedir (149). Resilon içerisindeki major komponent olan polikaprolaktonun minor polimerik komponent olan dimetakrilata oranı ortalama 10:1 dir (150), faz ayrılması devamlı polikaprolakton faz içinde emülsiyon dimetakrilat fazını gösterebilir. Resilon içine katılmış dimetakrilat miktarının metakrilat esaslı patlarla etkili kimyasal bağ kurmak için yeterli olmadığı bildirilmiştir (148). Metakrilat esaslı rezinlerin polimerizasyonu ile ilişkili büzülme stresi, düşük dolduruculu, düşük yoğunluğa sahip rezin simalarda ve kök kanal patlarında, yüksek dolduruculu rezin kompozitlere oranla daha yüksektir (151,152). Endodontik bağlanmada en önemli problem, derin, dar kanallarda büzülme stresinin rahatlamasının olmamasıdır (153,154). Rezinin akması (rezin flow) ile stresin rahatlaması kavite geometrisine ve rezin film kalınlığına bağlıdır (155-157). Bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı konfigürasyon faktörü (C-faktörü) dür. Polimerizasyon esnasında bağlanmayan yüzeyin akması ve hareket etmesiyle (move and flow) büzülme stresi azalır. Bununla birlikte, ince uzun kanallarda olduğu gibi, bağlanmayan yüzey alanı küçük ise, akıcılıkla stresin azaltılması yetersizdir ve büyük ihtimalle bir veya daha fazla bağlanan alan çekerek ayrılacak (pull off) veya bağlanmayacaktır. Post için hazırlanan boşluklarda C-faktörünün 200 ü geçtiği ve kron içi restorasyonlarda bu değer 1-5 arasında olduğu rapor edilmiştir (146,158). Bu nedenle zayıf Resilon-pat bağının rezin patın sertleşmesi esnasında meydana gelen polimerizasyon büzülme stresine dayanabilmesi şüphelidir. Bu konu dual sertleşen patların kullanımında önemlidir çünkü hızlı kuronal örtücülüğün sağlanması için patın kanal ağzından ışıkla sertleştirilmesi, rezinin akıcılığı ile elde edilecek stresin azaltılmasını engelleyecektir (154).

Polikaprolakton içine dimetakrilat ilavesi dolgu maddesi ile pat arasında kimyasal bağlanmayı sağlayan tek yol değildir. Alternatif bir strateji polibutadin-diizosiyonat-metakrilat rezin ile kaplanmış güta perka konlarının kullanılmasıdır (68). Bu yöntem inert bir materyal olan güta perkanın kullanılması açısından daha değerlidir çünkü Resilon içinde kullanılan polikaprolakton içeriği bakteriyel enzimlerle parçalanabilmektedir (148,159).

Kök kanal dolgusu ile dentin arasındaki bağlanma dayanımının push-out testi ile değerlendirildiği bir çalışmada Resilon/Epiphany sistemi ile elde edilen bağlanma dayanımının güta perka ve konvansiyonel epoksi rezin pat ile sağlanandan daha üstün olmadığı bildirilmiştir (132). Aynı çalışmada güta perka örneklerinden farklı olarak, Resilon'la doldurulmuş kök kanallarında bağlanmada başarısızlık daha çok pat-dentin ara yüzünde görülmüştür. Bu durum smear tabakasının varlığına veya adezivlerin dentin tübüllerine penetre olamamasına bağlanmıştır. Resin patın düzenli olmayan dağılımı veya rezin patın polimerizasyon büzülmesi ile yarattığı boşlukların varlığı nedeniyle Resilon dentin ile direkt temasa geçmekte ve stres artırıcılar oluşmaktadır. Epiphany patı kök kanalının apikal ve orta üçlüsünde kendiliğinden sertleşmeye bırakıldığında nispeten yavaş polimerize olmaktadır (ortalama 25 dak) fakat polimerizasyon hızı sıcak vertikal kompaksiyon ve Obtura ile yapılan dolgular esnasında oluşturulan ısı ile hızlanabilir (160). Yine yüksek C faktörü nedeni ile de polimerizasyon büzülmesi streslerinin rahatlatılması için koşullar özellikle de üreticinin talimatına göre Epiphany patının kuronal kısmının hızlı kuronal örtücülüğü sağlamak için ışıkla sertleştirildiği durumlarda kötüdür (132,154). Yine bu çalışmada Resilon ve Epiphany patı arasında adezyon kaybının olması şaşırtıcı bulunmuş ve bu durum Resilon matriks içeriğindeki dimetakrilatların düşük yoğunlukta bulunmasına ve iyi polimerize edilmiş Resilon materyali içinde Epiphany patı ile etkili birleşme için serbest radikallerin olmamasına (161) bağlanmıştır (132). Resilon/Epiphany sisteminin ve güta perka ve çinkooksit ojenol esaslı bir patın kök dentinine bağlanma dayanımlarının push out yöntemi ile karşılaştırıldığı bir başka çalışmada (162) Resilon/Epiphany sistemi üstün bulunmuştur. Bu çalışmada acil kuronal örtüleme için rezin patın ışıkla sertleştirilmediği ve bu durumun patın polimerizasyon stresinin azaltılmasında önemli olduğu vurgulanmıştır ve diğer çalışmalarla (132) farklılığın buradan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Ancak tarama elektron mikroskop (SEM) analizleri smear tabakasının tam olarak uzaklaştırılmasına rağmen Resilon/Epiphany sisteminde boşluk oluşmaksızın tam bir monoblok sağlanamadığını göstermektedir (162).

Epiphany kanal patının biyoyumluluğunun değerlendirildiği çalışmalarda bu patla doldurulan örneklerde daha az apikal periodontitis oluşumu bildirilmiştir (131,163). Bazı otörler bu sonuçları daha önceki bir çalışmada gösterilen (133)



Epiphany'nin kural sızıntıya karşı gösterdiği üstün dirence bağlamıştır. Ancak Epiphany'nin çözünürlüğünün test edildiği bir çalışmada (164) sonuçlar ANSI/ADA spesifikasyon 57'de belirtilenden fazla çıkmıştır (165) ve aşırı kalsiyum salımı gösterilmiştir (41.46 mg/L). Yüksek kalsiyum salımı klinik olarak Epiphany ile doldurulan kanallarda (131,163) neden daha az apikal periodontitis görüldüğünü açıklamaktadır. Kalsiyum iyon salınımı ortamın daha alkaline pH'a sahip olmasına ve tamir sürecinin hızlanmasına neden olur (166). Resilonun mutajenik olmadığı bildirilmiştir. Epiphany patı, deri sensitizasyon Kligman maksimizasyon testi ile değerlendirilmiş ve derecelendirilmiş, seviye 1 reaksiyonu oluşturmuş ve anlamlı bulunmamıştır (167).

Resilon kor maddesi ve Epiphany kanal patının sitotoksitesinin dişeti fibroblastları üzerinde değerlendirildiği çalışmada resilon ve güta perkanın benzer sitotoksite gösterdikleri ve her ikisinin de biyouyumlu olarak değerlendirildiği bildirilmiştir. Ancak Epiphany kanal patının sitotoksitesi yüksek bulunmuştur (168). Resilon/Epiphany ve güta perka Roekoseal ve Sealite kombinasyonlarının sitotoksitesinin değerlendirildiği bir başka çalışma sonucuna göre 2 gün boyunca Resilon/Epiphany'nin diğer dolgu maddelerinden daha sitotoksik olduğu bildirilmiştir. 2 günden sonra diğer dolgu maddeleri ile benzer sonuçlar göstermektedir. Başlangıçtaki geçici sitotoksite rezin esaslı bir pat olan Epiphany'e bağlanmıştır (169).

Güta perkanın oldukça inert bir materyal olduğu bilinmektedir (170). Ancak çoğu alifatik polyesterler, enzimler ve alkalilerle semikristal polimerlerin amorf bölgelerinden başlayan yüzeysel veya hacimsel erozyon yoluyla hidrolize olurlar. Bakteriler, maya ve mantarlar tarafından salınan lipazlar gibi hidrolizler polikaprolaktonların ester bağlarını bölerler (171,172) ve parçalanma ürünleri mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılır (173).

Real Seal (Sybron Endo, Glendora, CA) diğer patlarla birlikte sertleşme zamanlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada aerobik ortamda Resilon patının tam olarak sertleşmediği bildirilmiştir (174). Bu çalışmada anaerobik koşullar kapalı kök kanal sistemini, aerobik koşullar ise kanal ağzını ve periradiküler dokuları taklit etmektedir. Oksijen, rezinlerin yüzeyinde bir inhibisyon tabakası yaratarak serbest

radikallerin polimerizasyonunu engeller. Resilon patı anaerobik ortamda tamamen sertleşmektedir. (175,176). Periapikal dokulardaki oksijen, taşkın Resilon patının sertleşmesini engelleyebilir ve sitotoksisite oluşabilir (177,178). Eğer pat kanal dışına taşmamış ise kanal ağzlarından hemen ışıkla sertleştirilerek oksijen teması engellenebilir (174).

### **2.1.2 Kanal Dolgu Yöntemleri**

Kök kanallarının doldurulmasında yıllardır sayısız teknik ve materyal geliştirilmektedir. Günümüzde kök kanallarının çoğu güta perka ve patlarla doldurulmaktadır. Yöntemler kompaksiyonun yönü (lateral veya vertikal) ve/veya güta perkanın ısısına, soğuk veya sıcak (plastize) olmasına göre değişmektedir. İki temel işlem vardır: soğuk güta perkanın lateral kompaksiyonu veya ısıtılmış güta perkanın vertikal kompaksiyonu. Diğer yöntemler ısıtılmış güta perkanın varyasyonları şeklindedir. Genel olarak; soğuk güta perkanın lateral kompaksiyonu, soğuk güta perkanın kimyasal olarak yumuşatılması, sıcak güta perkanın vertikal kompaksiyonu, devamlı ısıyla dolgu yöntemi (Sistem B), sıcak güta perkanın lateral/vertikal kompaksiyonu, güta perkanın termomekanik kompaksiyonu, termoplastik enjeksiyon teknikleri, taşıyıcı esaslı güta perka sistemleri olarak sınıflandırılabilir (3).

#### **2.1.2.1 Soğuk Güta Perkanın Lateral Kompaksiyonu**

Soğuk güta perkanın lateral kompaksiyonu okullarda en fazla öğretilen ve hekimler tarafından en sık kullanılan yöntemdir ve diğer yöntemlerin değerlendirilmesinde standart olarak kullanılmaktadır (179,180). Lateral kompaksiyon tekniği ancak kanal preparasyonun bu teknik için uygun olarak yapıldığı durumlarda tercih edilebilir. Kanalın son şekli apikal alanda paralel ve kuronale doğru artan açı ile hazırlanmış olmalıdır. Spreader çalışma boyundan 1-2 mm uzağa kadar yerleşebilmeli ve apikal stop yaratılmış olmalıdır ve aksesuar konlar spreader çapından daha küçük seçilmelidir. Bu ölçütlere uygun bir şekilde

hazırlanamayan kanallar için lateral kompaksiyon tekniği tercih edilecek yöntem olamaz.

Bu yöntemde ilk olarak kanal duvarlarını kaplayacak pat yerleştirilir, daha sonra çalışma boyunca ölçülmüş ana kon yerleştirilir ve aksesuar konlara yer açabilmek için spreader yardımı ile laterale kompakte edilir. Koheziv bir dolgu elde etmek için aksesuar konlar da pata bulanarak kanala yerleştirilir. Spreader servikal çizgiden daha derine penetre olamıyorsa dolgu tamamlanmış demektir. Dolgu tamamlandıktan sonra kanal ağzından sıcak bir aletle konlar kesilir ve kural sızıntı için daha etkin bir örtüleme için vertikal kompaksiyon büyük bir pluggerla yapılır (181). Yöntem doğru şekilde uygulanırsa katı kanal dolgusu hazırlanmış kanal boşluğunun şeklini taklit edebilir. Ana kon seçiminde ISO veya standart olmayan konlar arasında nasıl bir tercih yapılması gerektiği ile ilgili kesin bir kanıt bulunmamaktadır. Laboratuvar çalışmaları ISO ana konların spreaderlerin daha derine penetrasyonuna izin verdiğini ve daha fazla sayıda aksesuar kon yerleştirilebildiğini göstermiştir ancak, bu mikrobiyal sızıntıya karşı daha üstün bir örtücülük sağlandığı anlamına gelmez (182,183). Bu yöntemde kullanılırken hangi patın soğuk lateral kompaksiyon tekniğinde daha etkili olduğu bilinmemektedir fakat klinik uygulamalar pat seçiminin tedavinin sonucu hakkında kesin bir etkisi olmadığını göstermektedir (184,185). Ancak yavaş sertleşen bir pat genellikle tercih edilmektedir çünkü aksesuar konlar için yeterli kayganlaştırmaya ve ara radyografide boşluklar gözleniyorsa bunların yeniden doldurulmasına olanak verir. *In vitro* çalışmalar patın lentülo, ince enjeksiyon iğnesi veya ultrasonik eğeler yardımı ile gönderilmesinin dentin duvarının tamamen kaplanmasında en etkili yollar olduğunu göstermiştir (186, 187).

Bazı çalışmalarda diğer yöntemlerden daha iyi olduğu (133,188,189), diğer bazı çalışmalarda ise yeterli olmadığı bildirilmektedir (190-192).

### **2.1.2.2 Devamlı Isıyla Dolgu Yöntemi (Sistem B)**

Sıcak güta perkanın vertikal kompaksiyonu çok sayıda basamağı içerdiğinden ve zaman alıcı olduğundan bu tekniği basitleştirmek amacıyla Buchanan tekniğinin

genel prensiplerine bağılı kalarak yöntemi geliştirip modifiye etmiştir. Isı taşıyıcı pluggerların ucundaki ısıyı moniterize edebilen ve sınırsız süreyle doğru miktarda ısıyı sağlayan System-B ısı (SybronEndo/Analytic; Irvine, Calif) kaynağı ve uç çapları 0.5 mm olan .06, .08, .10 ve .12 tepe açılı paslanmaz çelik pluggerları geliştirmiştir (193). Nikel titanyum döner aletlerin kullanımının artması ile bu daha büyük tepe açılı enstrümanlar ile uyumlu standart olmayan güta perka konları (ince, ince-orta, orta ve orta-kalın) geliştirilmiştir (SybronEndo/Analytic; Irvine, Calif, ABD). .06 tepe açılı plugger ince, .08 tepe açılı plugger ince-orta, .10 tepe açılı plugger orta ve .12 tepe açılı plugger orta-kalın konvansiyonel güta perka konları ile uyumludur (8).

Elektrikli ısı kaynağı ünitesi farklı derecelerde ısı ayarlarına sahiptir. Sistem B cihazı için tavsiye edilen ısı ayarı  $200^{\circ}$  C'dir. Birçok çalışma kontrolsüz ısı kaynaklarının kök kanalı içinde kullanılmasının periodonsiyum üzerinde kötü etkilerini göstermektedir. Normal vücut ısısından  $10^{\circ}$  C'lik daha fazla bir ısı artışı periodontal dokuların kötü etkileneceği kritik bir seviyedir (36,194,195). Yapılan çalışmalarda Sistem B ısı kaynağı hangi ısı ayarı veya hangi uç konfigürasyonu ile kullanılırsa kullanılsın kök yüzeyindeki ısı artışının kritik  $10^{\circ}$  C'yi geçmediği bildirilmiştir (196,197). Ancak başka bir çalışmada  $250^{\circ}$  C den daha yüksek ısı ayarlarında kullanımın tehlikeli olduğu gösterilmiştir (198). Touch'n Heat ve Sistem B ünitlerinin üreticinin iddia ettiği ayarlardaki ısıya ulaşmada başarısız oldukları ve Sistem B ünitesinin  $\pm 10^{\circ}$  C doğrulukta çalıştığı rapor edilmiştir (193). Ayrıca  $200^{\circ}$  C üzerindeki ısı ayarlarında orta-kalın plugger ucundaki ısının ekran üzerinde okunan ısıdan  $50^{\circ}$  C daha düşük olduğu gösterilmiştir. (199)

Kanal preparasyon şekli ile uyumlu ana kon seçilerek çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde uygunluğu kontrol edilir (193). Ana kon çıkarılır ve plugger çalışma boyundan 5-7 mm kısa uzunlukta sıkıştığı noktada işaretlenir. Bu sıkışma noktasından itibaren güta perka üzerine uygulanan hidrolik kuvvetler azalmaya başlayacak, kök üzerine uygulanan kuvvet artacaktır (8). Isıtılmış pluggerın çalışma boyundaki derinliği ile dolgunun kalitesi ve kanal düzensizliklerinin doldurulması arasında bir ilişki bulunmaktadır (200,201,202). Isının artırılması dolgunun etkinliğini artırmamaktadır (201). Ana kon pata bulanarak yerleştirilir. Isı kaynağı 'kullan (use)' ve 'dokun (touch)' moda getirilir ve ısı  $200^{\circ}$  C'ye ayarlanır. Güç

kadranı 10'a getirilir. Ana kon kanal ağzından ısıtılmış plugger ile kesilir. Plugger güta perka üzerine hafif apikal basınç uygulayarak 1-2 saniye süre içinde sıkışma noktasının 3-4 mm sine kadar ilerletilir. Isı inaktive edilerek apikal basınç 5-10 saniye süre ile uygulanarak güta perkanın apikal matrikse ve aksesuar kanallar içine akması sağlanır ve güta perkanın soğurken göstereceği büzülme kompanse edilir. Güta perka kütlesi soğuduktan sonra 1 saniyelik ısı uygulaması ile plugger güta perkadan ayrılır ve soğuk plugger kanaldan hızlıca uzaklaştırılır. Kalan boşluk termoplastik enjeksiyon tekniği (Obtura II veya Ultrafil 3D (Colene/Whaldent, Inc.) veya pata bulanmış aksesuar konun 100°C ye ayarlanmış plugger ile kısa ısı ve vertikal basınç uygulamalarıyla ile doldurulabilir (3).

Sistem B daha fazla oranda güta perka içeren dolgu oluşturması açısından (199) ve benzer apikal örtücülük (203) açısından vertikal kompaksiyon ile karşılaştırılabilir sonuçlar vermektedir. Ancak kanal dolgusunun kalitesi (204) ve radyografik boşluk bulunma oranları (205) açısından Sistem B ve lateral kompaksiyon teknikleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır (206). Yapılan bir çalışmada Sistem B ile gerçekleştirilen kanal dolgularının %90> güta perka içerdiği bildirilmiştir (199). Yapılan başka bir çalışmada ise lateral kompaksiyon tekniği ile doldurulan örneklerde toplam güta perka oranının sistem B ile doldurulan örneklerden az olduğu ancak apikal 2 ve 3 mm lik uzaklıklarda farklılığın anlamlı olmadığı bildirilmiştir (207). Kanal dolgularının sızıntılarının karşılaştırıldığı çalışmada lateral kompaksiyonla doldurulan kanallar, Sistem B/Obtura II ile doldurulan kanallara oranla daha erken zamanda sızıntı göstermişlerdir (204).

### **2.1.2.3 Termoplastik Enjeksiyon Teknikleri**

Güta perkanın kanal dışında ısıtılarak kanal içine enjekte edilmesi termoplastik tekniklerin bir varyasyonudur. İlk olarak 1977 yılında güta perkayı 160°C ye ısıtarak enjekte edebilen bir basınç şırıngası geliştirilmiştir (208). Günümüzde bu cihaz geliştirilerek sıcaklığın 160°C - 200°C arasında dijital olarak ayarlanabildiği ve 20 gauge (60# eğe ile eşit boyutta) veya 23 gauge (40# eğe ile eşit boyutta) iğnelerle

kullanılan Obtura II ısıtılmış güta perka sistemi (Obtura-Spartan Corp., Fulton;Mo.) geliştirilmiştir (209).Halen beta-faz güta perkalar kullanılmasına rağmen, Easy Flow (Charles B. Schwed Co.; Kew Gardens, N.Y.) olarak bilinen daha az visköz, yüksek akıcılıkta güta perka formları da kullanılabilir. Kanal devamlı artan koniklikte prepare edilmeli ve apikal matriks korunmalıdır. Bu yapı dolgu maddesinin periapexse ekstrüzyonunu engelleyecektir (210). Obtura II sistemi, içine güta perka peletlerinin konulduğu ısıtıcı elemanı barındıran tabanca ve buna bağlanan gümüş iğneleri içerir. Cihaz ilk geliştirildiğinde güta perka tabancasının tüm kanalı dolduracağı ümit edilmiştir, ancak pat kullanımının ve kompaksiyon uygulamasının gerekliliği açıktır. Pat, dentin ve güta perka arasındaki mikroskopik arayüzü doldurur ve lubrikant olarak görev alır. Güta perka lateral ve vertikal yönde kompakte edilerek boşlukların kapatılması ve güta perkanın soğuması esnasında gelişen büzülme kompanse edilmeye çalışılır. Kanal dolgusuna başlamadan önce enjeksiyon iğnelerinin ve pluggerların boyutu kanal içinde denenmelidir. Üretici firma iğnenin apeksten 3,5-5 mm uzaklığa sıkışmadan ulaşmasını tavsiye etmesine rağmen iyi hazırlanmış bir kanalda iğne kanal ağzı ile apeks arasındaki uzaklığın yarısına bile ulaşsa etkin kompaksiyon gerçekleşecektir (3). Uygun boyutta plugger kullanımı yumuşamış güta perkayı hareket ettirmek ve kompakte etmek için önemlidir aksi halde plugger güta perkayı delerek geçecektir. İnce bir tabaka yavaş sertleşen bir pat kanala yerleştirilir. Çok miktarda pat göllenmeye neden olduğundan bu durumdan kaçınılmalıdır. İğne kanal içine yerleştirilir ve geri çıkana kadar kanal tamamen doldurulabilir veya bir miktar güta perka enjekte edilir. Daha sonra plugger yardımıyla apikale ve laterale kompakte edilir. Böylece kanal tabaka tabaka doldurulabilir. Yapılan çalışmalarda tabaka halinde veya tamamen doldurmanın boya penetrasyonu açısından fark yaratmadığı gösterilse de (17), hekim tabakalar halinde uygulamada güta perkanın hareketini ve kompaksiyonunu daha iyi kontrol edebilmektedir. Birçok endodontist tarafından uygulanan diğer bir yöntem ana konun çalışma boyunda yerleştirilmesi, bu konun yanından *Obtura II* iğnesinin yerleştirilerek güta perkayı enjekte etmesi ve bu kütlenin kompaksiyonudur. Bu teknik apikalı tıkararak taşkın dolguyu engellemede de avantajlıdır. *Obtura II*, kanal dolgusunun uzunluğunun kontrolü açısından zor bir sistemdir ve taşkın ve eksik

kanal dolgusuna sıklıkla rastlanmaktadır. Bu nedenle bu sistem daha çok kuronal doldurma işlemi için kullanılmaktadır (3,8).

Kanal dolgularının sızıntılarının değerlendirildiği bir çalışmada System B ve Obtura teknikleri (205), lateral, vertikal kompaksiyon ve *Obtura II* teknikleri arasında farklılık rapor edilmemiştir (133). Obtura II ve Sistem B ile yapılan kuronal doldurma tekniklerinde hint mürekkebi kullanılarak sızıntının değerlendirildiği bir çalışmada iki sistem arasında fark bulunmamıştır (205). Lateral kompaksiyon yöntemi ile doldurulan kanalların, *Sistem B* ve *Obtura II* ile doldurulan kanallara oranla daha hızlı sızıntı gösterdiği rapor edilmiştir (204). *Sistem B* ve *Obtura II* nin birlikte minimum pat ile boşluk oluşturmadan homojen bir dolgu oluşturduğu gösterilmiştir (211). Ancak bazı laboratuvar çalışmaları kuronal doldurmanın sadece pat ile yapılmasının güta perka kompaksiyon yöntemlerinden örtücülük açısından daha üstün olduğunu göstermişlerdir (212, 213).

Termoplastik enjeksiyon tekniğinin kökün dış yüzeyinde 9.65°C ısı artışına neden olduğu ve bunun 1 dak içinde 8.20°C ye düştüğü bildirilmiştir (214). Aynı zamanda 200°C’ de ısıtılan güta perkanın kritik nokta kabul edilen 10°C.nin altında ısı artışına neden olduğu gösterilmiştir (215).

Termoplastik güta perkanın kanal içindeki girintileri (209), internal rezorpsiyon kavitelerini (216,217), “C” şekilli kanalları, aksesuar kanalları doldurabildiği birçok çalışma ile gösterilmiştir. Termoplastik enjeksiyon tekniğini kullanan diğer sistem *Ultrafil 3D* dir. Bu sistem güta perka kanulleri, ısıtıcı unit ve enjeksiyon şırıngalarından oluşur. Her güta perka kanulünün 22-gauge’lık 21 mm uzunluğunda paslanmaz çelik iğnesi bulunmaktadır. Güta perkanın ısıtılma süresi değişmektedir ancak soğuk cihaz 10-15 dakikada ısıtır. Kanül ısıtıcıdan çıkarıldıktan sonra ısıtıcının sıcak kısmında birkaç s bekletilir. Güta perka yoğunluğuna göre 45-60 s süre ile akıcılığını sürdürebilir (8).

Kök kanalının apikal üçlüsü doldurulduktan sonra kanal dolgusunun tamamlanması için kullanılan diğer bir sistem *Inject-R Fill* (Moyco-Union Broach; Betpage, N.Y.) dir. Inject-R Fill konvasiyonel güta perka ve plugger içeren minyatür boyutta bir metal tüptür. Kanalın apikal kısmı lateral kompaksiyon, sıcak vertikal kompaksiyon veya devamlı ısı ile doldurulabilir. Kuronal kanal duvarları yeniden pat

ile kaplanır ve *Inject-R Fill* alevde veya elektronik ısıtıcıda ısıtılır. Kanal içindeki güta perkanın kural yüzeyinde ısıtılmış bir aletle ısıtılır. Açık uçtan güta perka akana kadar ısıtılan cihaz kanal ağzına yerleştirilir ve enjekte edilir. Taşıyıcı kısım çevrilerek kırılır ve çıkarılır. El veya parmak pluggerları kullanılarak güta perka apikale kompakte edilir (218).

## 2.2 Adezyon

Kök kanal sisteminin doldurulmasında standart yöntem, kor materyalinin bir kök kanal patı ile birlikte kullanılmasıdır. Kök kanal patından istenen özellik patın hem kor materyaline hem de dentine adezyon göstermesidir. Ayrıca patın, dolguyu bir arada tutmak için koheziv dayanıma da sahip olması gerekmektedir (8).

Adezyon; çok yakın temasta bulunan iki cisim birlikte tutan, ara yüzdeki atom veya moleküller arasındaki güç veya enerji olarak ifade edilir (219,220). Adezyonun test edilmesinde genellikle germe veya makaslama kuvvetleri uygulanmakta ve başarısızlık tipi sınıflandırılmaktadır. Bağlanma iki cismin arasındaki ara yüzeyde başarısız olduysa, başarısızlık tipi adeziv olarak tanımlanır. Başarısızlık ara yüzde değil de cisimlerden birinde gerçekleştiyse koheziv olarak sınıflandırılır. Genellikle ikisinin de birlikte bulunduğu başarısızlık tipi oluşmaktadır (221). Adezyon (bağlanma); bağlananın (dentin veya güta perka) yüzey enerjisini, bağlayıcının (pat) yüzey gerilimini, ıslak yüzeylere bağlanma kabiliyeti ve bağlanan yüzeyinin temizliğini içeren birbiriyle ilişki çok sayıda faktöre bağlıdır (221). Adezyonun açıklanmasında dört teori ortaya konulmuştur:

1) Mekanik teori, bağlanan yüzeyindeki pürüzler ve düzensizlikler yardımıyla mikromekanik bağlanmayı açıklamaktadır.

2) Adsorpsiyon\* teorisi bağlayıcı ve bağlanan arasındaki iyonik, kovalent, hidrojen, dipole etkileşimi ve London dispersiyon kuvvetleri gibi tüm kimyasal bağları içermektedir. Kimyasal bağlanmada, düzgün yüzeyler genellikle daha iyi adezyon gösterirler (72).

---

\* Çözünmüş haldeki bir gaz veya sıvının katı veya nadiren bir sıvı yüzeyinde toplanarak moleküller veya atomik tabaka oluşmasıdır.



3) Difüzyon teorisi bağlanmayı her iki taraftaki polimerlerin karşı taraftaki moleküllerle reaksiyona girmesi ile arayüzün kaybolması ve her iki tarafın tek bir parça haline gelmesi ile açıklamaktadır.

4) Elektrostatik teori metal ve bir polimer arasında arayüzde bağlanma dayanımına katkıda bulunan elektrik tabakasının oluştuğunu belirtmektedir.

Kök kanal dolgusunun dentin duvarına adezyonu hem statik hem dinamik durumlar için önemlidir. Statik konumda, kök kanal dolgusunda örtücülüğün devamlılığını sağlamada, kanal patlarının dentine bağlanma dayanımı önemlidir (98,222). Dinamik durumda ise bağlanma sonraki bir manipulasyon sırasında dolgunun yer değiştirmesine direnç gösterir (51,222). Ancak endodontik patların dentine veya güta perkaya bağlanma dayanımları ile örtüleme etkinlikleri arasında direkt bir ilişki olmadığı da belirtilmiştir (98,100).

### **2.2.1 Kök Kanal Dentinine Adezyon ve Adezyonu Etkileyen Faktörler**

Dentinin kompleks organik yapılı, dinamik bir oluşum olması ve biyolojik aktivite göstermesi güvenilir ve dayanıklı bağlanmayı engeller (223). Kök kanal dentinine bağlanma dayanımı, kuronal dentine bağlanma dayanımından düşüktür (146, 224). Aksesuar kök kanalları, rezorpsiyon alanları, gömülü veya serbest pulpa taşları ve değişen miktarlardaki düzensiz sekonder dentin gibi kök kanal dentini yapısındaki varyasyonlar bağlanmayı etkileyebilir (225). Patların adaptasyonunu ve penetrasyonunu kök kanal duvarının farklı seviyelerinde dentin tübüllerinin yoğunluğu ve oryantasyonu, uygulanan doldurma tekniği gibi faktörler etkiler (226,227). Kökün servikal bölümündeki tübül yoğunluğu orta ve apikal bölgeye göre daha fazladır (227). Ancak bazı çalışmalarda kök kanal bölgesinin bağlanma dayanımına herhangi bir etkisi olmadığı (224,228), bazı çalışmalarda apikal bölgede düşük bağlanma dayanımları rapor edilirken (146), bir çalışmada da apikal bölgede yüksek bağlanma dayanımı gösterilmiştir (229). Kök kanal dentinine bağlanma dayanımı dentinal tübüllerin yoğunluğundan çok sağlam dentin alanı ile daha fazla ilişkilidir (228,229).

Sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit, EDTA veya diğer irriganların dentin kollajeni üzerine etkileri (230), pulpanın çıkarılması ile kök kanal dentinindeki hidratasyon, dentinin muamele edilmesinde kullanılan ajanın tipi, uygun olmayan kavite konfigürasyon faktörü nedeniyle oluşan rezin simanın polimerizasyon stresi de bağlanma kalitesini etkiler (146). Kök kanal dentinine bağlanma, direkt olarak gözle görülememe ve nem kontrolündeki zorluklardan etkilenebilir (231). Kök kanal dentinin fosforik asit veya self etch sistemlerle demineralizasyonu bağlanma dayanımını etkilemez (232). Smear tabakanın uzaklaştırılması patın dentin tübüllerine penetrasyonuna imkan tanır ve dentin ile pat arasında daha iyi bir adezyon sağlar (99,111). 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 (51). Bu nedenle, pat tıkaçlarının penetrasyonu ile yaratılan mikromekanik retansiyon kök kanal patlarının adezyonunu etkileyen en önemli veya tek faktör değildir (233).

Bağlanma prosedürlerinde konfigürasyon faktörünün (C faktör) önemi olduğu kabul edilmektedir (155,157,234). Kanal duvarları gibi sınırlı alanlarda bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı (C faktör) yüksek olduğundan bağlanma arzu edilen şekilde gerçekleşmez (155). Restorasyonda serbest yüzey ne kadar fazla ise polimerizasyon esnasında oluşan stresin boşalması için o derece fazla akıcılık olur (147,155). C-faktörü 3:1 den büyük olan restorasyonlar bağlanmada başarısızlık ve mikrosızıntı açısından risk altındadır (235). Giriş kavitesi için C-faktörü 6:1 veya neredeyse 10:1 olabilir. Kök kanallarında C-faktörü 20-100 arasında değişmektedir ve kanalın çapı ve uzunluğuna bağlıdır (230,236). Özellikle ışıkla sertleşen materyaller için, kök kanalının uygun olmayan geometrik konfigürasyonu içinde yaratılan sertleşme stresi çok yoğun olabilir ve rezin kompozitin dentin duvarlarından ayrılmasına ve arayüzde boşlukların yaratılmasına neden olabilir (224).

### 2.2.2 Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Endodontik materyaller ve diş yapısı arasındaki adezyonun etkinliğinin değerlendirilmesinde bağlanma dayanımı testleri popüler yöntemler haline gelmiştir, fakat genel olarak hiçbir adezyon testi tam olarak kabul edilmemiştir (99). Bu yöntemler arasındaki farklılıklar ve bazı çalışmalarda yapay modellerin kullanılmış olması sonuçların karşılaştırılmasını imkânsız kılar. Bağlanma dayanımı eksternal kök dentini üzerinden konvansiyonel germe (tensile) testi ile (237) veya pull-out (238-242) ve push-out yöntemleriyle (243-245) endodontik yüzeyden ölçülür.

Lee ve ark. (50) düzgün dentin ve gütâ perka yüzeyleri yaratarak çinkooksit ojenol, epoksi rezin, cam iyonomer ve kalsiyum hidroksit esaslı patların dentin ve gütâ perkaya bağlanma dayanımlarını germe bağlanma testi ile değerlendirmişlerdir. Dentinin %37 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, %25 sitrik asit, %17 EDTA ile muamele edilmesinin kanal patlarının bağlanma dayanımları üzerine etkisi 4 mm çapında dentin ve gütâ perka diskleri hazırlanarak germe bağlanma dayanımı testi ile incelenmiştir (72). Ancak geleneksel bağlanma dayanımı testlerinde kullanılan düzgün dentin yüzeyleri (246) nedeniyle rezin esaslı materyallerin bağlanma dayanımlarının, kök kanal yüzeyi gibi sınırlı yüzeylere göre daha yüksek çıktığı gösterilmiştir (247). Smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılan solüsyonların adezyona etkisi, köklerin vertikal olarak ikiye ayrılmasından sonra pulpa kanalları yüzeyine test edilecek patların uygulanması sonrası germe dayanımı testi ile değerlendirilmiştir (248).

Teorik olarak, germe testleri örnek ve aderent arasında doğru düzen (sıra) varsa, daha üniform stres dağılımı geliştirecektir (249). Germe bağlanma testi hassastır ve örnekteki veya yük uygulaması esnasındaki stres dağılımındaki küçük değişikliklerin sonuçlar üzerinde önemli etkileri vardır (250).

Küçük boyutta örnek kullanan mikro germe (mikrotensile) yöntemi, bağlanma ara yüzeyinde daha düzenli stres dağılımına izin verir (247). Aynı zamanda bu yöntem kök kanalının içi gibi küçük alanların bağlanma dayanımlarını da ölçülebilir. Mikro germe test yöntemi ile kök kanalı içindeki rezin simanların bağlanma dayanımlar ölçülmüştür (146, 229, 230, 251, 252).

Tagger ve ark. (98) düzgün yüzeyli kuronal dentine çinko oksit öjenol, epoksi rezin, salisilat rezin ve cam iyonmer esaslı patların bağlanma dayanımlarını 0, 5 mm/dakika kuvvetle makaslama bağlanma dayanımı testi ile değerlendirmiştir. İrrigasyon solüsyonlarının rezin simanların radiküler dentine bağlanma dayanımları üzerine etkisi dentin blokları üzerine 2 mm çapında kalıplar yerleştirilerek test edilecek adeziv sistem uygulanması ve daha önceden dual sertleşen rezin kor materyalinden hazırlanmış rezin bloğun yapıştırılması aynı yöntemle değerlendirilmiştir (253). Güta perkaya alternatif olarak geliştirilen Resilon'un metakrilat esaslı kanal patına bağlanma dayanımı mikro makaslama (micro shear) testi ile değerlendirilmiştir (135,148).

Makaslama testlerindeki en büyük problem makaslama yük cihazının bağlanma ara yüzeyine yakın konumlandırılmasındaki güçlüktür. Bağlanma ara yüzeyine biraz uzaklıkta yük dengelenmekte ve örnek üzerinde ne yapacağı belli olmayan dönme momenti meydana gelmektedir (254).

Post ve diş arasındaki bağlanma dayanımını ölçmek için kullanılan yöntemlerden biri push-out yöntemidir (243,244) ve diğer yöntemlere göre klinik koşulları daha iyi sağlamaktadır (255). Push out testi, dişhekimliğinde ilk defa 1970 yılında tanıtılmıştır (256). Daha sonra 1996 yılında push out testi kök kanal dentinine bağlanma çalışmalarında rapor edilmiştir (243). Ancak, push out testi bütün post yüzünde (257) veya kalın kök dilimlerinde (243,255) uygulandığında bağlanma ara yüzeyinde çok fazla düzenli olmayan stres geliştiği iddia edilmektedir. Orijinal push-out tekniğindeki bu engeller örnek kalınlığının 1 mm'ye indirilmesi ile çözümlenmiştir. Bu modifiye teknik kök kanalı içinde bölgesel farkların da test edilebilmesine olanak vermiştir (258). Bu yöntemin diğer bir avantajı bağlanma dayanımı düşük olsa bile kanal patlarının değerlendirilebilmelerine olanak tanınmasıdır (259). Push out testinin daha güvenilir olduğu, mikrotensile testinde örneklerin hazırlanmasında çok sayıda prematür başarısızlık olduğu ve verilerin çok geniş bir aralıkta dağıldığı da rapor edilmiştir (224).

Son yıllarda Resilon'un ve birlikte kullanılması tavsiye edilen Epiphany kanal patının dentine bağlanma dayanımı kökün uzun eksenine dik olacak şekilde 1 mm

kalınlığında kesitler alınarak “micro push-out testi” ile değerlendirilmektedir (132,162,259,260).

Kök kanal dolgu maddelerinin kök dentini ile adezyonlarını ve dentin tübüllerine penetrasyon derinliklerini incelemek için SEM analizinden de faydalanılmaktadır (68,111,112,233,261-263). Kökler keski ve çekiç yardımı ile ortadan ikiye ayrılmakta ve altın tabakası ile kaplanarak çeşitli büyütme altında incelenmektedir (112,233,262,263). Rezin ile kaplanmış güta perka konuları ve dual sertleşen rezin esaslı kanal patı EndoRez ile yapılan kanal dolgusunun dentin ile ilişkisinin değerlendirildiği bir çalışmada ise 1 mm kalınlığındaki kök kesitleri %10 tamponlanmış formik asit ve %5,25’lik NaOCl içinde 96 saat bekletilerek dentin uzaklaştırılmış ve rezin tıkaçları SEM’de incelenmiştir (68). Aynı çalışmada hazırlanan başka kesitler 15 saniye süre ile %37 fosforik asit ile pürüzlendirilerek dehidrate edilmeden ve altınla kaplanmadan ESEM’ de incelenmiştir.

### **2.3 Endodontik Mikrosızıntı**

Kök kanal tedavisinin en önemli amaçlarından biri, mekanik ve kimyasal olarak doğru hazırlanmış kanal sisteminin sızdırmaz şekilde tıkanmasıdır. Kanal dolgusu üç şekilde de görevini yerine getirmelidir: (i) oral kavite ve periradiküler dokular arasındaki ilişkiyi engellemek yani kuronal sızıntıyı önlemek, (ii) kök kanal sistemi içinde canlılığını devam ettiren bakteri hücrelerini kanal dolgusu içine gömmek, (iii) periapikal dokulardan gelen sıvının kanal içine girişini engellemek (264,265).

Kök kanal sisteminin doldurulmasında standart yöntem, bir kor materyalinin pat ile birlikte kullanılmasıdır. Endodontik materyallerde devam eden çalışmalara ve gelişmelere rağmen kök kanal sisteminin tam olarak örtülenmesi günümüzde geçerli materyal ve dolgu teknikleri ile mümkün değildir (266). Apikal veya kuronal yönden sızıntı (2,37,39,97,267) halen klinik bir problem olarak karşımıza çıkmakta ve başarısızlığın kaynağı olarak görülmektedir (3,72,268).

Kök kanalında mikrosızıntı, diş ve kök kanal dolgu maddesi arasında bakteri, sıvı ve kimyasal maddelerin geçişi olarak tanımlanır (269). Güta perkanın geçirgen

olmadığı düşünülmemektedir bu nedenle, doldurulmuş kök kanalında sızıntı, pat ve dentin veya pat ve güta perka veya pat içindeki hava boşlukları boyunca gerçekleşir (45). Bu boşluk, dolgu maddesinin kanal duvarına yetersiz adaptasyonu, simanın çözünmesi veya pat simanın sertleşme genişmesi veya büzülmesi sonucu oluşabilir (269). Kök kanalındaki sızıntı karmaşık bir konudur. Kanal dolgu tekniği, patların kimyasal ve fiziksel özellikleri ve smear tabakası gibi birçok farklılık sızıntıyı etkileyebilir. Kimyasal olarak aktif, adeziv kök kanal patları hem apikal hem de kural sızıntısının azaltılmasında önemli rol oynar. Bu nedenle, kök kanal patları sızıntıyı azaltma yetenekleri açısından değerlendirilmelidir.

Wu (270) kanal dolgularında sızıntının zamanla azalabileceğini veya artabileceğini iddia etmektedir. Güta perkanın zaman içinde su emerek genişmesi (271,272) ile sızıntı azalabilir. Sertleşme esnasında çoğu pat büzülür (273,274) ve zaman içinde çözünür (275-278). Patların büzülmesi ve çözünmesi sonucu boşluklar oluşur ve bu durum sızıntı için potansiyel oluşturur (271). Ayrıca uzun dönemde smear tabaka parçalanabilir ve bozulabilir, kanal duvarı ve pat arasında boşluk yaratır (278,279).

Sıvı ve mikroorganizmanın kural apikal yöndeki hareketi mikroorganizmalar için beslenme kaynağı oluşturur ve kanal içinde canlılığını devam ettiren veya ağız ortamından geçiş yapan mikroorganizmaların periradiküler enflamasyonu başlatmasına veya devam ettirmesine neden olur (268). Ayrıca, kan serumundan kaynaklanan ve içinde suda çözünebilen proteinler, enzimler ve tuz içeren sıvı, apikalde tam doldurulmadan kalmış boşluklarda birikerek zamanla bozulmakta ve fizikokimyasal iritan etki göstererek periradiküler enflamasyon oluşturmaktadırlar (3).

Mikroorganizma ve ürünleri pulpa boşluğuna geçici veya daimi restorasyonda kırık, çatlak veya restorasyonun tamamen kaybı, daimi restorasyonun geç yapılması, diş yapısında kırık veya rekurrent çürüğün kök kanal dolgu maddesini açığa çıkardığı durumlarda (97) veya dentin tübülleri yoluyla ulaşabilir. Krondan apekse doğru sızıntının değerlendirilmesi kliniğe daha uygundur. Ancak, krondan apekse doğru ölçümde sızıntı olmaması kök kanalının her seviyede sıvılara karşı geçirmez olduğu anlamına gelmez. Temizleme sonrası kanal içinde bakteri kalmışsa, iyi bir kural

örtüleme sızıntısının tespit edilmesini engellese bile bakteri ürünleri kanal dolgusunun sızıntı yapan apikal kısmından periapikal dokulara geçebilir. Diğer taraftan, apikal örtücülük periapikal dokulara sızıntıyı engeller fakat mikroorganizmalar kurondan bir boşluk yoluyla kanala girerse, bakteri ürünleri sızdırmaz apikal kısma rağmen lateral kanallar yoluyla enflamasyona neden olabilir (280).

### 2.3.1 Endodontik Mikrosızıntı Test Yöntemleri

Kök kanal dolgularının örtücülüklerinin değerlendirilmesinde

- 1) boya penetrasyonu (281-286),
- 2) radyoaktif izotop testi (67,287),
- 3) radyoizotopların spektrofotometresi (288),
- 4) bakteri veya bakteri ürünlerinin sızıntı testi (289-293),
- 5) elektro kimyasal teknik (294-296),
- 6) gaz kromatografi (297),
- 7) elektron tarama mikroskobu (SEM) (298),
- 8) sıvı filtrasyon (142,280,299-301) ve
- 9) glikoz penetrasyon (144, 302) gibi farklı test yöntemleri tarif edilmektedir.

Bu test yöntemlerinin çoğunluğu çekilmiş dişlerde doldurulmuş bir kanal boyunca izleyici maddenin (tracer)\* penetrasyonunu değerlendirme esasına dayanmaktadır (292,303). Kullanılacak izleyici maddenin molekül boyutu ve fizikokimyasal özellikleri test sonuçlarını etkileyebilmektedir (280). Bakteri ve bakteri ürünleri gibi patojenik maddeler büyük parçacık boyutuna sahip iken, mikroorganizmalar için besin oluşturacak moleküller (örneğin şeker) daha küçüktür. Oral kavitedeki besleyici moleküller kanal dolgusu içine sızarsa, temizleme, şekillendirme ve doldurma işlemleri sonrası canlılığını devam ettiren bakteriler için

---

\* Penetrasyonu veya akıcılığı izlemek için kullanılan boya, radyoizotop gibi kimyasal madde

besin kaynağı olacaktır. Küçük moleküllere karşı geçirmez bir kök kanal dolgusu optimaldir ve sızıntı çalışmalarında küçük molekül boyutuna sahip izleyici madde kullanılması gereklidir (280) ve klinik şartlara daha uyumlu görülmektedir (304). Kullanılan izleyici maddenin molekül boyutu, iyonik değişimi, pH'ı, ve kimyasal reaktivitesi gibi özelliklerinin yanı sıra operatör deneyimindeki farklar, dolgunun tamamlanması ile izleyici madde içinde bekletme zamanı arasındaki süre, izleyici madde içinde bekletme periyodu, smear tabakasının olup olmaması, termal siklus vb. gibi test yöntemindeki farklılıklarda sonuçları etkilemektedir.

Tüm bunların yanında kontrol edilmesi güç başka faktörler de vardır. Kanal dolgusu ve kanal duvarı arasındaki boşluk hava ve/veya sıvı ile dolu olabilir. İzleyici solusyon boşluğa kapiller aksiyonla penetre olabilir. Diğer taraftan sıkışmış hava sıvı penetrasyonunu engelleyebilir (305). Boşluk sıvı ile dolu ise, izleyici madde penetrasyonu eşitlik sağlanana kadar difüzyonla gerçekleşir ve böylelikle daha fazla miktarda penetre olur. Bu nedenle, izleyici maddenin fazla penetrasyonu geniş boşluk varlığını göstermez, daha çok boşluk içinde sıkışmış hava veya sıvı varlığı veya yokluğunu gösterir (280). Ayrıca sızıntı çalışmaları hangi aralıktan (dentin pat veya güta perka pat aralığından) sızıntının olduğunu belirleyemez (50).

Tüm bu sebeplerle sızıntı testleri kök kanal dolgularının klinik performanslarını değerlendiren ve 'kliniğe uygun' laboratuvar testi arayışı girişimlerinden hem en popülerleri hem de en çelişkili olanıdır (118,280,306). *In vitro* sızıntı çalışmaları direkt olarak klinik sonuçları yansıtamaz (280) fakat tekniklerin basitçe karşılaştırmalarında ve ayırımlarında kullanılabilir. Günümüze değin kullanılan sızıntı yöntemlerinden hiçbiri (49,280,307) en geçerli yöntem olarak kabul edilmemiştir.

İlk sızıntı testleri apikal hastalığın veya endodontik başarısızlığın kanal dolgusunun apikalden kanal içine sızan veya burada biriken doku sıvısı ile ilişkili olduğu esasına dayanmaktaydı. Durgun doku sıvısının veya nekrotik dokunun apikal hastalıktan sorumlu olduğu hipotezi 1960'larda çürütülmüştür (308,309). Çalışmalar, yavaş yavaş bakteri ve bakteri ürünlerinin kural kısmından apikal uca penetrasyonuna yönelmiştir (39,267,310). Ancak, 2005 yılında bile sadece apikal bölgedeki sızıntıyı test eden ve yayınlayan çalışma mevcuttur (311). Günümüzde



endodontik patolojide kliniği taklit eden korono-apikal sızıntı kavramlarının kabul görmesine karşın, bu yöntemlerin halen tercih ediliyor olması sadece kolay uygulanabilir ve ucuz olmasına bağlanabilir.

**Boya penetrasyon** testinde, dişin apeksi %2 lik metilen mavisi (312,313), çini mürekkebi (314,315) veya %0.5 lik bazik fuksin (316) gibi farklı tipte ve konsantrasyonlarda boya solüsyonlarına daldırılır. Bu yöntem doğrusal boya penetrasyonunun kök kanal dolgusu ile kanal duvarı arasındaki boşluğun uzunluğunu gösterdiği varsayımına dayanmaktadır ve boyanın hacmi hakkında bilgi vermediğinden semi-kantitatif olarak değerlendirmesine rağmen (280) apikal sızıntının önemini anlamak için yeterli veri sağlamaktadır. Penetrasyonu artırmak için negatif veya pozitif basınçla (317,318) veya vakum odasında çalışılması (319) önerilmiştir. Bu yöntemde penetrasyonun ölçümü için örneklerin hazırlanması, kökün elmas disk ile uzunlamasına ayrılması (320), şeffaflaştırma (321-324) veya uzun eksenine dik kesitler alınması (287) yoluyla yapılmaktadır.

Şeffaflaştırma yöntemi kanal morfolojisi hakkında geniş bilgi verir, kök kanalının üç boyutlu, dolgunun derecesinin ve olası kompaksiyon defektlerinin görülmesine olanak tanır. Ayrıca lateral ve aksesuar kanallar ve dolgu maddesi ile apikal foramen arasındaki ilişki gözlenebilir (325-327). Ancak, şeffaflaştırma ile sadece dolgu materyali ile kanal duvarları arasındaki boya varlığı tespit edilebilmekte buna karşın çapraz kesit veya enine kesit alınarak kök kanalı içinde ve dolgu materyalinin kendisindeki boya penetrasyonu da gözlenebilmektedir (328).

Boya penetrasyon çalışmaları sonuçlar arasında farklılıklar bulunması, tekrarlanabilirliğinin ve karşılaştırılabilirliğinin zor olması nedeniyle eleştirilmektedir (280,329). Bu durum, örneklerdeki, test işlemlerindeki veya sızıntının yorumlanmasındaki farklılara bağlanabilir (330,331). Örneklerin parçalanması ölçümlerin tekrarlanabilirliğini engeller. Sızıntının ölçümü hacimsel değildir, çapına ve hacmine bakılmaksızın aynı uzunluktaki boşluklar benzer çizgisel boya penetrasyonu gösterir (332,333). Değerlendirme için seçilen kesit aksının rasgele seçilmesi nedeniyle, boya penetrasyonun en derin olduğu yerden geçme ihtimali düşüktür. Asidik metilen mavisi solüsyonunun kullanılması dentini demineralize ederek sızıntı miktarında artışa neden olabilir (280).

**Radyoaktif izotop** çalışmalarında sızıntının değerlendirileceği köklerin apikalleri  $^{125}\text{I}$  (334) veya  $^3\text{H}$ -timidin (335,336) gibi radyoaktif izleyici solüsyonu içerisinde belirli bir süre bekletilmesinin ardından köklerden horizontal kesitler alınarak gamma sayacı (334) veya örnek solüsyon alınarak sintilasyon sayacı (335,336) yardımıyla sızıntı ölçümleri yapılmaktadır. Bu teknikler radyasyon tehlikesi ve daha karmaşık materyal ve cihaz gerektirmesi nedenleriyle çok fazla tercih edilmemektedirler (302).

**Bakteri ve bakteri ürünlerinin** periapikal dokulara invazyonunun, periradiküler hastalıkların en önemli sebebi olduğuna inanılmaktadır. Bu nedenle bazı çalışmalarda sızıntının gösterilmesinde en iyi izleyici maddenin bakteri olduğu düşünülmüştür (39,337,338). Test edilecek örnek ve ortam sterilize edilerek *Enterococcus faecalis* in kanaldan sızması sonucu düzenekteki bakteri üremesi test edilir. Bu yöntem boşlukların ve geçit yollarının nicel değerlendirilmesine izin vermez fakat test değişkenlerinin karşılaştırılmasında (kanal dolgu maddeleri gibi) etkilidir (118). Diğer bir yöntemde örnekler *Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus*, ve *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini barındıran kültürlerle konulmakta ve belirlenen inkübasyon sürelerinin bitiminde bakterilerin penetrasyon derinliği SEM'de incelenmektedir (303). Bakteri penetrasyon çalışmalarında hangi bakteri türlerinin kullanılmasının güvenilir sonuçlar vereceği tartışmalıdır ve deneyin tüm aşamalarında aseptik koşulların sağlanması zordur (302).

**Elektrokimyasal teknik** Jacobsen ve Van Fraunhofer (339) tarafından geliştirilen niceleyici bir yöntemdir. Dişlere kanal dolgusuna temas edecek şekilde bakır bir tel sabitlenir ve dişler %1 lik potasyum klorür içine batırılır. Dişler ve bakır tel güç kaynağına bağlanarak doğru akım uygulanır. Kanal dolgusu çevresindeki boşluklar devamlı elektrolitik geçiş yolu sağlar (280). Bu devredeki empedans değerlerinin ölçümü sızıntı sonuçlarını verir (340). Bu yöntemin en önemli dezavantajı bakır anot üzerinde korozyon ürünlerinin birikmesi ve iyon akışı için difüzyon bariyeri oluşturarak sızıntı sonuçlarını engelleyebilmesidir (341).

**Sıvı filtrasyon** yöntemi ilk olarak Derkson ve ark. (342) tarafından dentin geçirgenliğini ölçmek için tanıtılmış, Pashley ve ark. (343) tarafından geçici dolgu

maddelerinin örtücülük özelliklerinin değerlendirilmesi için tasarlanmış ve daha sonra endodontik sızıntı çalışmaları için Wu ve ark. (213) tarafından modifiye edilmiştir. Sıvı filtrasyon yöntemi endodontide apikal veya kuronal mikrosızıntının ölçülmesinde kullanılmaktadır (87,341,344-346). Özetle, kök basınç altında su ile dolu bir tüpe bağlanır. Tüp içinde bir hava kabarcığı yaratılır. Sızdırmaz bir kanal tedavisinde basınca rağmen bu hava kabarcığı hareket etmez. Sızıntı varlığında hava kabarcığının yer değiştirmesi ölçülür. Sonuçlar genellikle  $\mu\text{L dak}^{-1}$  olarak ifade edilir. Ancak ölçüm zamanı, uygulanan basınç, hava kabarcığını içeren tüpün çapı, hava kabarcığının uzunluğu gibi sonucu etkileyebilecek yöntemlerde bir standardizasyon bulunmamaktadır (203). Kullanılan basınç 10-20 psi ve ölçme zamanı 1 dakika ve 3 saat arasında değişmektedir (213).

Poiseuille's kanununa\* göre (347) sıvı hareketi sadece baştan sona uzanan boşluklarda oluşur, sonu kapalı boşluklarda sıvı hareketi oluşmaz. Bu nedenle bu yöntemde sıvı hareketi kanal dolgusu boyunca en az bir baştan sona uzanan (trough-and-trough) boşluk varlığını ispatlamaktadır. Bu yöntemle kanal dolgusu boyunca sıvı hareketinin hacimsel verileri elde edilir (118,333). Poiseuille's kanununda (347) sıvı hareketinin hacmi, boşlukların boyu ve çapı ile tanımlanır. Sıvı hareketi boşluk çapı ile 4 kat, boşluk uzunluğu ile tek kat değişim gösterir. Bu nedenle, boşluk çapındaki küçük bir değişiklik sıvı hareketini, boşluk uzunluğundaki küçük bir değişiklikten çok daha fazla etkiler. Böylece uzunlukla ilgili farkların etkisi ihmal edilebilir, sıvı hareketinin yüksek değerlerde olması geniş, düşük sıvı hareketi değerleri dar ve baştan sona uzanan boşlukları gösterir (333).

Sıvı filtrasyon yöntemin en büyük avantajı sızıntı verilerinin niceleyici olması (280) ve kök örneklerine zarar vermeden mikrosızıntıyı ölçmesidir. Aynı örnekte zaman içinde örtüleme kapasitesindeki değişiklikleri tekrarlayan ölçümlerle değerlendirmek olasıdır (348,349). Bu yöntem, boya penetrasyon çalışmalarında ortaya çıkan sıkışmış hava veya sıvının neden olduğu problemleri ortadan kaldırmak için pozitif basınç kullanılmaktadır (305). Buna karşın sistemin hassasiyeti kullanılan basıncın veya mikropipet çapının değiştirilmesi ile ayarlanması (350), ölçümlerin

---

\* Hagen-Poiseuille yasası adıyla da bilinir ve laminar, üniform ve viskoz bir sıvının, sabit kesit alanına sahip silindirik bir tüp içindeki akışını tanımlar. Kapiler veya damarlarda akan kanın, alveollerdeki havanın akışını tanımlamada başarıyla kullanılabilir.

gözle takip edilerek yapılması nedeniyle ölçümlerin subjektif olması gibi faktörlerden etkilenebilir. Bilgisayarlı, tamamen elektronik, hava basıncını dijital olarak kontrol eden bir sistemin kullanılması güvenilirliği artırır (341).

Sızıntının değerlendirilmesinde tüm bu yöntemlerin sonuçları arasında uyum olmaması ve hiçbirinin en geçerli yöntem olarak adlandırılmaması yeni yöntem arayışını devam ettirmektedir. Son olarak geliştirilen **glikoz penetrasyon** testi kök kanal dolgu boyunca glikozun penetrasyonu ve apikalden sızması esasına dayanmaktadır. Glikoz oral kaviteden kanal içine girdiğinde, kanal içinde kalmış olan bakteri bölünerek periapikal enflamasyona neden olabilir. Glikozun bu nedenle mikrosızıntı testlerinde kullanılan diğer izleyici maddelerden klinik olarak daha uygun olduğu düşünülmektedir. Doldurulmuş kök kanalından sızarak apikal rezervuarda toplanmış glikozun miktarı spektrofotometre yardımıyla ölçülerek sızıntının niceleyici analizi mümkün olmaktadır (302).

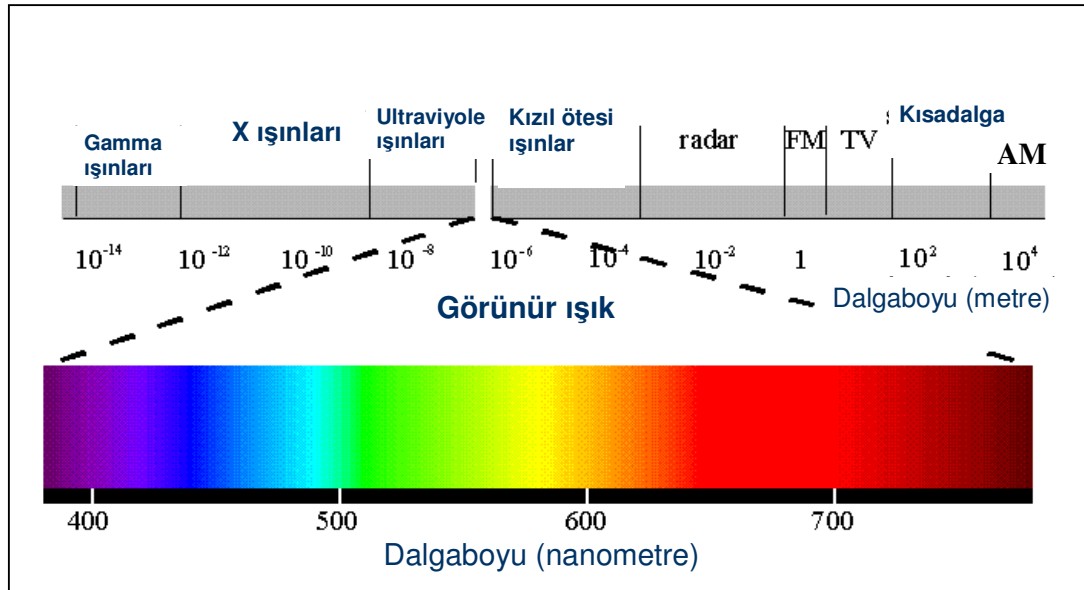
## 2.4 Spektroskopi

Elektromanyetik enerjiyle maddenin etkileşmesini inceleyen bilim dalına spektroskopi denir. Bu madde çekirdek, atom veya molekül olabilir. Bir madde üzerine düşürülen çeşitli dalga boylarından (ultraviyole ışınlarından radyo dalgalarına kadar) ancak bazılarını absorbe eder. Maddenin bu özelliğinden yararlanılarak yapısı, konsantrasyonu tespit edilebilir. Spektrofotometre bir çeşit fotometredir ve ışık yoğunluğunu ve dalga boyunu ölçer. Spektrofotometreler çalıştıkları dalga boylarına, kullandıkları ölçüm tekniğine göre farklı modellerde geliştirilmişlerdir. 110-1000 nm dalga boylarındaki ışınlarla çalışan cihazlara mor ötesi (ultraviyole) ve görünür alan, 2500-25000 nm dalga boylarında çalışan cihazlara kızıl ötesi (infrared) ve dalga boyları yüzlerce metreye kadar değişen radyo dalgalarıyla çalışan cihazlara da nükleer manyetik rezonans cihazları denir. Bu cihazların geçerli oldukları alan spektroskopilerine de sırasıyla ultraviyole (UV) ve görünür (elektronik), infrared IR (kızılötesi) ve nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopileri adı verilir (351).

Elektromanyetik radyasyon, frekansı ( $\nu$ ) veya dalga boyu ( $\lambda$ ) ile belirlenir ve ışığın hızı ( $c$ ) ile ilişkilidir.

$$\nu = c / \lambda$$

Elektromanyetik spektrum, yüksek enerji kozmik ışıklardan (yüksek frekans, düşük dalga boyu) çok düşük enerji mikrodalgalara kadar olan sıralamadır. Bu aralıkta görünür ışık çok dar bir kısmı oluşturmaktadır, 400 nm mavi ışık ile 700 nm kırmızı ışık arasındadır. Kısa dalga boyları ultraviyole bölgede, uzun dalga boyları kızıl ötesindedir (Şekil 1). Çizelge 1. de elektromanyetik spektrum bölgeleri ve dalga boyları görülmektedir.

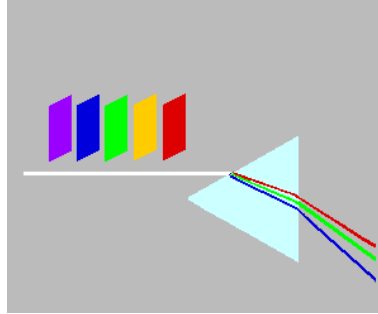


Şekil 1. Elektromanyetik spektrum

**Çizelge 1.** Elektromanyetik spektrum bölgeleri ve dalga boyları

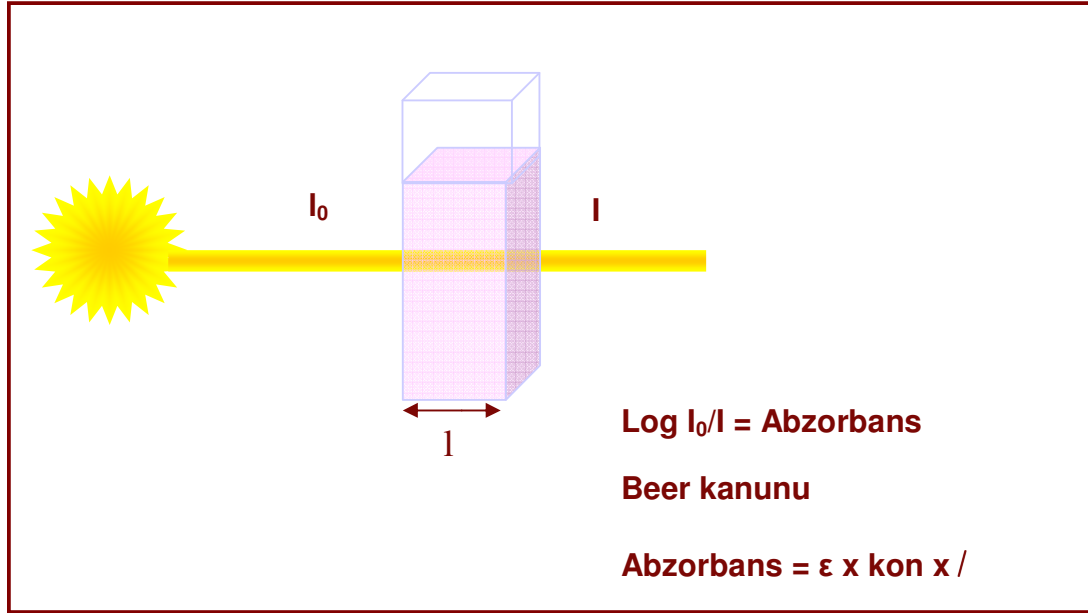
Bölge	Dalga boyu sınırı
Gamma ışını	0.01-1 A
Ultraviyole	10-380 nm
Görünür	380-720 nm
Kızıl ötesi	0.72-1000 $\mu$ m
Mikrodalga	0.1-100cm
Radyodalga	1-1000m

Beyaz ışık görünür bölgedeki tüm dalga boylarının karışımıdır. Işık bir objeye çarptığında yansiyabilir, abzorbe edilebilir, geçirilebilir veya kırılabilir. Prizma veya kırma ayırıcı beyaz ışığı birçok renge ayırır. Işığın bir kısmı abzorbe edildiğinde, yansıyan veya geçen ışık abzorbe edilen ışığın tamamlayıcı rengine sahiptir (Şekil 2).

**Şekil 2.** Beyaz ışık prizması

Spektrofotometre, istenilen dalga boyunda ışığı seçmek ve örneğin bulunduğu bölmeye ve detektöre yönlendirmek için prizmalar, aynalar ve yarıklardan oluşan bir düzenek kullanır. Bir ışık demeti çok sayıda foton içerir. Foton, analiz edilen madde (örnek) ile karşılaştığında bu maddenin fotonu abzorbe etme şansı doğar. Bu abzorpsiyon ışık demetindeki foton sayısını azaltır ve böylece ışık demetinin yoğunluğu azalır. Detektör çarpan ışığın yoğunluğunu elektronik olarak ölçer. Örnek ışık yoluna yerleştirilir, enstrüman örnekten geçen ışığın yoğunluğunu ( $I$ ) örnek olmadan elde edilen yoğunlukla ( $I_0$ ) karşılaştırır. Etki geçirgenlik ( $T$ ) (örnekten geçen ışık yüzdesi) veya abzorpsiyon ( $Abs$ )(örnek tarafından abzorbe edilen ışık

miktarı) olarak ifade edilir. Abzorsiyon 1852 yılında J. Beer tarafından geliştirilen formülle ifade edilmektedir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Spektrofotometrik analiz

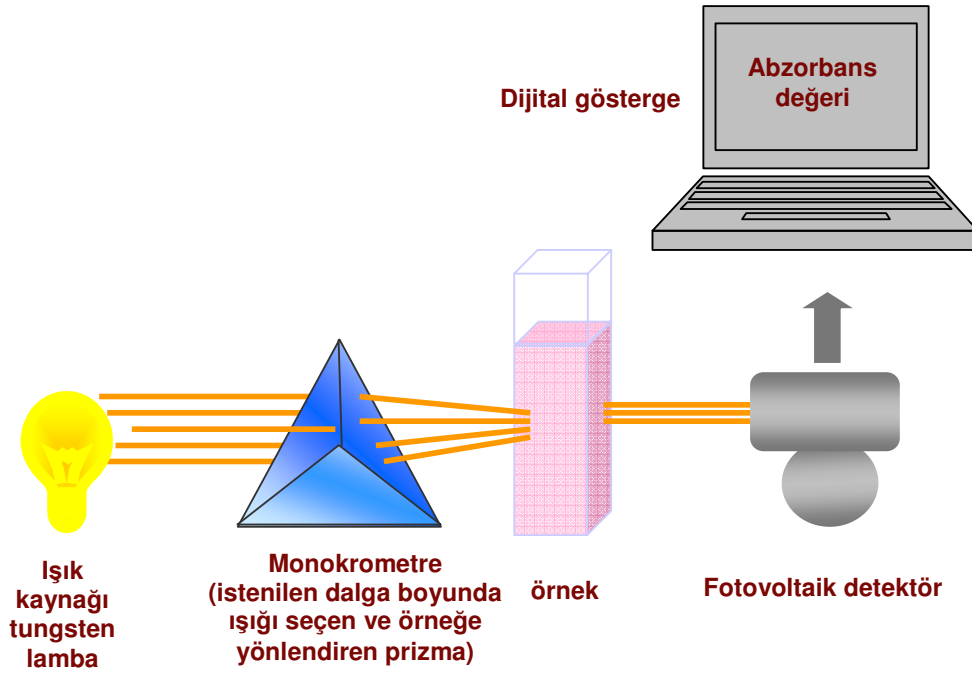
$$T = 100 (I / I_0)$$

$\epsilon$  analizde kullanılan madde ve ışığın dalga boyuna bağlı sabit katsayı

$l$  ışığın örneğe ulaşana kadar kat ettiği yol (standardize etmek için 1 cm çapında küvetler kullanılmaktadır)

$c$  analiz edilen solüsyonun konsantrasyonu

Spektrofotometre 4 ana parçadan oluşmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Spektrofotometre parçaları

Spektrofotometreler a) tek ışınlı b) çift ışınlı cihazlar olmak üzere 2 ana gruba ayrılırlar. Tek ışınlı spektrofotometrelerde tüm ışık örnekten geçer.  $I_0$ 'nun ölçülmesi için örneğin çıkarılması gerekmektedir. Bu tip cihazlar en eski modellerdir ancak halen eğitimde ve endüstriyel laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Çift ışınlı cihazlarda motorla dönen üç bölmeli bir disk ışın bölücü olarak kullanılmaktadır. Bu üç bölmeden biri saydam, ikincisi yansıtıcı, üçüncü ise opaktır. Her dönüşte dedektör 3 ayrı sinyal alır. Bu sinyallerden ilki  $I_0$ 'a, ikincisi  $I$ 'ya, üçüncüsü de karanlık akıma karşılık gelir. Üç sinyal elektronik olarak işlenerek örneğin geçirgenliği veya abzorbansı göstergeden okunur.

Ultraviyole-görünür bölge spektrofotometreleri (UV-Vis) görünür ışığı ve ultraviyole ve kızıl ötesi aralığa komşu ışığı kullanmaktadır. Görünür bölge spektrofotometreleri genellikle renk biliminde kullanılmaktadır. Bu cihaz örnek içindeki bileşenlerin miktarını tespit etmek için kullanılmaktadırlar. Bileşen ne kadar yoğun ise örneğin absorbe ettiği ışık o kadar fazla olmaktadır. UV/Vis spektrofotometre örnekleri sıklıkla sıvılardır ancak gaz ve katılarında abzorbansları ölçülebilir. Örnekler küvet olarak bilinen transparant bir bölmeye yerleştirilir.



Küvetler dikdörtgen şekillidir ve 1 cm genişliğindedir. Yüksek kaliteli quartzdan yapılmış küvetler daha hasastır ancak cam veya plastik olanlar da sıklıkla kullanılmaktadır (351).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1 Deney Kurgusu

Bu çalışmada kullanılmak üzere 168 adet tek köklü apikal gelişimini tamamlamış düz kanallara sahip mandibular premolar insan dişleri seçildi. Gözle yapılan değerlendirme sonucu kök çürüğü, kırığı veya çatlağı olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Ayrıca tüm dişler bukkolingual ve mezyodistal açılardan dijital radyografi<sup>1</sup> yardımıyla değerlendirilerek birden fazla kök kanalına sahip, kalsifiye kanalları mevcut, internal veya eksternal kök rezorbsiyonu şüphesi bulunan, apeksi tam oluşmamış dişler de çalışmaya dahil edilmedi. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları bir bistüri yardımıyla temizlendikten sonra, laboratuvar öncesi %10 formalin solüsyonunda bekletildi. Daha sonra düşük hızda (200 rpm) su soğutması altında çalışan kesit cihazı<sup>2</sup> ile dişlerin kronları mine-sement sınırı seviyesinde uzaklaştırıldı (Şekil 5).



**Şekil 5.** Dişleri kesmek için kullanılan su soğutmalı kesit cihazı

<sup>1</sup> Gendex, Visualix, Milano, İtalya

<sup>2</sup> Minitom, Struers, Almanya

Tüm köklerin apikal foromenlerinin açık olduğunu saptamak için 10 no'lu K eğesi<sup>3</sup>'nden faydalanıldı. Apikal forameni 20 numaralı eğeden geniş olan dişler çalışmadan çıkarıldı. Çalışma boyu apikal foramenden 1mm kısa olacak şekilde belirlendi. Kök kanallarının genişletilmesi, Profile nikel titanyum dönen aletler<sup>4</sup> üretici firmanın talimatları doğrultusunda kullanılarak crown-down tekniği ile gerçekleştirildi. Tüm kanallar apikal #40 0.06 olacak şekilde şekillendirildi (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Profile nikel titanyum dönen kanal aletlerinin kök kanal şekillendirilmesinde kullanım sırası

Alet sıra no	Numara	Kullanılan teknik
1	OS #6	Crown-down
2	OS #5	Crown-down
3	.06 #40	Crown-down
4	.06 #35	Crown-down
5	.04 #40	Crown-down
6	.04 #35	Crown-down
7	.04 #30	Apikal preparasyon
8	.04 #35	Apikal preparasyon
9	.04 #40	Apikal preparasyon
10	.06 #30	Flaring
11	.06 #35	Flaring
12	.06 #40	Flaring

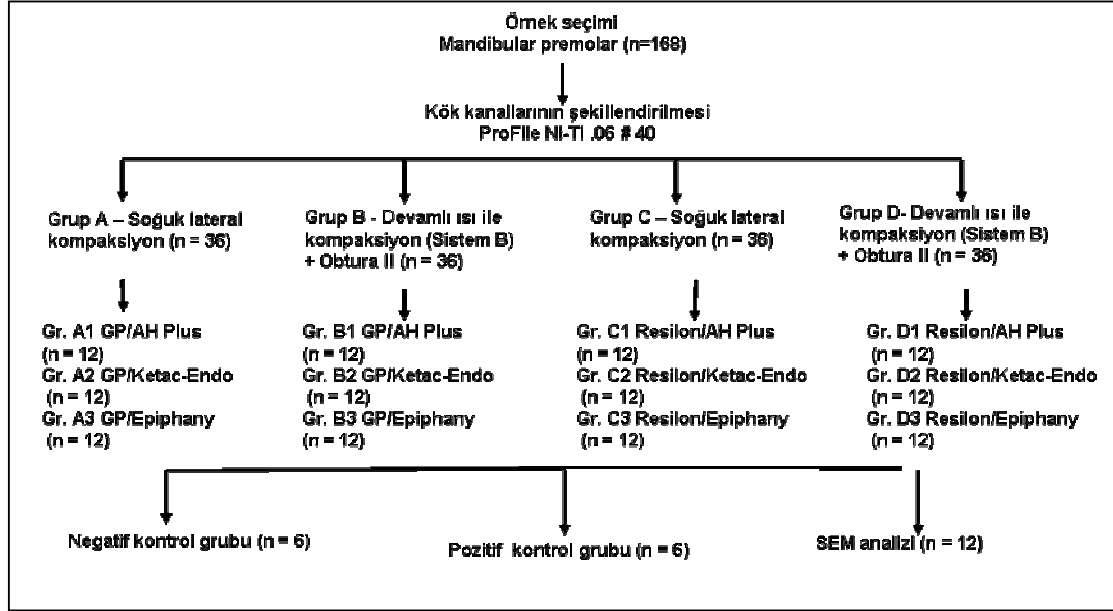
Genişletme esnasında kayganlaştırma sağlamak amacı ile Glyde File Prep<sup>4</sup> üretici firmanın önerdiği üzere kanal aletlerine bulanarak kullanıldı. Preparasyon boyunca kök kanalları her bir eğe arasında 3 ml %2.6 lık NaOCl solüsyonu kullanılarak yıkandı ve NaOCl ile yıkama sonrası kanallar son olarak 3 ml %17 EDTA ile 1 dakika ardından 3 ml distile su ile 1 dakika süre ile yıkandı. Kök kanalları kâğıt konlarla<sup>5</sup> kurulandıktan sonra her grupta 36, alt gruplarda 12 kök

<sup>3</sup> Mani K files, Japan

<sup>4</sup> Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre

<sup>5</sup> DiaDent, Kore

olacak şekilde rasgele 4 ana gruba ayrıldı. Kalan 12 kök endodontik mikrosızıntı deneyinde kullanılmak üzere saklandı (Şekil 6).



Şekil 6. Deney gruplarının dağılımı

**Grup A-** Soğuk lateral kompaksiyon (n=36)

**A1-** Güta perka + Epoksi rezin esaslı pat (n=12)

**A2-** Güta perka + Cam iyonomer esaslı pat (n=12)

**A3-** Güta perka + Dual-sertleşen metakrilat rezin esaslı pat (n=12)

**Grup B-** Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B)+ Obtura II (n=36)

**B1-** Güta perka + Epoksi rezin esaslı pat (n=12)

**B2-** Güta perka + Cam iyonomer esaslı pat (n=12)

**B3-** Güta perka + Dual-sertleşen metakrilat rezin esaslı pat (n=12)

**Grup C-** Soğuk lateral kompaksiyon (n=36)

**C1-** Resilon + Epoksi rezin esaslı pat (n=12)

**C2-** Resilon + Cam iyonomer esaslı pat (n=12)

**C3-** Resilon + Dual-sertleşen metakrilat rezin esaslı pat (n=12)

**Grup D-** Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B) + Obtura II (n=36)

**D1-** Resilon + Epoksi rezin esaslı pat (n=12)

**D2-** Resilon + Cam iyonomer esaslı pat (n=12)

**D3-** Resilon + Dual-sertleşen metakrilat rezin esaslı pat (n=12)

**Grup A. Soğuk lateral kompaksiyon** Kök kanal dolgusu işlemine başlamadan önce çalışma boyundan 2 mm kısa olması gereken uygun spreader<sup>6</sup> (#30) seçildi. Ana kon olarak 06 #40 güta perka konu<sup>4</sup> kullanılacak pata bulanarak çalışma boyunda yerleştirildi. 30 numaralı parmak spreaderi kanal boyundan yaklaşık 2-3 mm kısa olacak şekilde kanalda ilerletildi. Lateral kompaksiyon işlemine ISO aksesuar 25 numaralı güta perka konuları<sup>7</sup> ile devam edildi ve spreader kanalda 2-3 mm den daha fazla ilerlemediğinde işleme son verildi.

**Grup B. Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B)+ Obtura II** Ana kon kanala yerleştirilmeden önce çalışma boyunda 5-7mm ilerleyebilen Sistem B elektrikli ısı taşıyıcı<sup>8</sup> için özel olarak tasarlanmış plugger (fine-medium) seçildi. Plugger kanal içinde sıkıştığı noktadan 3 mm kısa olacak şekilde işaretlendi. Standart olmayan güta perka konu<sup>9</sup> (fine-medium) ucundan keskin bir bistüri yardımıyla kesilerek çalışma boyunda ayarlandı ve kullanılacak pata bulanarak kanala yerleştirildi. Sistem B elektrikli ısı taşıyıcı güta perkanın kök kanal sistemi içinde ısıtılması ve kompaksiyonu için güç kadranı tam güç seviyesine (power 10) getirildi ve sıcaklık 200°C ye ayarlandı. Kontrol düğmesi dokunma konumuna (touch mode) getirilerek pluggerin aktivasyon yayına dokunulduğunda pluggerin ısınmasına, serbest bırakıldığında da soğumasına izin verildi. İlk olarak plugger aktive edildi ve ana konun fazla kısmı kanal ağzı seviyesinde kesildi ve kompakte edildi. Plugger yeniden aktive edildi, güta perka kütlesi içine yerleştirildi ve daha önce işaretlenmiş noktaya kadar apikal yönde yumuşak hareketle ilerletildi. Plugger deaktive edilerek sıkışma noktasına kadar ilerletildi ve 10 s süreyle apikale doğru hafif basınç uygulandı. Pluggerin kanaldan çıkarılması için tekrar bir anlık aktive edildi ve

<sup>6</sup> Mani Spreaders, Japonya

<sup>7</sup> Sure –endo, Kyeonggi-do, Kore

<sup>8</sup> Analytic Technology, Redmond, VA, ABD

<sup>9</sup> SybronEndo, Orange, ABD

apikalde güta perka kütlesi bırakarak kanaldan çıkarıldı. Backfill\* işleml güta perka peletleri<sup>10</sup> 185 °C de Obtura II<sup>11</sup> cihazı ile gerçekleştirildi. 23 gaugelik Obtura II iğnesi ilk olarak apikal güta perka üzerinde 5 sn bekletildi ve ardından backfill işlemline geçildi. Kök kanal dolgusu 2-3 mm lik tabakalar halinde el pluggerı yardımıyla kondanse edildi.

**Grup C. Soğuk Lateral kompaksiyon** Ana kon olarak .06 #40 Resilon kor<sup>12</sup> materyali seçildi. Kök kanal dolgusu Grup A'da uygulanan yöntemle aynı şekilde gerçekleştirildi. Aksesuar kon olarak ISO #25, 30 Resilon kor<sup>12</sup> materyali kullanıldı.

**Grup D. Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B) + Obtura II** Ana kon olarak standart olmayan (ince-orta) Resilon kor materyali<sup>12</sup> seçildi. Apikal çl Grup B de uygulanan yöntemle aynı şekilde ancak üretici firmanın talimatı doğrultusunda Grup B den farklı olarak 150 °C de dolduruldu. Backfill işleml de Grup B de uygulanan yöntemle aynı olacak şekilde Obtura II<sup>11</sup> cihazı ve Resilon peletleri<sup>12</sup> kullanılarak yine üretici firmanın talimatı doğrultusunda 140 °C de gerçekleştirildi.

Kullanılan tüm kanal patları üreticilerin talimatlarına uygun olarak hazırlandı ve kanala lentülo<sup>13</sup> (ISO 35) yardımıyla gönderildi.

Grup A3, B3, C3 ve D3'de Epiphany kanal patı<sup>12</sup> kök kanallarına gönderilmeden önce, kök kanal duvarına Epiphany Primer<sup>14</sup> transfer pipetleri ile gönderildi, fazla primer kağıt konlar yardımıyla uzaklaştırıldı. Kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra Epiphany patının yüzeyinin sertleşmesi için köklerin koranal yüzeyine 40 s süre ile ışık uygulandı<sup>15</sup>.

Kanal dolguları tamamlanan dişlerin kuronal yüzeyleri 3mm kalınlığında kompozit rezin dolgu maddesi<sup>16</sup> ile örtüldü ve 3 hafta süre ile 37° C %100 nemli ortamda bekletildi. Daha sonra her bir kökten elmas separe<sup>17</sup> yardımıyla su soğutması altında<sup>18</sup> kökün kuronal ve orta üçlü kısmına denk gelen bölgeden art arda

\* Apikal tıkamayı takiben orta ve kuronal kök kanal üçlüsünün doldurulması. Genellikle termoplastik yöntemlerde kullanılır.

<sup>10</sup> Obtura Spartan, Peterborough, İngiltere

<sup>11</sup> Obtura Spartan, Fenton, MO, ABD

<sup>12</sup> Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD

<sup>13</sup> Thomas, Bourges, Fransa

<sup>14</sup> Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD

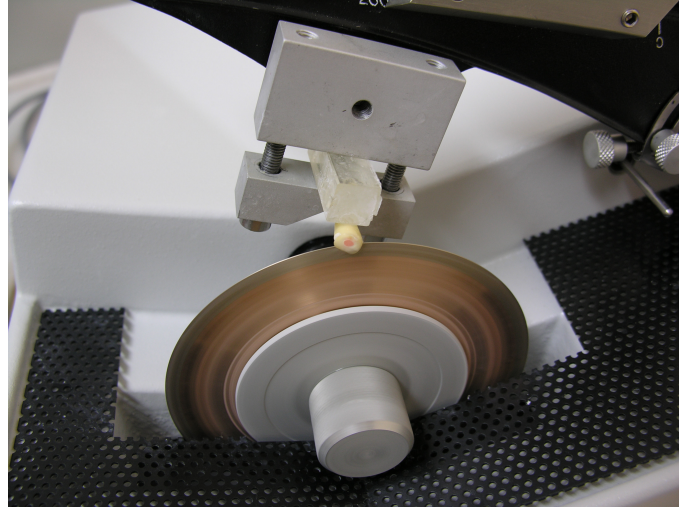
<sup>15</sup> Optilux 501; Kerr Dental, Orange, Calif, ABD

<sup>16</sup> Valux Plus, 3M Espe, St Paul, ABD

<sup>17</sup> Diamond Wafering Blade, IL, ABD

<sup>18</sup> Minitom, Struers, Almanya

1.00±0,5 mm kalınlığında üç kesit alındı (Şekil 7). Bu kesitler bağlanma dayanımı testi için, kökün kalan apikal  $11 \pm 0.05$  mm.lik parçası ise mikrosızıntı testi için kullanılmak üzere %0.2 NaN<sub>3</sub> solüsyonu ile nemlendirilmiş gazlı bezlere sarılarak 37 °C de saklandı.



**Şekil 7.** Kökün kural ve orta üçlüsünden 1.00±0,5 mm kalınlığında kesitler alınarak dentin disklerinin hazırlanması

### **3.1.1 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Belirlenmesi**

#### **3.1.1.1 Dentin Disklerinin Hazırlanması**

Paralelliği sağlamak amacıyla kanalları doldurulmuş köklerin en üst kısımları 200 rpm hızında çalıştırılan su soğutmalı kesit makinesine<sup>18</sup> bağlı bir elmas separe<sup>17</sup> yardımıyla uzaklaştırıldı. Her bir kökün kural ve orta üçlüsüne denk gelen bölgeden 1±0,05 mm kalınlığında art arda 3 adet kesit alınarak ortasında kök kanal dolgusu etrafında kök kanal dentini olan toplam 432 disk elde edildi. Her bir diskin

kural ve apikal yüzlerinin görüntüleri X40 büyütmede stereomikroskopa<sup>19</sup> bağlı dijital kamera<sup>20</sup> ile alındı.

### 3.1.1.2 Push-Out Test Düzeninin Hazırlanması

Push-out test düzeni 2 parçadan oluşmaktaydı. Birincisi, universal test cihazının<sup>21</sup> üst koluna bağlanan 10,82 cm boyunda 14,8 mm çapında ve ucunda dentin disklerine kuvvet uygulayan 1 mm çapında silindirik bir uç vidalanmış paslanmaz çelik parçaydı. İkincisi, test cihazının alt koluna bağlanan ve dentin diskinin yerleştirildiği 2,5 cm yüksekliğinde, 2,5 cm çapında ortasında 1,5 mm çapında bir delik bulunan silindirik paslanmaz çelik parçaydı (Şekil 8). Dentin diski apikal yüzü kuvvet uygulanacak tarafa bakacak şekilde silindirik zeminin ortasındaki delik üzerine yerleştirildi, siyonakrilat yapıştırıcı ile sabitlendi.



**Şekil 8.** Kuvvet uygulayan ve dentin diskinin yerleştirildiği parçalar

<sup>19</sup> Olympus SZ6045TR Zoom Stereomicroscope, Olympus Optical Co, Tokyo, Japonya

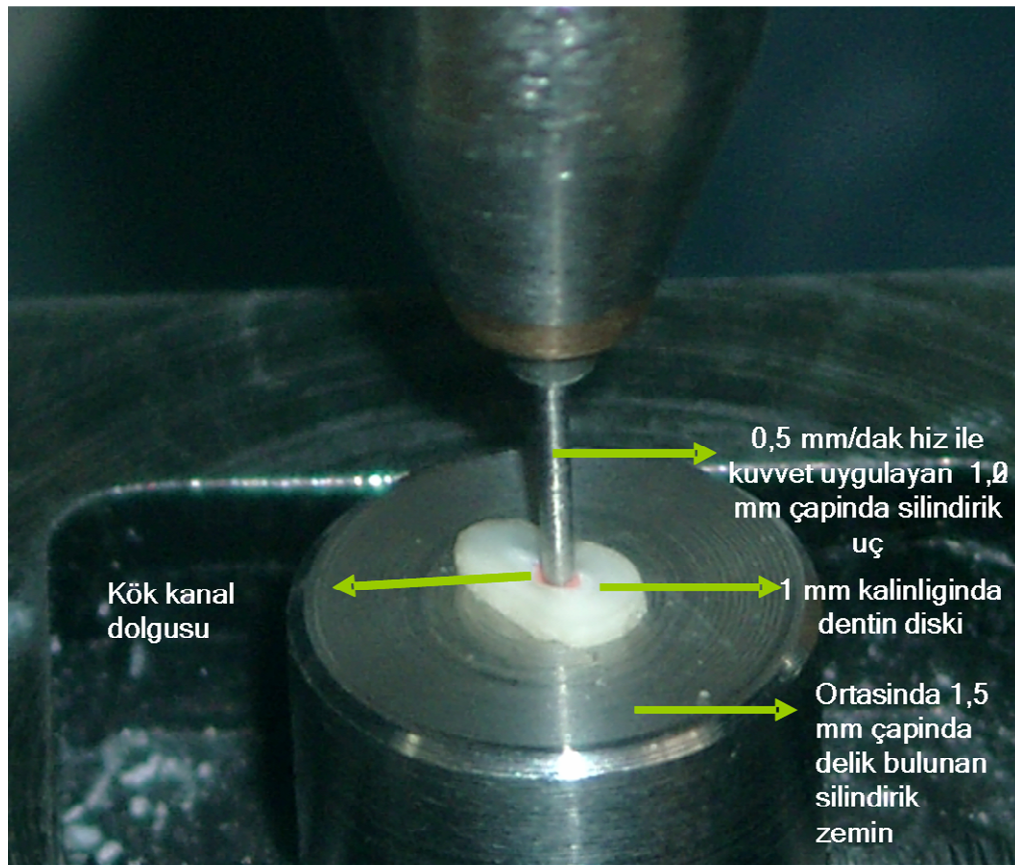
<sup>20</sup> Olympus Camedia C-4000 Zoom, Olympus Optical Co, GmbH, Kore

<sup>21</sup> Testometric, Rochdale, Lancashire, İngiltere



### 3.1.1.3 Kuvvet Uygulanması

Dentin disklerinin merkezindeki kök kanal dolgusu üzerine konumlandırılan 1mm çapındaki metal uç vasıtasıyla 0.5 mm/dak'lık hız ile kanal dolgusu kanaldan bütünüyle uzaklaşana kadar kuvvet uygulandı (Şekil 9). Maksimum mukavemet değeri Newton cinsinden kaydedildi ve test makinesi tarafından kaydedilen yük/zaman eğrisindeki ani düşüş ile de onaylandı.



Şekil 9. Kök kanal dolgusu üzerine kuvvet uygulanması

### 3.1.1.4 Bağlanma Dayanımının Hesaplanması

Bağlanma dayanımını MPa biriminde tarif etmek için her bir diskin bağlanma yüzey alanları mm<sup>2</sup> cinsinden hesaplandı. Disklerin kural ve apikal yüzlerinden alınan dijital görüntüleri AutoCAD<sup>22</sup> programına aktararak çevreleri hesaplandı. Disklerin yüksekliği dijital kumpas ile 0,001mm hassasiyetinde ölçüldü. Kök kanal dolgusunun bağlanma yüzey alanı hesaplandı (132).

$$\text{Bağlanma yüzey alanı (mm}^2\text{)} = 0.5 [\text{kural çevre (mm)} + \text{apikal çevre (mm)}]h$$

$$\text{Bağlanma dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Uygulanan kuvvet (N)}}{\text{Bağlanma yüzey alanı (mm}^2\text{)}}$$

### 3.1.1.5 Kırık Tiplerinin Belirlenmesi

Push-out testinden sonra tüm kesitlerin kural ve apikal yüzleri X40 büyütmede stereomikroskop<sup>19</sup> altında incelendi. Kesitlerde gözlenen başarısızlık kök kanal dolgusu ile dentin arasındaki adeziv başarısızlık ve kök kanal dolgusu içinde kohesiv başarısızlık olarak gruplandırıldı.

## 3.1.2 Kanal Dolgularının Mikrosızıntı Değerlerinin Belirlenmesi

### 3.1.2.1 Örneklerin Hazırlanması

3 ± 0,5 mm si bağlanma dayanımı için kullanılan köklerin apikal 11 ± 0.05 mm si mikrosızıntının belirlenmesi için kullanıldı. Ayrıca pozitif kontrol grubunu oluşturmak için aynı özelliklerde 6 adet kök diğer köklerle aynı yöntemle genişletilerek (apikal ana eğe .06 # 40) pat kullanılmadan, negatif kontrol grubu için

<sup>22</sup> AutoCAD 2000, San Rafael, CA, ABD

6 adet kök AH Plus<sup>23</sup> kanal patı kullanılarak A grubunda uygulanan şekilde güta perkanın soğuk lateral kondansasyonu ile dolduruldu.

Negatif kontrol grubundaki köklerin kanal ağızları ve apikal foramenleri dahil tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplandı. Çalışma gruplarındaki ve pozitif kontrol grubundaki köklerin kanal ağızları ve apikal foramenleri hariç tüm yüzeyleri kaplandı. Kök yüzeyleri mikrobiyal kontaminasyonun engellenmesi amacıyla %0.2 NaN<sub>3</sub> solüsyonu ile silindi.

### 3.1.2.2 Mikrosızıntı Test Düzeneginin Hazırlanması

156 adet eppendorf şişesinin alt uçları kesilerek her bir kökün kural kısmı buraya siyonaakrilat ile yapılandırıldı. Eppendorf şişelerinin ağzına 15 cm uzunluğunda steril cam bir boru araya plastik bir parça konularak yerleştirildi. Bu düzenek ağzı vida kapaklı 5 mL hacminde steril cam bir kavanozun ağzına yerleştirildi. Tüm bu düzenekte ara yüz bağlantılarındaki muhtemel sızıntı siyanoakrilat kullanılarak elimine edildi.

Endodontik mikrosızıntının değerlendirilmesinde izleyici madde olarak 180 Da molekül ağırlığına sahip 37 ° C de Ph=7 olan 1 mol/L glikoz solüsyonu kullanıldı. Her bir düzeneye %0.2 NaN<sub>3</sub> içeren ortalama 2.5 ml glikoz solüsyonu cam tüp yoluyla solüsyon kanal içindeki dolgu maddesinin en üst noktasından 14 cm yüksekliğe erişene kadar eppendorf şişesine dolduruldu. Bu şekilde 1.5 kPa (15 cm H<sub>2</sub>O) hidrostatik bir basınç yaratılmış oldu.

Glikozun kök kanalından geçerek toplanacağı 5 ml hacmindeki cam kavanoza glikozu dekompoze edebilecek mikroorganizmaların proliferasyonunu engelleyecek 1mL %0.2 NaN<sub>3</sub> solüsyonu konuldu (Şekil 10). Tüm bu sistemin bağlantı noktalarının sızdırmazlığı cam tübün açık ucundan basınçlı hava verilerek kontrol edildi. Sıvıda oluşan herhangi bir hava kabarcığı sızıntıyı gösterdi.

Düzenek 37<sup>0</sup> C ye ayarlanmış inkübatöre yerleştirildi. Tüp veya cam kavanoz içinden buharlaşma olup olmadığını kontrol amacıyla aynı şekilde hazırlanmış başka

<sup>23</sup> De-Trey-Dentsply, Konstanz, Almanya

bir düzenek inkübatöre yerleştirildi ve test süresi boyunca her gün tartılarak kontrol edildi.



**Şekil 10.** Mikrosızıntı test düzenegi

### 3.1.2.3 Spektrofotometrik Analiz

Her örnek için cam kavanozlar içinden 1. gün, 1., 2., 3. ve 4. haftalarda 10 µL solüsyon mikropipet yardımıyla alındı. 1mL lik hacmin sabit kalması amacıyla 10 µL taze %0.2 NaN<sub>3</sub> cam kavanoza eklendi. Spektrofotometrik analiz için Glucose MR kiti<sup>24</sup> kullanıldı. Üreticinin belirttiği üzere kör deneme titrasyonu (blank) olarak 10 µL NaN<sub>3</sub> ve 1 mL monoreagent\* kullanıldı. Standart olarak, 10 µL kitin standart

<sup>24</sup> Cromatest, Barcelona, İspanya

\* Gerekli tüm belirteçleri içeren uygun tampon içindeki süspansiyon. Çalışmada kullanılan monoreagent: Ph 7.5 100mmol/L fosfat taponu, glikoz oksidaz > 10 KU/L, peroksidaz > 2 KU/L, 0.5 mmol/L 4-aminoantiprin, 5 mmol/L fenol içermektedir.

solüsyonundan ve 1 mL monoreagent kullanıldı. 10 µL'lik örnek solüsyonların üzerine de 1 mL monoreagent eklendi (Şekil 11).



**Şekil 11.** Kör, örnek ve standart solüsyonları

Blank, örnek ve standart solüsyonlarının abzorban değeri birbirinden bağımsız iki değerlendirmeci tarafından 500 nm dalga boyunda UV-Vis spektrofotometrede<sup>25</sup> (Şekil 12) ölçüldü. Kör deneme titrasyonundan elde edilen abzorban değerleri, örnekten elde edilen abzorban değerinden çıkarıldı. Böylece, örnek için hazırlanan titrasyonda, kullanılan yardımcı maddelerden gelen etkiler uzaklaştırılmış oldu.

<sup>25</sup> Shmadzu, Schimadzu Corporation, Kyoto, Japonya



**Şekil 12.** UV-Vis spektrofotometre cihazı

Sızıntı mmol/L olarak aşağıdaki formülle hesaplandı.

$$\frac{Ab_{\text{örnek}}}{Ab_{\text{standart}}} \times K_{\text{standart}} = \text{mg/dl glikoz}$$

Verileri Uluslararası Birim Sistemi ile ifade etmek için şu formül kullanıldı.

$$\text{Mg/dl} \times 0.0555 = \text{mmol/L}$$

### 3.1.3 Elektron Tarama Mikroskop (SEM) Analizi

SEM analizi için her grubu temsil eden birer diş, toplam 12 diş seçildi.

#### 3.1.3.1 Örneklerin SEM İçin Hazırlanması

Köklerin üzerinde alev uçlu bir elmas frez yardımı ile su soğutması altında kök kanal dolgusuna zarar verilmeden uzun eksene paralel bukkolingual doğrultuda oluk açıldı ve kök bistüri yardımıyla ikiye ayrıldı. Elde edilen bu örnekler 15'er dakika

sırasıyla %50, %75, %85 ve %96,5 etil alkol içerisinde bekletilerek dehidrate edildi. Kökün her iki parçası vakum altında kurutuldu, havasız ortamda altınla kaplandı ve SEM<sup>26</sup> ile X35-X2000 büyütme arasında elde edilen mikrograflar dolgu materyallerinin birbiriyle, dentinle ve dentin tübüleriyle ilişkisi açısından incelendi.

### 3.2 İstatistiksel Analiz

Push-out testi sonucunda elde edilen kök dentinine bağlanma dayanımı (MPa) ve glikoz penetrasyon testi sonucunda elde edilen glikoz konsantrasyon verileri (mmol/L) Levene Varyans Homojenlik Testi ile değerlendirildi. Kök dentinine bağlanma dayanımı değerleri homojen dağılım gösterdiğinden kompaksiyon teknikleri, kor materyalleri ve patlara göre farklılıklar üç faktörlü faktöriyel varyans analizi (ANOVA) ve Post Hoc Tukey HSD testleri ile analiz edildi. Ana etkiler arasındaki tüm ikili ve üçlü etkileşimler (interaksiyon) modele dahil edildi. Oniki grup içinde en iyi kombinasyonun tesbit edilebilmesi için de tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Post Hoc Tukey HSD testleri kullanıldı. Glikoz penetrasyon değerleri homojen dağılım göstermediğinden Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U çoklu karşılaştırma testleri ile değerlendirildi.

Kök dentinine bağlanma ve glikoz penetrasyon değerlerinin arasında bir ilişki olup olmadığını anlamak için non-parametrik korelasyon testi 'Kendall's tau-b' uygulandı.

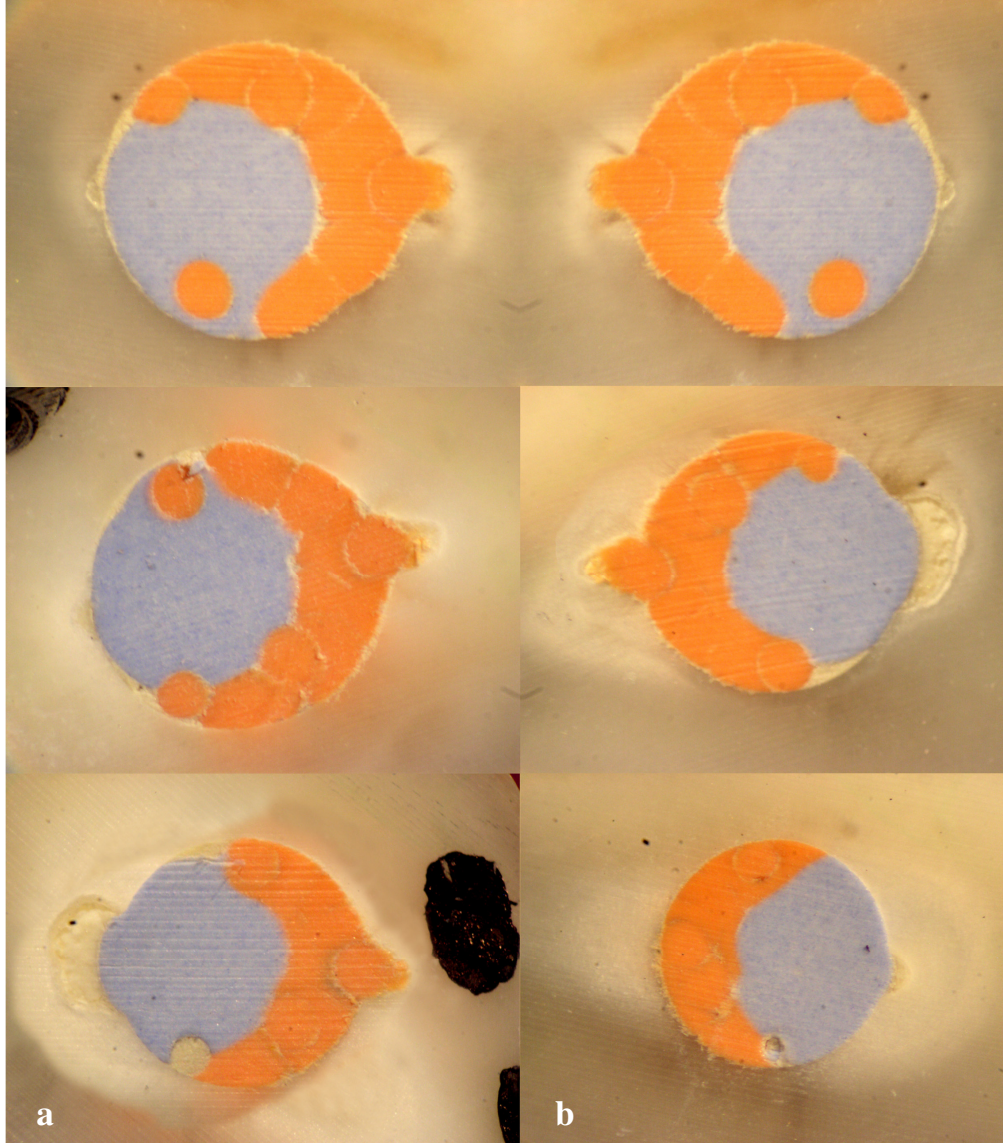
Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi  $P < 0,05$  kabul edildi.

---

<sup>26</sup> JSM-5200, Jeol Ltd, Tokyo, Japonya

## 4. BULGULAR

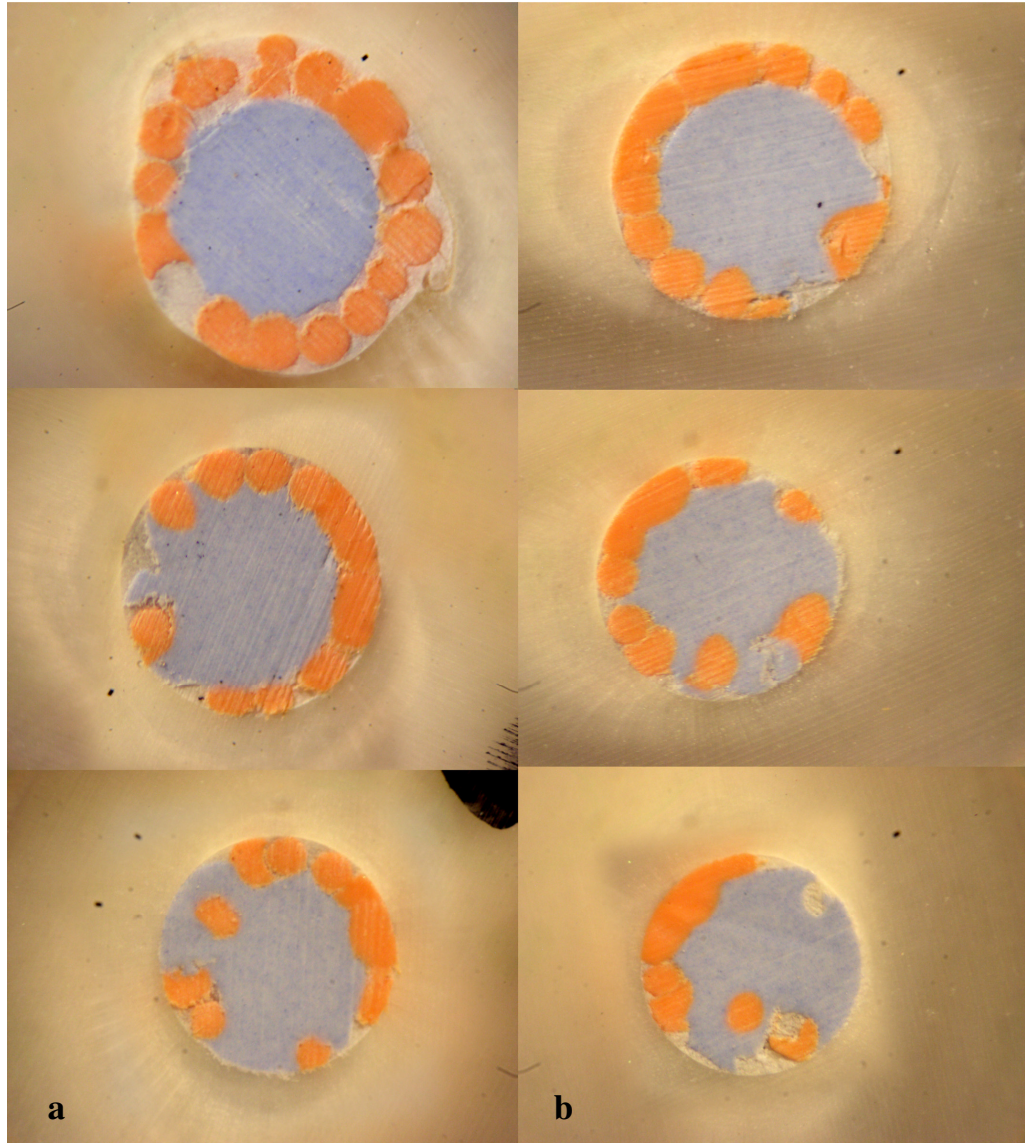
### 4.1 Dentin Disklerine Ait Dijital Görüntüleri



**Şekil 13.** GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

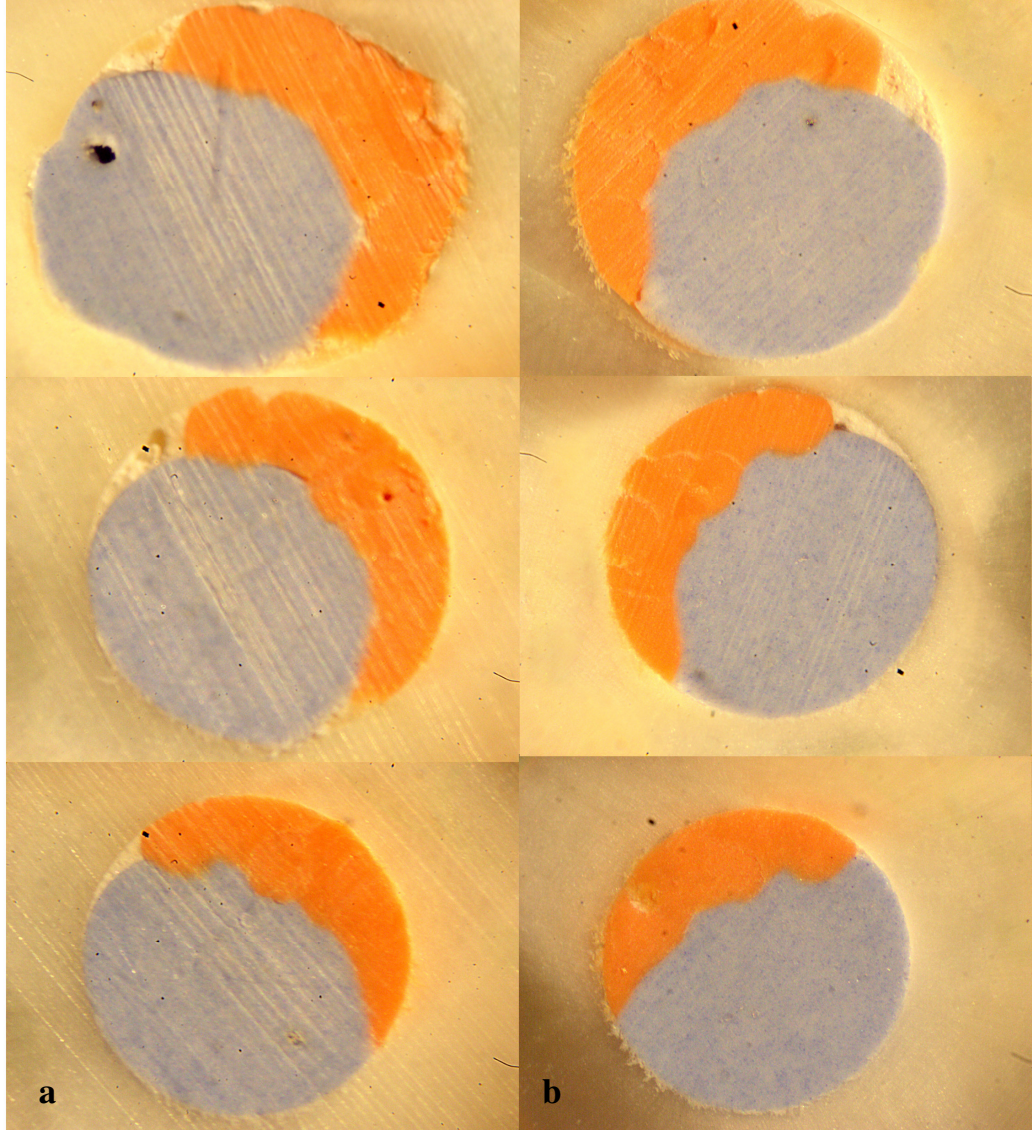
GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde kanal boşluğunun homojen bir şekilde doldurulduğu, aksesuar konuların iyi kompakte edildiği ve AH Plus kanal patınının ince bir tabaka halinde yer aldığı izlendi (Şekil 13).





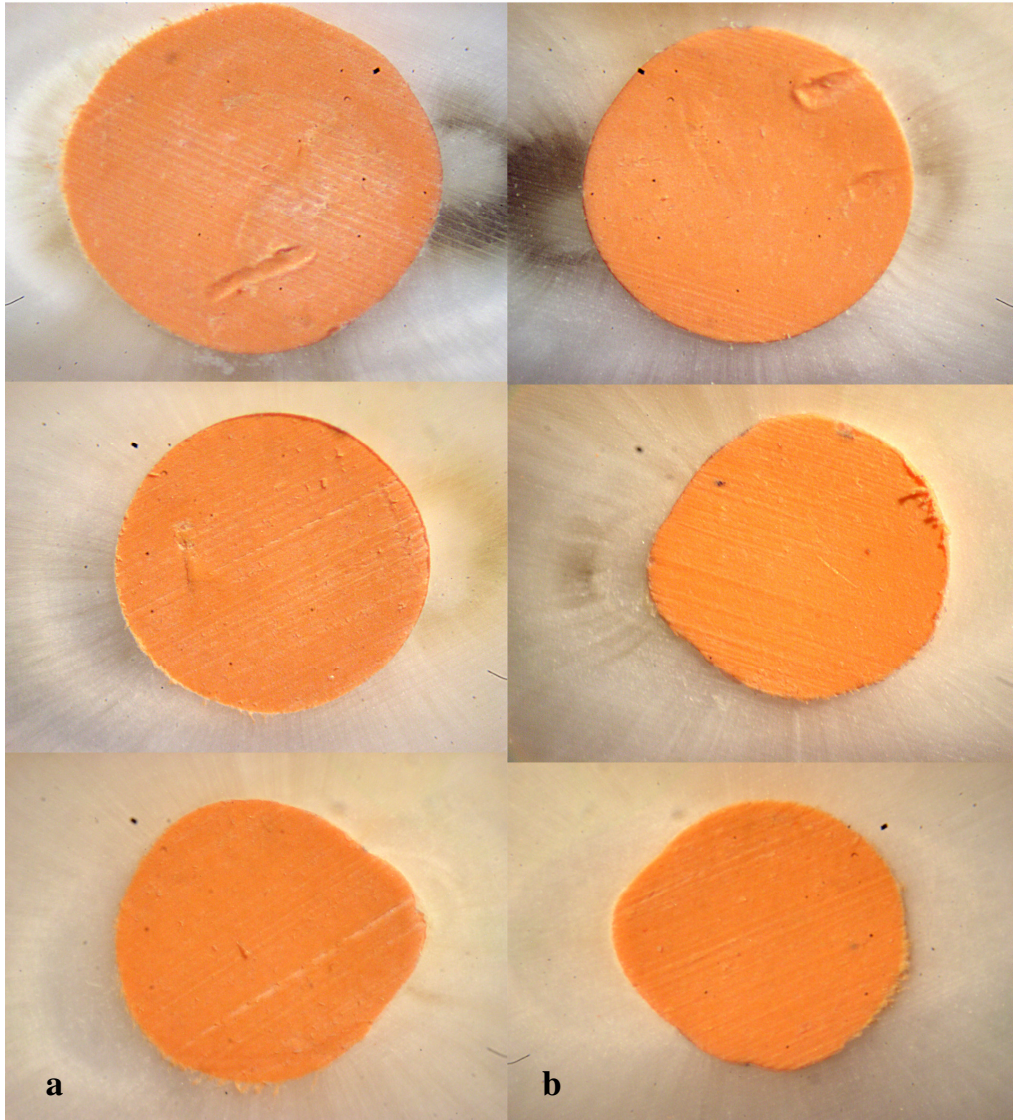
**Şekil 14.** GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kuronal (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde bazı kesitlerde ana güta perka konu ve aksesuar konlar arasında kalın bir tabaka halinde Ketac-Endo kanal patı gözlemlendi (Şekil 14).



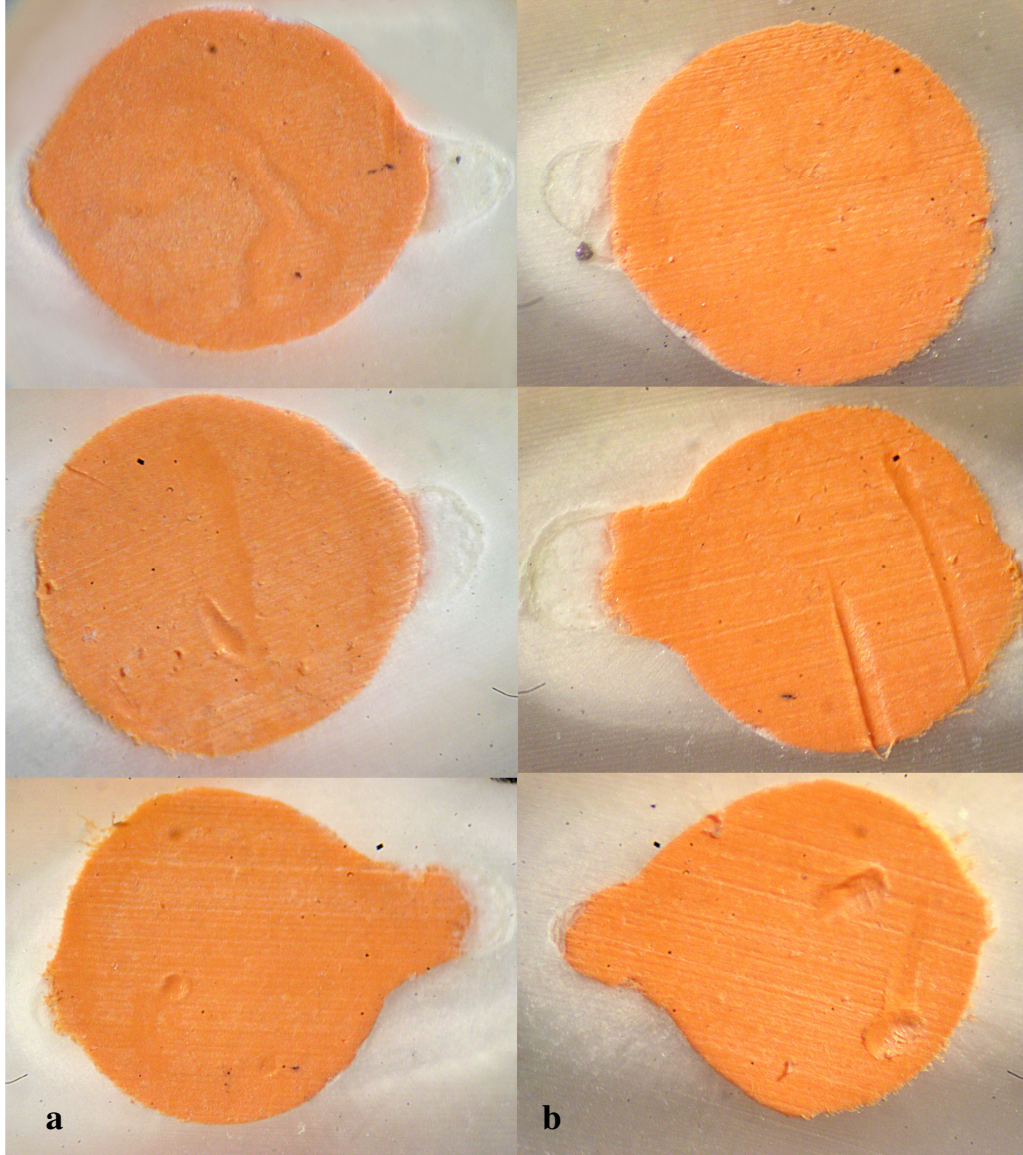
**Şekil 15.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde kanal dolgu homojenitesinin yüksek olduğu ve Epiphany kanal patının ince bir tabaka halinde yer aldığı izlendi (Şekil 15).



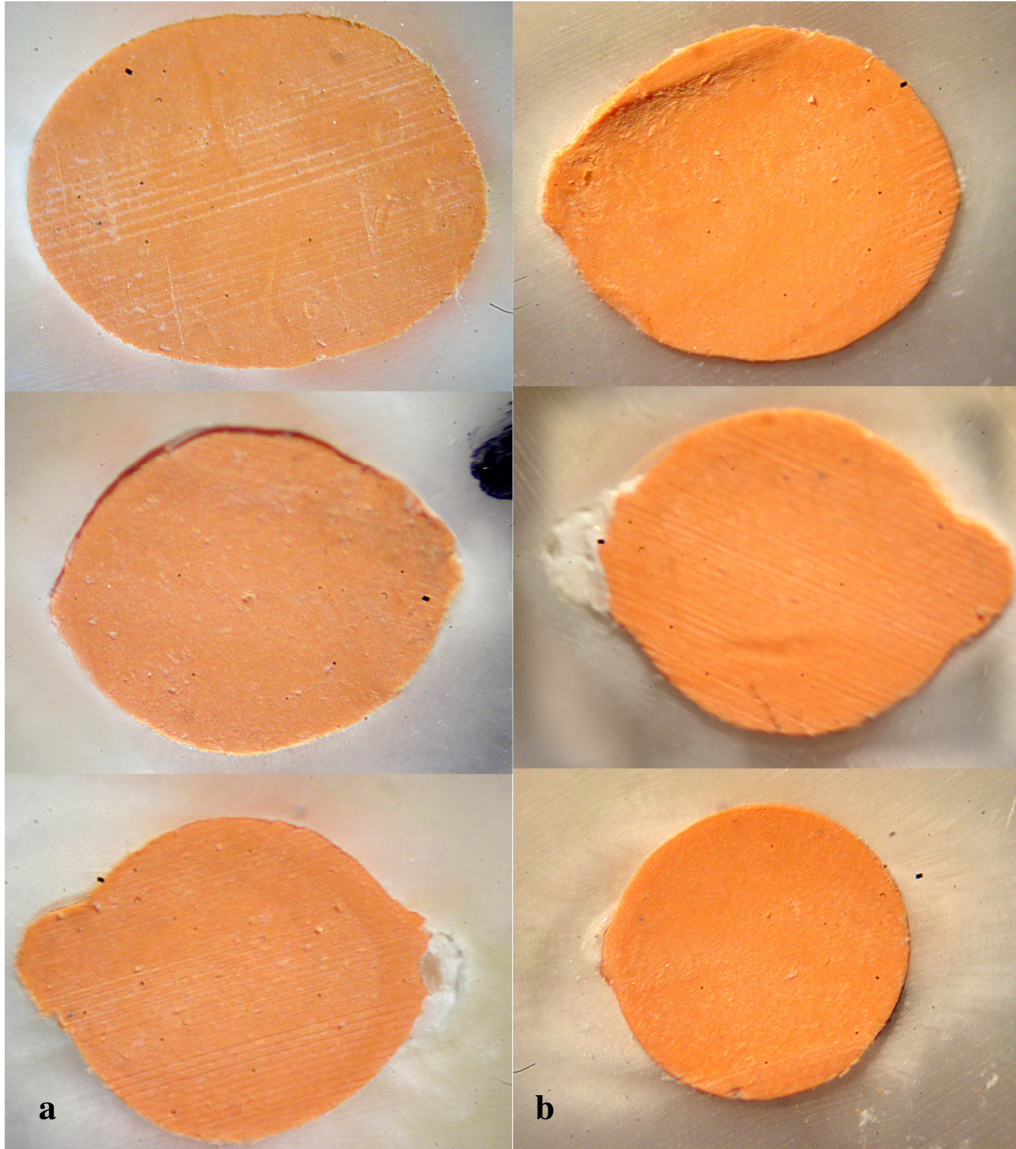
**Şekil 16.** GP/AH Plus/Devamlı 1s1 ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

GP/AH Plus/Devamlı 1s1 ile kompaksiyon grubu örneklerinde homojen bir güta perka kitlesi ile çevresinde oldukça ince tabaka halinde AH Plus kanal patı izlendi (Şekil 16).



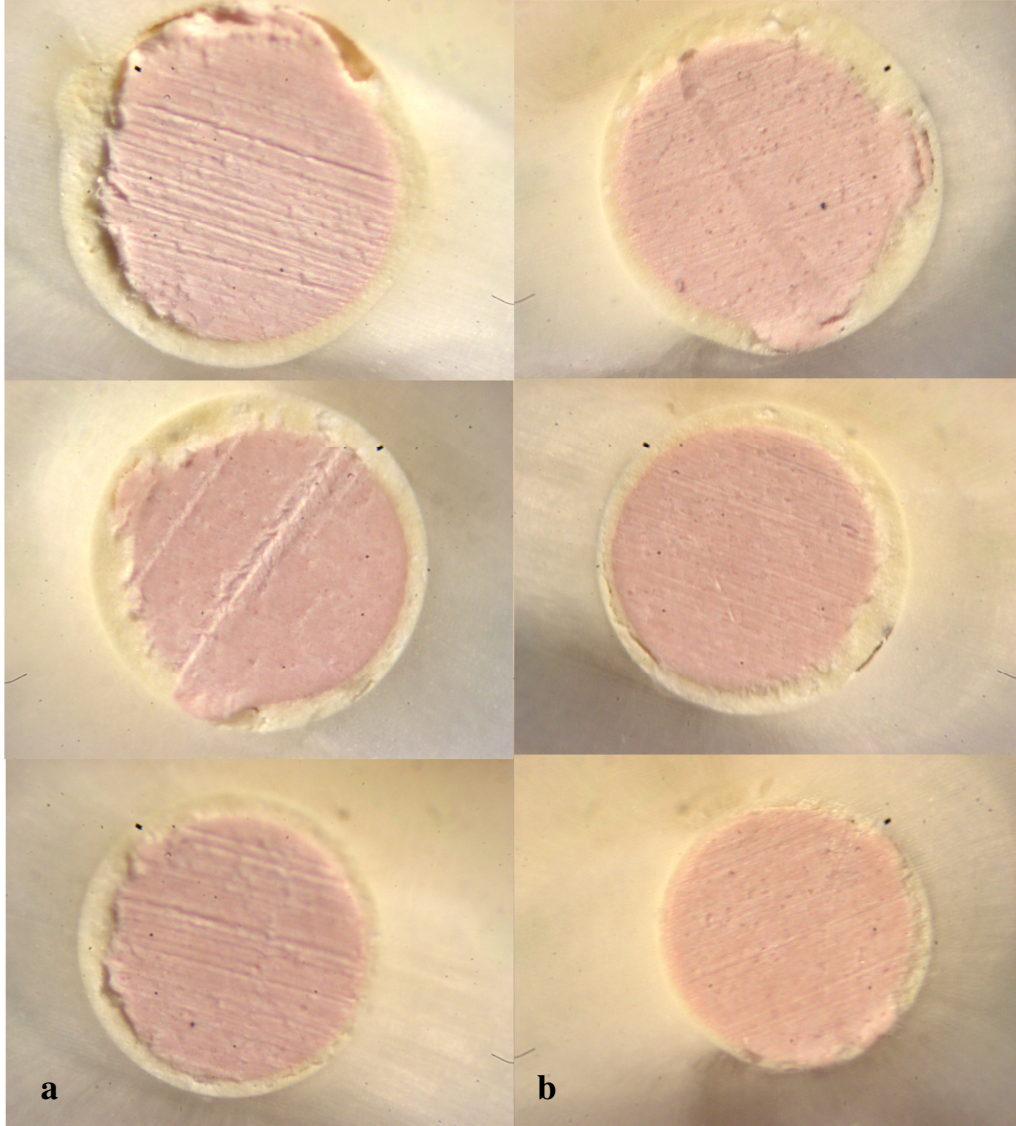
**Şekil 17.** GP/Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

GP/ Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon grubu örneklerinde homojen bir güta perka kitlesi ile çevresinde oldukça ince tabaka halinde Ketac-Endo kanal patı izlendi (Şekil 17).



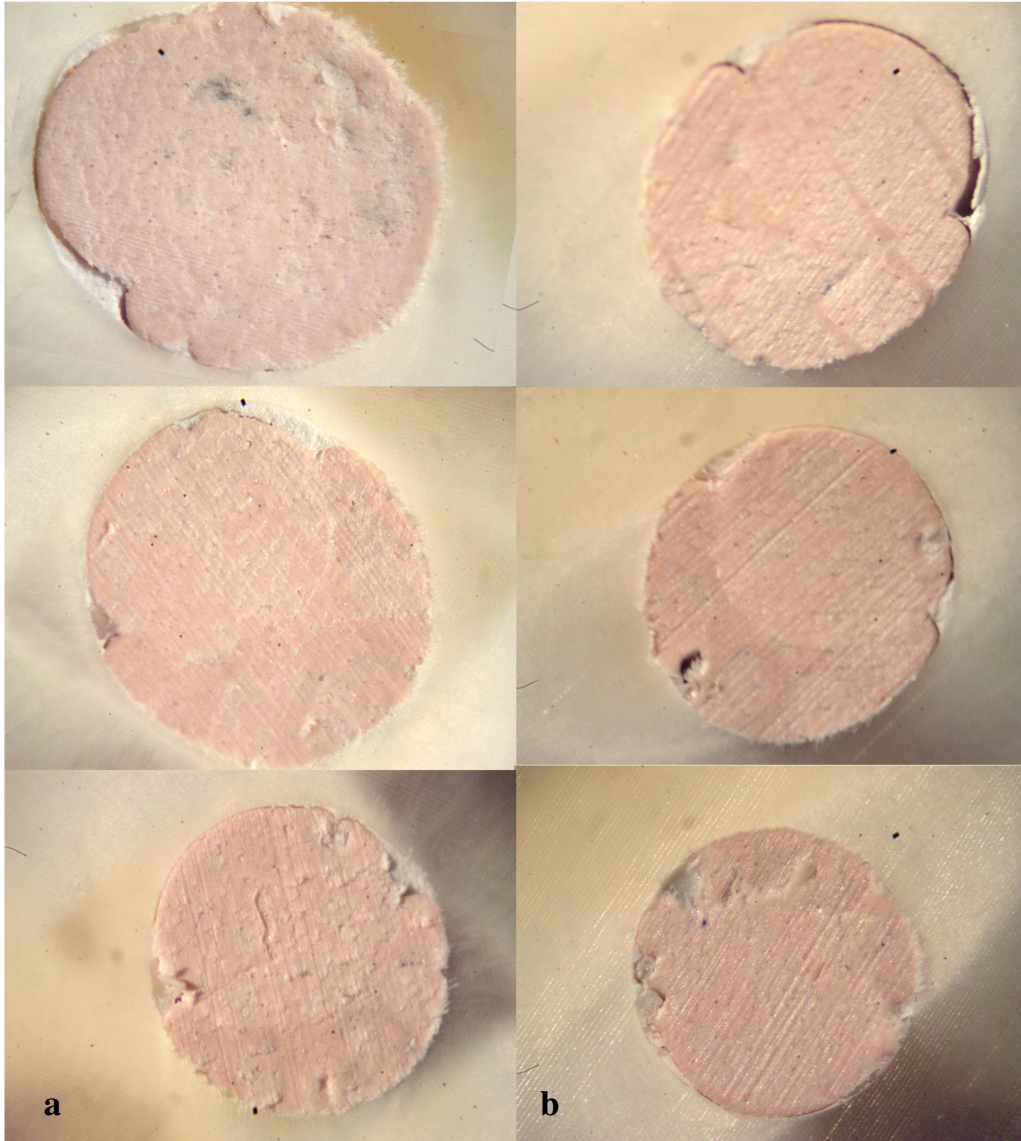
**Şekil 18.** GP/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (B3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

GP/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon grubu örneklerinde homojen bir gütâ perka kitlesi ile çevresinde oldukça ince tabaka halinde Epiphany kanal patı izlendi (Şekil 18).



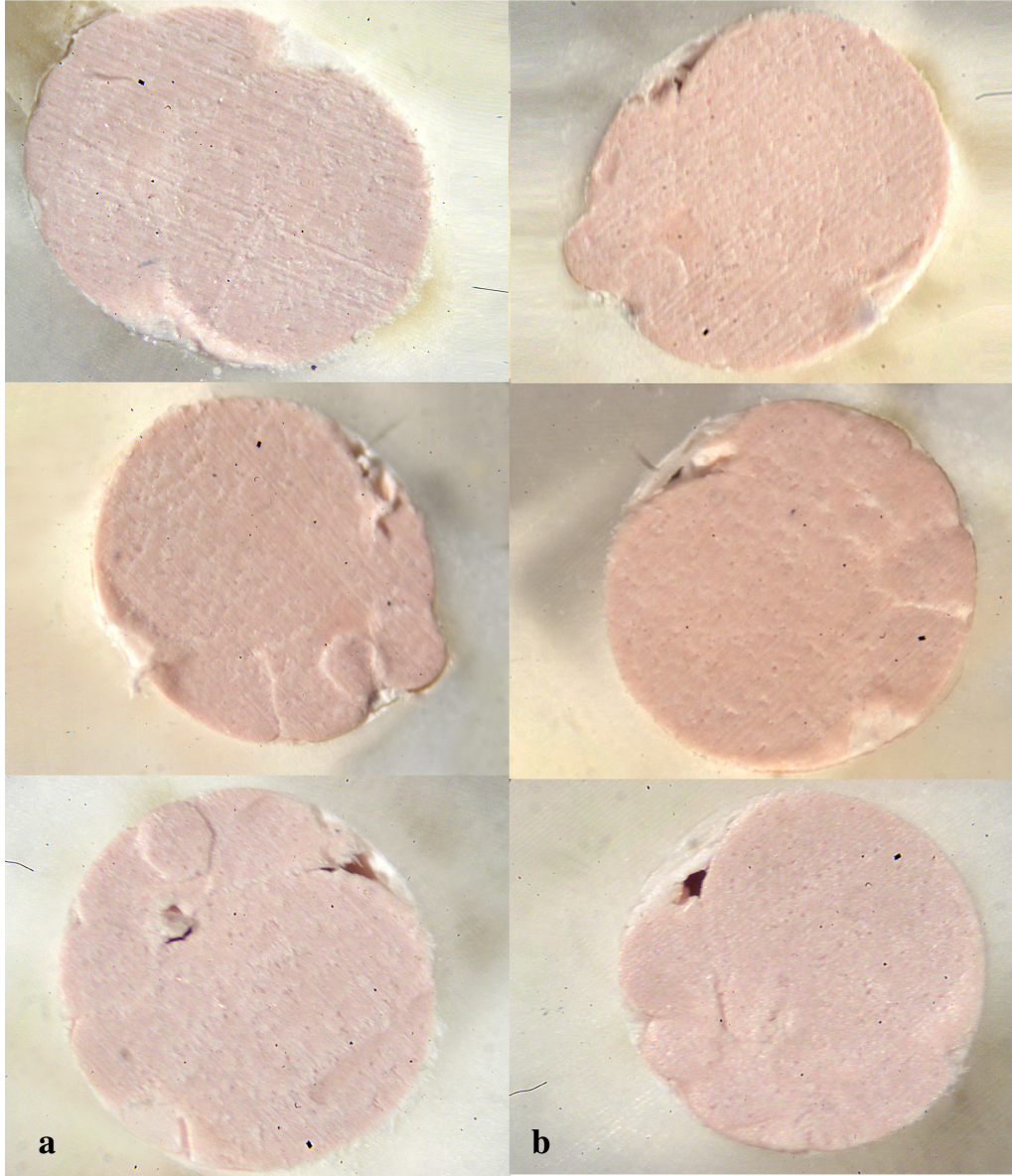
**Şekil 19.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde ana Resilon kor materyalinin etrafında kalın bir tabaka halinde AH Plus kanal patı izlendi (Şekil 19).



**Şekil 20.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

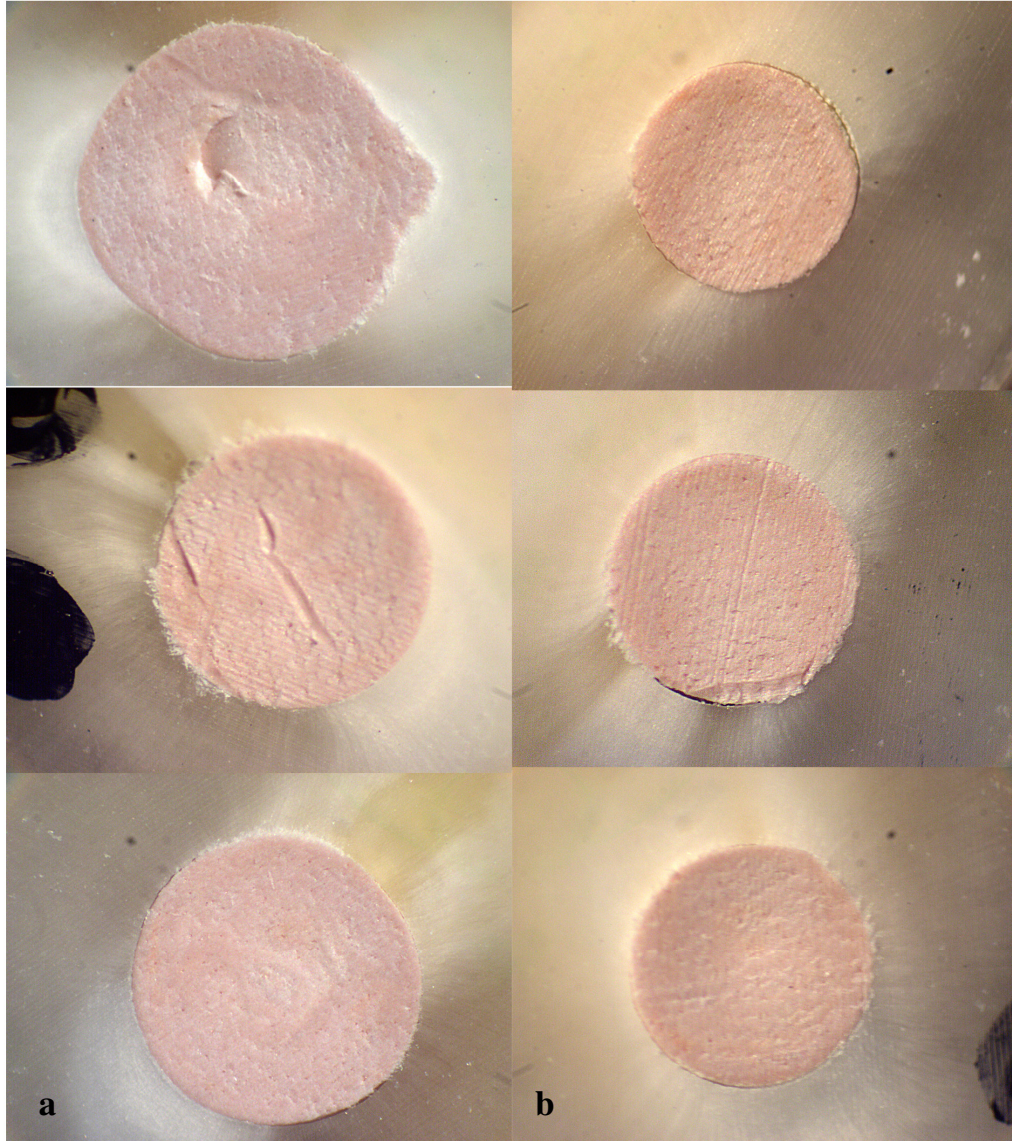
Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde ana kon ve aksesuar konlar arasında homojen bir ilişki olmasına rağmen, Ketac-Endo kanal patı içindeki hava boşlukları dikkati çekti (Şekil 20).



**Şekil 21.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

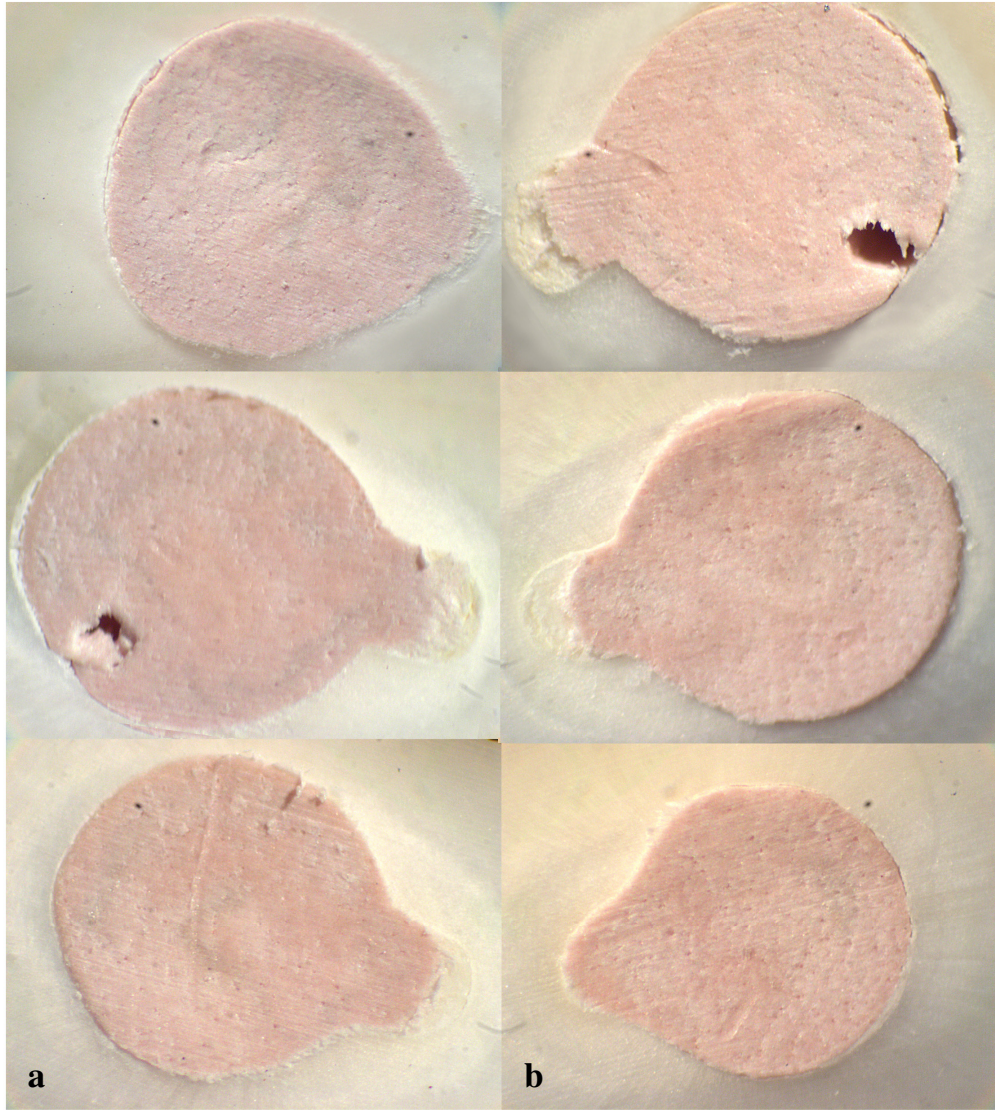
Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu örneklerinde ana kor materyali ve aksesuar konlar arasında boşluklar gözlemlendi (Şekil 21).





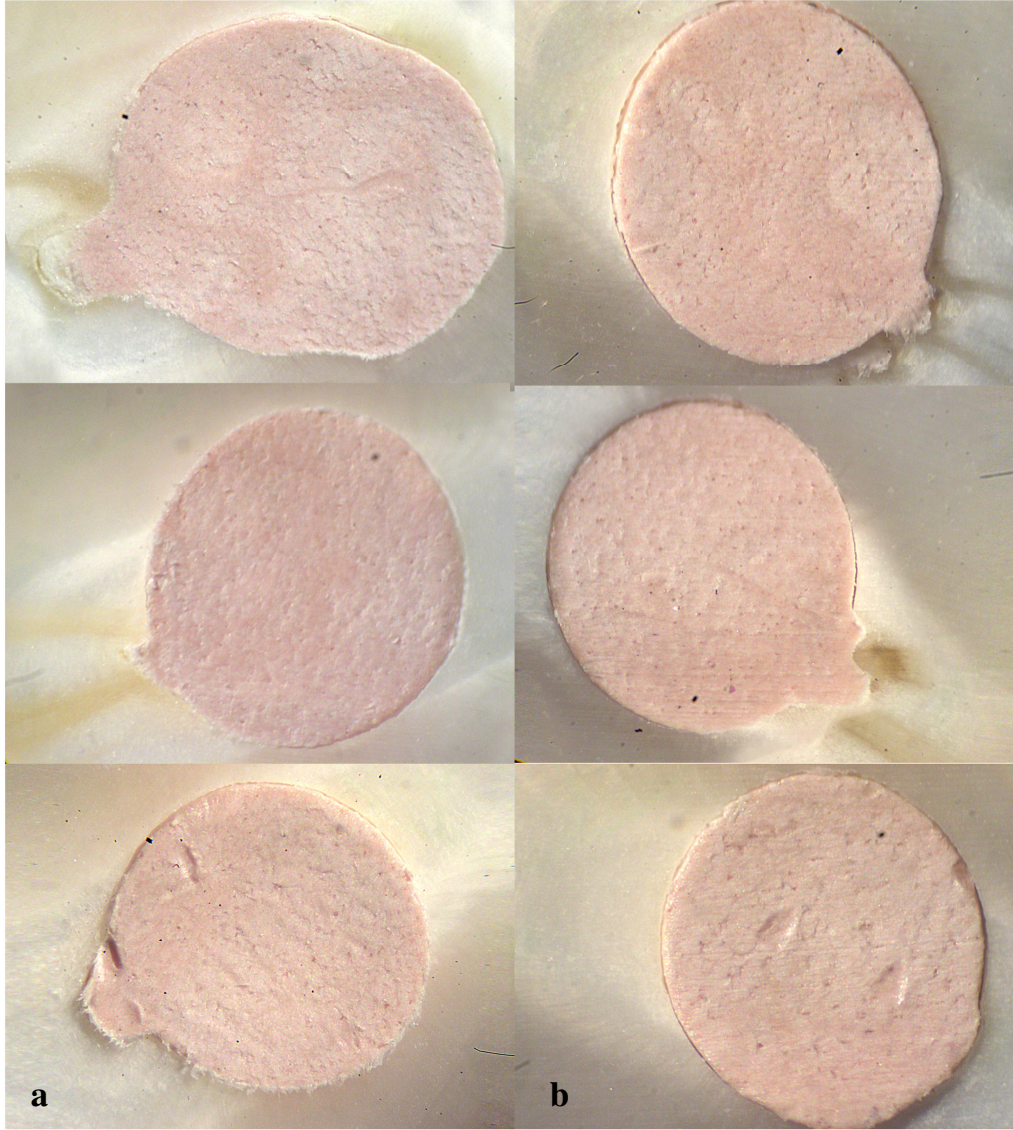
**Şekil 22.** Resilon/AH Plus/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D1)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kuronal (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

Resilon/AH Plus/Devamlı ısı ile kompaksiyon grubu örneklerinde homojen bir kanal dolgusu izlendi (Şekil 22).



**Şekil 23.** Resilon/Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D2)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

Resilon/Ketac-Endo/Devamlı ısı ile kompaksiyon grubuna ait bazı örneklerde kanal dolgusu içinde hava boşlukları gözlemlendi (Şekil 23).



**Şekil 24.** Resilon/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon (Sistem B + Obtura II) grubu (D3)'e ait bir örneğin dentin kesitlerinin kural (a) ve apikal (b) yüz görüntüleri

Resilon/Epiphany/Devamlı ısı ile kompaksiyon grubu örneklerinde homojen bir kanal dolgusu izlendi (Şekil 24).

## 4.2 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarına Ait Bulgular

Kök dentinine bağlanma dayanımı açısından, kor materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 3). Güta perka, Resilon'dan daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdi (Çizelge 4).

**Çizelge 3.** 3-yönlü ANOVA istatistiksel analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Df	Ortalama karesel değer	F	P
Kompaksiyon teknikleri	1	1,201	1,14	,287
Kor materyalleri	1	51,708	49,24	,000
Patlar	2	4,992	4,75	,010
Kor materyalleri x Kompaksiyon teknikleri	1	8,776	8,36	,004
Kor materyalleri x Patlar	2	15,334	14,60	,000
Kompaksiyon teknikleri x Patlar	2	6,850	6,52	,002
Kor materyalleri x Kompaksiyon teknikleri x Patlar	2	0,274	0,26	,771
Hata	134	1,050		

Genel ortalama =  $2,57 \pm 1,34$

**Çizelge 4.** Kanal dolgu kor materyallerine göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa). \* Farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $P < 0,05$ ).

Kor Maddesi	n	Ortalama	Standart sapma
Güta perka	72	3,17 <sup>a</sup>	1,22
Resilon	72	1,97 <sup>b</sup>	1,18

Patlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 3). Ketac-Endo, kanal dolgu patları arasında, en yüksek bağlanma değerini gösterdi. AH Plus, Ketac-Endo'dan daha düşük bağlanma değeri gösterdi ancak aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $P > 0,05$ ). Epiphany diğer iki kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlanma değeri gösterdi ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Kanal dolgu patlarına göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa). \*Farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $P < 0.05$ ).

<b>Kanal dolgu patı</b>	<b>n</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart sapma</b>
AH Plus	48	2, 70 <sup>b</sup>	1, 07
Ketac-Endo	48	2, 80 <sup>b</sup>	1, 53
Epiphany	48	2, 20 <sup>a</sup>	1, 31

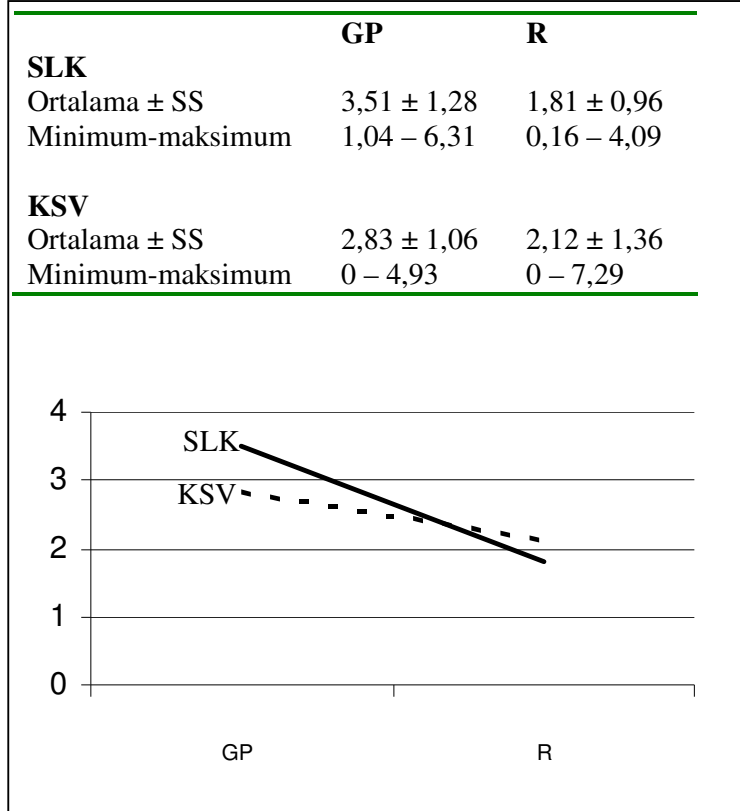
Kompaksiyon teknikleri karşılaştırıldığında soğuk lateral kompaksiyon ve kombine sıcak vertikal kompaksiyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $P > 0,05$ ) (Çizelge 3, 6).

**Çizelge 6.** Kompaksiyon tekniklerine göre bağlanma dayanımı bulgularının karşılaştırılması (MPa).

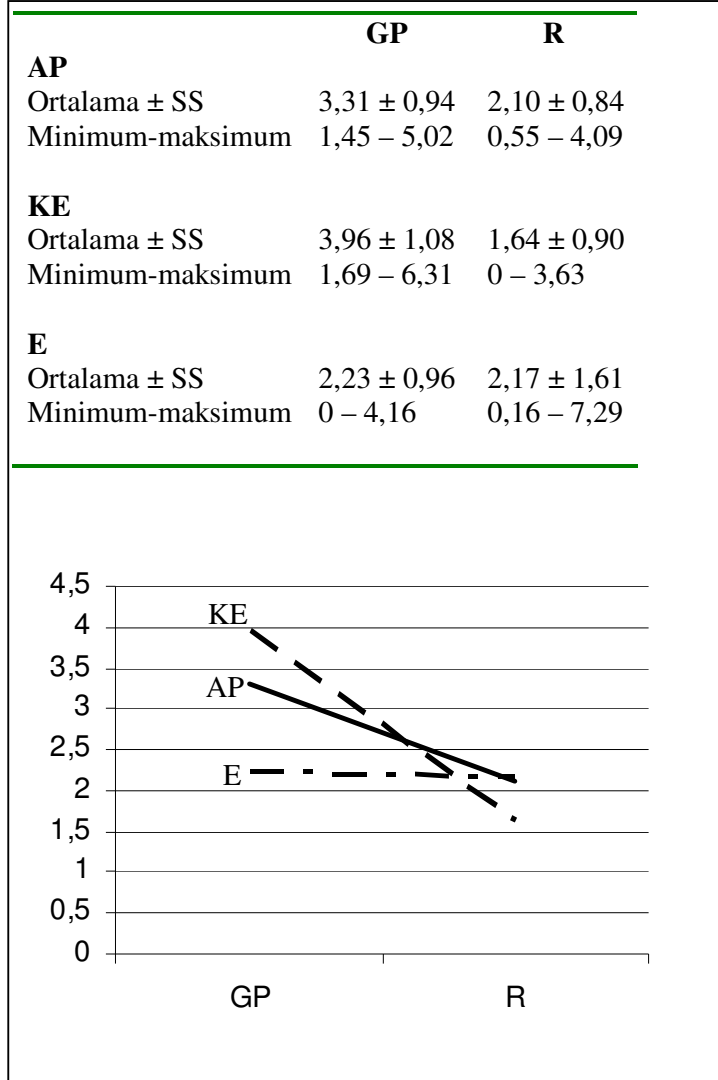
<b>Doldurma tekniği</b>	<b>n</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart sapma</b>
Soğuk lateral kompaksiyon	72	2, 66	1, 41
Kombine sıcak vertikal kompaksiyon	72	2, 48	1, 26

Kor materyalleri ile kompaksiyon teknikleri (Çizelge 7), kor materyalleri ile patlar (Çizelge 8), patlar ile kompaksiyon teknikleri (Çizelge 9) arasında istatistiksel olarak anlamlı ikili etkileşimler tespit edildi ( $P < 0,05$ ). Kor materyalleri, kompaksiyon teknikleri ve patlar arasındaki üçlü etkileşim istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (Çizelge 3) ( $P > 0,05$ ).

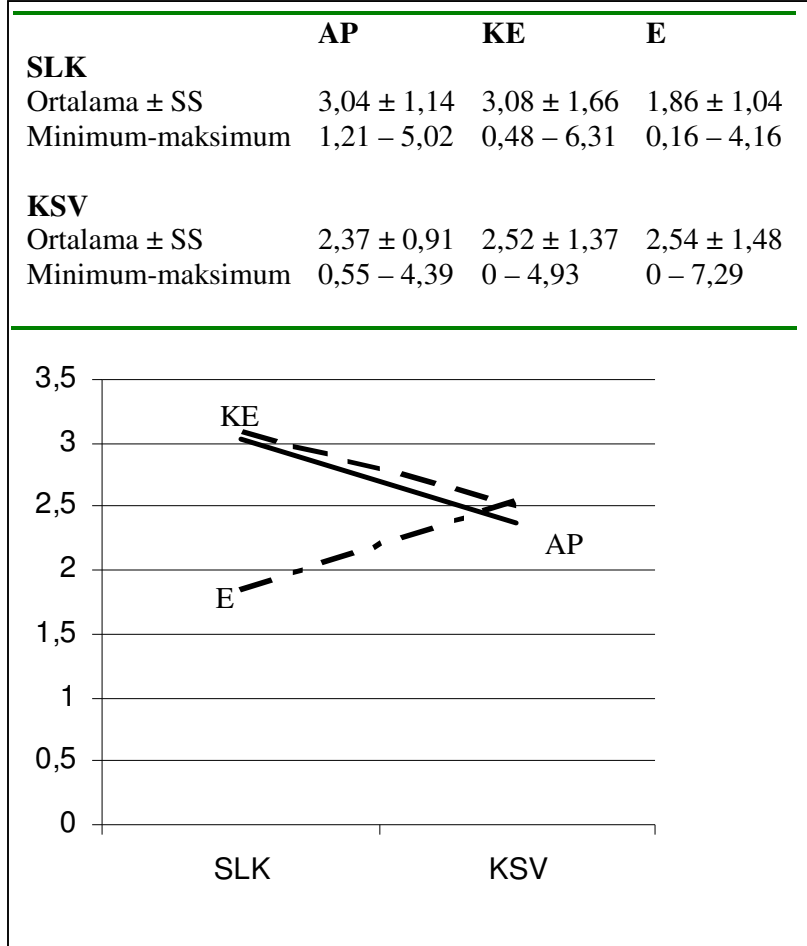
**Çizelge 7.** Kor materyalleri ve kompaksiyon teknikleri arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon).



**Çizelge 8.** Kor materyalleri ve patlar arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği (GP = Güta perka, R = Resilon, AP = AH Plus, KE = Ketac-Endo, E = Epiphany)



**Çizelge 9.** Patlar ve kompaksiyon teknikleri arasındaki ikili etkileşimin tanımlayıcı istatistiği ve grafiği (SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon, AP = AH Plus, KE = Ketac-Endo, E = Epiphany)





Push out testi sonucunda kanal dolgu maddelerinin kök kanal dentini ile bağlanma dayanımları açısından test edilen 12 kombinasyon grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edildi ( $F = 18,542$ ;  $p = 0,000$ ).

Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan Post Hoc Tukey test analizi sonucu Çizelge 10'da görülmektedir. En yüksek bağlanma dayanımı gösteren kök kanallarının güta perka/Ketac-Endo/lateral kompaksiyon grubu (Grup A2) ile kök kanallarının güta perka/AH Plus/lateral kompaksiyon grubu (Grup A1) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $P > 0,05$ ). En düşük bağlanma dayanımı gösteren Resilon/Epiphany/lateral kompaksiyon grubu (Grup C3) ile Resilon/Ketac-Endo/lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2) ve Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D1) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $P > 0,05$ ).

**Çizelge 10.** Gruplara ait bağlanma dayanımı bulguları (MPa). (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon). \*Farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $P < 0,05$ ).

Gruplar	n	Ortalama* $\pm$ SS	Minimum - Maksimum
A1. GP/AH Plus/SLK	12	3,86 <sup>d,e</sup> $\pm$ 1,02	1,49 – 5,79
A2. GP/Ketac-Endo/SLK	12	4,43 <sup>e</sup> $\pm$ 1,50	2,04 – 7,45
A3. GP/Epiphany/SLK	12	2,22 <sup>b,c</sup> $\pm$ 1,37	0 – 5,61
B1. GP/AH Plus/KSV	12	2,75 <sup>c</sup> $\pm$ 1,21	0,76 – 5,12
B2. GP/Ketac-Endo/KSV	12	3,49 <sup>d</sup> $\pm$ 1,31	0 – 6,23
B3. GP/Epiphany/KSV	12	2,25 <sup>b,c</sup> $\pm$ 1,24	0 – 4,65
C1. R/AH Plus/SLK	12	2,21 <sup>b,c</sup> $\pm$ 1,07	0,59 – 4,81
C2. R/Ketac-Endo/SLK	12	1,73 <sup>a,b</sup> $\pm$ 1,14	0,32 – 4,80
C3. R/Epiphany/SLK	12	1,49 <sup>a</sup> $\pm$ 1,13	0 – 4,88
D1. R/AH Plus/KSV	12	1,99 <sup>a,b</sup> $\pm$ 1,07	0 – 4,32
D2. R/Ketac-Endo/KSV	12	1,54 <sup>a</sup> $\pm$ 1,17	0 – 4,12
D3. R/Epiphany/KSV	12	2,84 <sup>c</sup> $\pm$ 2,11	0 – 9,29
Toplam	144	2,57 $\pm$ 1,58	0 – 9,29

### 4.3 Kırık Tiplerinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Örneklerin kırılma tiplerinin mikroskopik olarak incelenmesi sonucu değerlendirildiği test sonuçlarına göre tüm gruplar için kök kanal dolgusu içinde total koheziv başarısızlık sayısı adeziv başarısızlıktan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. (P=0,000). Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı Çizelge 11’de görülmektedir.

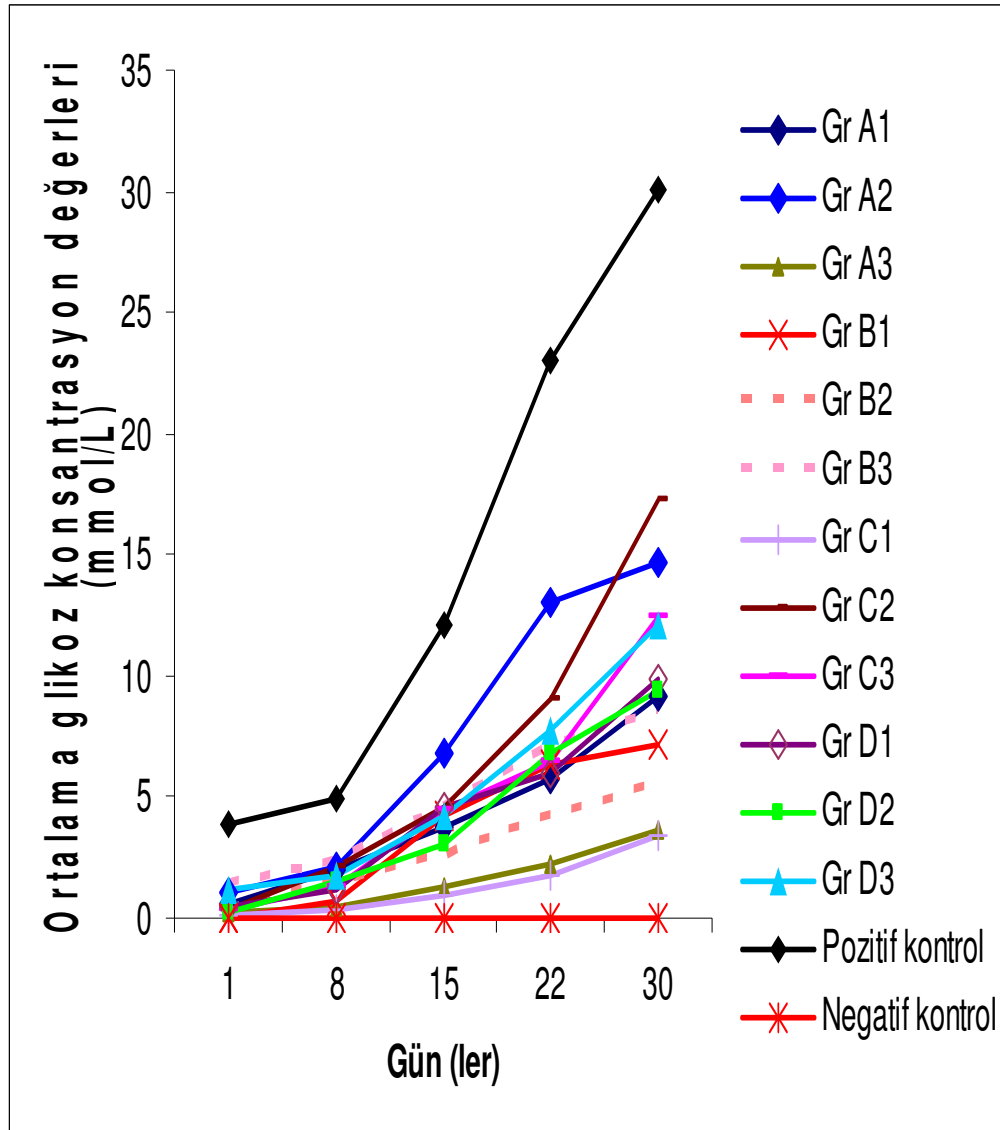
**Çizelge 11.** Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı (n.%). (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon).

Gruplar	Adeziv başarısızlık	Koheziv başarısızlık
	n (%)	n (%)
A1. GP/AH Plus/SLK	3 (8,3)	33 (91,7)
A2. GP/Ketac-Endo/SLK	7 (19,4)	29 (80,6)
A3. GP/Epiphany/SLK	5 (13,9)	31 (86,1)
B1. GP/AH Plus/KSV	22 (61,1)	14 (38,9)
B2. GP/Ketac-Endo/KSV	15 (41,7)	21 (58,3)
B3. GP/Epiphany/KSV	27 (75,0)	9 (25,0)
C1. R/AH Plus/SLK	9 (25,0)	27 (75,0)
C2. R/Ketac-Endo/SLK	9 (25,0)	27 (75,0)
C3. R/Epiphany/SLK	11 (30,6)	25 (69,4)
D1. R/AH Plus/KSV	22 (61,1)	14 (38,9)
D2. R/Ketac-Endo/KSV	24 (66,7)	12 (33,3)
D3. R/Epiphany/KSV	19 (52,8)	17 (47,2)
Toplam	173 (40,0)	259 (60,0)

### 4.4 Kanal Dolgularının Glikoz penetrasyon Değerlerine Ait Bulgular

Pozitif kontrol grubunda ilk günden başlayarak 30 gün boyunca artış gösteren glikoz konsantrasyon değerleri elde edildi. Pozitif kontrol grubu ve deney grupları

arasında tüm zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ( $P < 0.05$ ). Negatif kontrol grubundaki örneklerde deney süresince glikoz tespit edilmedi (Şekil 25).



**Şekil 25.** Deney süresince grupların ortalama glikoz konsantrasyon değerleri (mmol/L).

**Çizelge 12.** İleriyen süre ile kümülatif olarak artan ortalama glikoz konsantrasyonlarının gruplara göre dağılımı (mmol/L). (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon)

Gruplar	Glikoz konsantrasyonu (mmol/L) (ortalama ± SS)				
	1. gün	8. gün	15. gün	22. gün	30. gün
<b>A1. GP/AH Plus/SLK</b>					
Ortalama ± SS	0,55 ± 0,29	1,94 ± 1,26	3,80 ± 3,71	5,71 ± 5,42	9,19 ± 8,89
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,84 (0,67)	0-5,56 (1,73)	0- 11,21 (2,54)	0-13,92 (2,84)	0,04- 23,11 (4,45)
<b>A2. GP/Ketac-Endo/SLK</b>					
Ortalama ± SS	1,05 ± 1,07	2,09 ± 1,49	6,79 ± 4,52	13,02 ± 8,60	14,63 ± 9,48
Minimum-maksimum (ortanca)	0- 2,14 (1,07)	0-4 (2,06)	0- 13,05 (8,54)	0- 21,35 (17,50)	0,57-24,09 (19,70)
<b>A3. GP/Epiphany/SLK</b>					
Ortalama ± SS	0,20 ± 0,48	0,52 ± 0,89	1,32 ± 2,25	2,21 ± 3,93	3,62 ± 5,28
Minimum-maksimum (ortanca)	0- 1,59 (0)	0-2,49 (0)	0-5,92 (0)	0- 11,82 (0)	0- 14,77 (0,56)
<b>B1. GP/AH Plus/KSV</b>					
Ortalama ± SS	0,05 ± ,09	0,76 ± 1,25	4,22 ± 4,93	6,38 ± 6,91	7,20 ± 7,88
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,25 (0)	0- 3,74 (0)	0-11,97 (1,47)	0- 15,30 (3,61)	0- 21,37 (3,95)
<b>B2. GP/Ketac-Endo/KSV</b>					
Ortalama ± SS	0,38 ± 0,29	1,56 ± 1,84	2,57 ± 3,12	4,24 ± 4,51	5,51 ± 4,99
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,66 (0,53)	0-5,03 (0,71)	0-8,66 (0,90)	0-12,74 (3,33)	0- 14,09 (4,41)
<b>B3. GP/Epiphany/KSV</b>					
Ortalama ± SS	1,41 ± 0,69	2,32 ± 1,44	4,53 ± 3,16	6,99 ± 4,51	8,63 ± 6,08
Minimum-maksimum (ortanca)	0,16-2,18 (1,44)	0,06-4,80 (2,44)	0,30-9,02 (4,50)	0,43-13,66 (8,05)	0- 18,56 (8,22)
<b>C1. R/AH Plus/SLK</b>					
Ortalama ± SS	0,11 ± 0,23	0,36 ± 1,07	0,91 ± 2,02	1,75 ± 3,40	3,36 ± 4,65
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,70 (0)	0-3,74 (0)	0-6,35 (0)	0-10,76 (0,18)	0-15,08 (1,98)
<b>C2. R/Ketac-Endo/SLK</b>					
Ortalama ± SS	0,39 ± 0,28	2,10 ± 1,58	4,62 ± 3,19	9,00 ± 5,16	17,27 ± 10,32
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,65 (0,53)	0-4,06 (2,46)	0-10,07 (4,43)	1,13-16,81 (9,95)	0,90-27,81 (22,62)
<b>C3. R/Epiphany/SLK</b>					
Ortalama ± SS	0,36 ± 0,21	1,28 ± 1,44	4,50 ± 4,60	6,50 ± 6,44	12,50 ± 7,37
Minimum-maksimum (ortanca)	0-0,57 (0,45)	0-4,12 (0,51)	0-11,88 (3,56)	0- 16,16 (5,06)	1,84-22,35 (14,62)
<b>D1. R-AH Plus-KSV</b>					
Ortalama ± SS	0,47 ± 0,53	1,21 ± 1,72	4,58 ± 4,52	6,03 ± 5,40	9,87 ± 8,41
Minimum-maksimum (ortanca)	0- 1,77 (0,31)	0-4,84 (0,25)	0-12,30 (2,84)	0-14,98 (5,57)	0-24,40 (9,55)
<b>D2. R/Ketac-Endo/KSV</b>					
Ortalama ± SS	0,19 ± 0,48	1,47 ± 1,45	3,04 ± 3,14	6,81 ± 6,96	9,40 ± 8,37
Minimum-maksimum (ortanca)	0-1,70 (0,03)	0-3,75 (1,36)	0-8,77 (2,70)	0-19,11 (5,70)	0-24,47 (13,11)
<b>D3. R/Epiphany/ KSV</b>					
Ortalama ± SS	1,21 ± 1,08	1,79 ± 1,48	4,18 ± 3,78	7,81 ± 6,06	12,15 ± 7,82
Minimum-maksimum (ortanca)	0-2,41 (0,97)	0-4,1 (2,24)	0-11,20 (2,75)	0-17,14 (8,00)	0-22,58 (15,46)

1. gün glikoz konsantrasyon değerleri açısından test edilen 12 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ( $\chi^2=48,125$ ;  $P=0,000$ ). Gruplara ait mikrosızıntı değerleri Çizelge 12’de görülmektedir. Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan çoklu karşılaştırma (Mann-Whitney U) testinin sonuçları Çizelge 13’da görülmektedir. En düşük glikoz konsantrasyon değeri güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubunda (Grup B1) gözlenirken (Şekil 1); güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1), güta perka/Ketac-Endo/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B2), güta perka/Epiphany/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3), Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/ Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C3), Resilon/ AH Plus/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D1) ve Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D3) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P > 0.05$ ). En yüksek glikoz konsantrasyon değeri Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubunda (Grup D3) gözlenirken (Şekil 1); güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A3), güta perka/AH Plus/ sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B1), güta perka/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B2), Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1), Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P<0,05$ ) (Çizelge 13).

**Çizelge 13.** Gruplara ait 1. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre P değerleri. (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon) (Koyu renkle gösterilen değerler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir)

Gruplar	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1. GP/AH Plus/SLK		0,908	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	0,083	<b>0,006</b>	<b>0,000</b>	0,088	0,083	0,354	<b>0,003</b>	0,260
A2. GP/Ketac-Endo/SLK			0,059	0,059	0,406	0,223	<b>0,042</b>	0,499	0,682	0,406	0,198	0,277
A3. GP/Epiphany/SLK				0,945	0,139	<b>0,000</b>	0,666	0,078	<b>0,031</b>	0,073	0,345	<b>0,013</b>
B1. GP/AH Plus/KSV					<b>0,014</b>	<b>0,000</b>	0,943	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>	<b>0,019</b>	0,345	<b>0,008</b>
B2. GP/Ketac-Endo/KSV						<b>0,001</b>	<b>0,032</b>	1,000	0,323	0,953	0,123	<b>0,047</b>
B3. GP/Epiphany/KSV							<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>	0,862
C1. R/AH Plus/SLK								<b>0,018</b>	<b>0,009</b>	<b>0,032</b>	0,287	<b>0,004</b>
C2. R/Ketac-Endo/SLK									0,271	0,907	0,073	0,067
C3. R/Epiphany/SLK										0,930	<b>0,017</b>	0,093
D1. R/AH Plus/KSV											0,109	0,114
D2. R/Ketac-Endo/KSV												<b>0,049</b>
D3. R/Epiphany/ KSV												

8. gün glikoz konsantrasyon değerleri açısından test edilen 12 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ( $\chi^2=29,620$ ;  $P=0,002$ ). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan çoklu karşılaştırma (Mann-Whitney U) test sonuçları Çizelge 14’da görülmektedir. En düşük glikoz konsantrasyon değeri Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup C1) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1), güta perka/Ketac-Endo/ soğuk lateral kompaksiyon (Grup A2), güta perka/Ketac-Endo/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B2), güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3), Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1), Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/AH Plus/ kombine sıcak vertikal kompaksiyonu (Grup D1) ve Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D3) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P<0,05$ ). En yüksek glikoz konsantrasyon değeri güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup B3) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A3), güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon

(Grup B1), Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 14).

**Çizelge 14.** Gruplara ait 8. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre P değerleri (GP = güta perka. SLK = Soğuk lateral kompaksiyon. R = Resilon. KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon) (Koyu renkle gösterilen değerler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir)

Gruplar	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1. GP/AH Plus/SLK		0,326	<b>0,002</b>	<b>0,023</b>	0,183	0,184	<b>0,000</b>	0,386	0,166	<b>0,037</b>	0,524	0,773
A2. GP/Ketac-Endo/SLK			<b>0,015</b>	0,059	0,483	0,563	<b>0,013</b>	0,543	0,418	0,282	0,267	0,749
A3. GP/Epiphany/SLK				0,772	0,114	<b>0,001</b>	0,642	<b>0,004</b>	<b>0,029</b>	0,126	0,089	<b>0,029</b>
B1. GP/AH Plus/KSV					0,225	<b>0,006</b>	0,445	<b>0,017</b>	0,083	0,267	0,202	0,068
B2. GP/Ketac-Endo/KSV						0,183	<b>0,048</b>	0,434	0,817	0,704	0,977	0,682
B3. GP/Epiphany/KSV							<b>0,000</b>	0,795	0,106	0,083	0,132	0,355
C1. R/AH Plus/SLK								<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,048</b>	0,056	<b>0,021</b>
C2. R/Ketac-Endo/SLK									0,312	0,271	0,202	0,543
C3. R/Epiphany/SLK										0,750	0,885	0,664
D1. R/AH Plus/KSV											0,953	0,621
D2. R/Ketac-Endo/KSV												0,682
D3. R/Epiphany/ KSV												

15. gün glikoz konsantrasyon değerleri açısından test edilen 12 grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi ( $\chi^2=25,259$ ;  $P=0,008$ ). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan çoklu karşılaştırma (Mann-Whitney U) test sonuçları Çizelge 15’de görülmektedir. En düşük glikoz konsantrasyon değeri Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup C1) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/AH Plus/ soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1). güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A2). güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3). Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1). Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2). Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D1). Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2). Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D3) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu

( $P < 0,05$ ). En yüksek glikoz konsantrasyon değeri güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup A2) gözlenirken (Şekil 1); güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A3). güta perka/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B2). Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1). Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 15).

**Çizelge 15.** Gruplara ait 15. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre P değerleri (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon) (Koyu renkle gösterilen değerler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir)

Gruplar	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1. GP/AH Plus/SLK		0,236	<b>0,015</b>	0,661	0,246	0,525	<b>0,004</b>	0,470	0,885	0,931	0,623	0,977
A2. GP/Ketac-Endo/SLK			<b>0,005</b>	0,213	<b>0,035</b>	0,184	<b>0,004</b>	0,165	0,367	0,282	<b>0,039</b>	0,182
A3. GP/Epiphany/SLK				0,156	0,156	<b>0,003</b>	0,891	<b>0,004</b>	<b>0,034</b>	<b>0,029</b>	0,069	<b>0,014</b>
B1. GP/AH Plus/KSV					0,719	0,415	0,156	0,559	0,635	0,553	1,000	0,702
B2. GP/Ketac-Endo/KSV						0,083	0,109	0,117	0,335	0,293	0,640	0,222
B3. GP/Epiphany/KSV							<b>0,001</b>	0,931	0,729	0,729	0,088	0,729
C1. R/AH Plus/SLK								<b>0,002</b>	<b>0,021</b>	<b>0,015</b>	<b>0,045</b>	<b>0,008</b>
C2. R/Ketac-Endo/SLK									0,643	0,795	0,193	0,603
C3. R/Epiphany/SLK										0,884	0,503	0,862
D1. R/AH Plus/KSV											0,522	0,908
D2. R/Ketac-Endo/KSV												0,417
D3. R/Epiphany/ KSV												

22. gün glikoz konsantrasyon değerleri açısından test edilen 12 grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $\chi^2=28,484$ ;  $P=0,003$ ). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan çoklu karşılaştırma (Mann-Whitney U) test sonuçları Çizelge 16'de görülmektedir. En düşük glikoz konsantrasyon değeri Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup C1) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1), güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A2), güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3), Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C3), Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon



(Grup D3) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ). En yüksek glikoz konsantrasyon değeri güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup A2) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A3), güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B1), güta perka/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyonu (Grup B2), Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1), Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D1) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 16).

**Çizelge 16.** Gruplara ait 22. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre P değerleri (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon. R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon) (Koyu renkle gösterilen değerler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir)

Gruplar	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1. GP/AH Plus/SLK		0,049	<b>0,016</b>	0,705	0,340	0,729	<b>0,006</b>	0,194	0,862	0,977	0,685	0,488
A2. GP/Ketac-Endo/SLK			<b>0,003</b>	<b>0,019</b>	<b>0,020</b>	0,088	<b>0,009</b>	0,119	0,056	<b>0,037</b>	0,059	0,083
A3. GP/Epiphany/SLK				0,102	0,101	<b>0,004</b>	0,550	<b>0,001</b>	<b>0,027</b>	<b>0,045</b>	0,074	<b>0,010</b>
B1. GP/AH Plus/KSV					0,659	0,582	0,281	0,271	0,520	0,930	0,812	0,413
B2. GP/Ketac-Endo/KSV						0,083	0,150	<b>0,028</b>	0,339	0,432	0,483	0,147
B3. GP/Epiphany/KSV							<b>0,002</b>	0,273	0,623	0,544	0,728	0,817
C1. R/AH Plus/SLK								<b>0,001</b>	<b>0,026</b>	0,056	0,138	<b>0,012</b>
C2. R/Ketac-Endo/SLK									0,204	0,133	0,325	0,564
C3. R/Epiphany/SLK										0,862	0,907	0,603
D1. R/AH Plus/KSV											0,861	0,434
D2. R/Ketac-Endo/KSV												0,642
D3. R/Epiphany/ KSV												

30. gün glikoz konsantrasyon değerleri açısından test edilen 12 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ( $\chi^2=33,973$ ;  $P=0,000$ ). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulabilmek için yapılan çoklu karşılaştırma (Mann-Whitney U) test sonuçları Çizelge 17’de görülmektedir. En düşük glikoz konsantrasyon değeri Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup C1) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1), güta perka/ Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A2), güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3), Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/Epiphany/soğuk

lateral kompaksiyon (Grup C3). Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D3) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ). En yüksek glikoz konsantrasyon değeri Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (Grup C2) gözlenirken (Şekil 25); güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A1), güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A3), güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B1), güta perka/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B2), güta perka/Epiphany /kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B3), Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C1), Resilon/AH Plus/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D1), Resilon/Ketac-Endo/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2) grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 17).

**Çizelge 17.** Gruplara ait 30. gün glikoz konsantrasyonlarının çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre P değerleri (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon) (Koyu renkle gösterilen değerler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir)

Gruplar	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1. GP/AH Plus/SLK		0,248	<b>0,032</b>	0,272	0,356	0,931	<b>0,021</b>	<b>0,043</b>	0,386	0,954	0,603	0,644
A2. GP/Ketac-Endo/SLK			<b>0,002</b>	<b>0,024</b>	<b>0,021</b>	0,057	<b>0,009</b>	0,166	0,386	0,194	0,057	0,299
A3. GP/Epiphany/SLK				0,198	0,267	<b>0,029</b>	0,467	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,041</b>	0,106	<b>0,005</b>
B1. GP/AH Plus/KSV					0,817	0,563	0,773	<b>0,007</b>	0,057	0,385	0,582	0,073
B2. GP/Ketac-Endo/KSV						0,248	0,193	<b>0,011</b>	<b>0,021</b>	0,224	0,324	<b>0,033</b>
B3. GP/Epiphany/KSV							<b>0,046</b>	<b>0,033</b>	0,157	0,795	0,772	0,157
C1. R/AH Plus/SLK								<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,057	0,259	<b>0,010</b>
C2. R/Ketac-Endo/SLK									0,119	<b>0,050</b>	<b>0,026</b>	0,083
C3. R/Epiphany/SLK										0,285	0,165	0,862
D1. R/AH Plus/KSV											0,685	0,419
D2. R/Ketac-Endo/KSV												0,174
D3. R/Epiphany/ KSV												

Ketac-Endo hem güta perka (Grup B2) hem de Resilon'la (Grup D2) kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile kullanıldığında soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile kullanıldığı gruplara (Grup A2, C2) göre istatistiksel olarak daha az glikoz konsantrasyon değerleri göstermiştir ( $P < 0,05$ ). Güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (Grup A3), Güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal

kompaksiyon grubuna (Grup B3) göre daha az glikoz konsantrasyon değerleri göstermiştir ( $P<0,05$ ) (Çizelge 12).

Birinci günde güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup B1), Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup C1) ve Resilon/Ketac-Endo/ kombine sıcak vertikal kompaksiyon (Grup D2) gruplarının 12 örneğinden sadece birinde (8%) glikoz penetrasyonu tespit edilirken, güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubunda (Grup B3) 10 örnekte (83%) glikoz penetrasyon gözlemlendi. Sızdıran örneklerin sayısı deney periyodu boyunca arttı ve deney sonunda (30. günde) güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon (Grup A2), Resilon/Ketac-Endo/ soğuk lateral kompaksiyon (Grup C2), Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon (Grup C3) gruplarının tüm örneklerinde (100%) glikoz penetrasyon gözlemlendi. Güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubunun (Grup A3) 6 örneğinde (50%) glikoz penetrasyon tespit edildi (Çizelge 18).

**Çizelge 18.** İlerleyen zamanda gruplara göre kümülatif sızıntı yüzdeleri (n. %). (GP = güta perka, SLK = Soğuk lateral kompaksiyon, R = Resilon, KSV = Kombine sıcak vertikal kompaksiyon)

Gruplar	1. gün. n (%)	8. gün. n (%)	15. gün. n (%)	22. gün. n (%)	30. gün. n (%)
A1. GP/AH Plus/SLK	9 (75)	11 (92)	11 (92)	11 (92)	11 (92)
A2. GP/Ketac-Endo/SLK	6 (50)	9 (75)	9 (75)	9 (75)	12 (100)
A3. GP/Epiphany/SLK	2 (17)	3 (25)	4 (33)	4 (33)	6 (50)
B1. GP/AH Plus/KSV	1 (8)	4 (33)	6 (50)	6 (50)	8 (67)
B2. GP/Ketac-Endo/KSV	6 (50)	6 (50)	6 (50)	8 (67)	10 (83)
B3. GP/Epiphany/KSV	10 (83)	10 (83)	10 (83)	11 (92)	11 (92)
C1. R/AH Plus/SLK	1 (8)	1 (8)	3 (25)	4 (33)	9 (75)
C2. R/Ketac-Endo/SLK	8 (67)	8 (67)	11 (92)	12 (100)	12 (100)
C3. R/Epiphany/SLK	4 (33)	6 (50)	8 (67)	9 (75)	12 (100)
D1. R/AH Plus/KSV	4 (33)	5 (42)	9 (75)	9 (75)	10 (83)
D2. R/Ketac-Endo/KSV	1 (8)	7 (58)	7 (58)	8 (67)	8 (67)
D3. R/Epiphany/ KSV	8 (67)	8 (67)	10 (83)	10 (83)	11 (92)

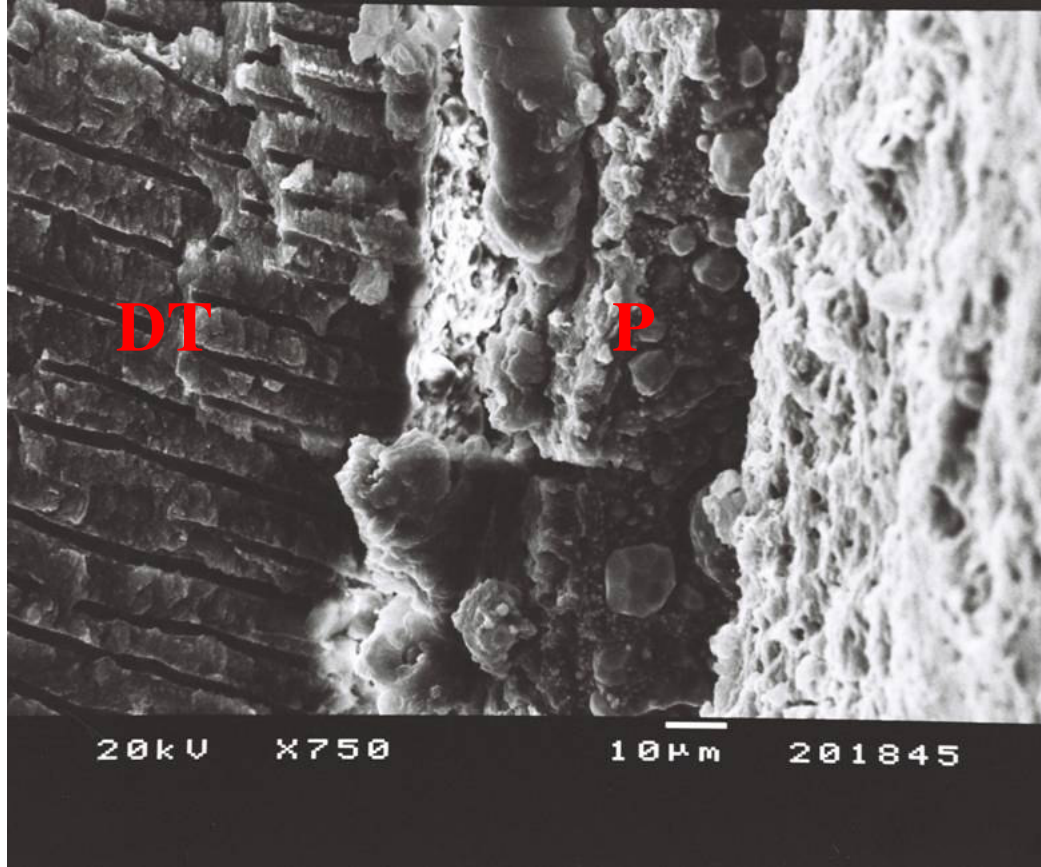
#### 4.4 Kanal Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Glikoz Penetrasyon Değerleri ile İlişkisi

Kanal dolgularının kök dentinine bağlanma dayanımları ile glikoz penetrasyon değerleri arasında bir ilişki olup olmadığını anlamak için aralarında korelasyon analizi yapıldı. Veriler normal dağılım göstermediğinden non-parametrik korelasyon Kendall's tau-b testi seçildi. Test sonuçları Çizelge 19'de gösterilmiştir. Kanal dolgularının kanal dentinine bağlanma dayanımları ve glikoz penetrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ( $P > 0.05$ ).

**Çizelge 19.** Kanal dolgularının kök dentinine bağlanma değerleri (MPa) ile glikoz penetrasyon değerleri (mmol/L) arasında yapılan Kendall's tau-b korelasyon test sonuçları

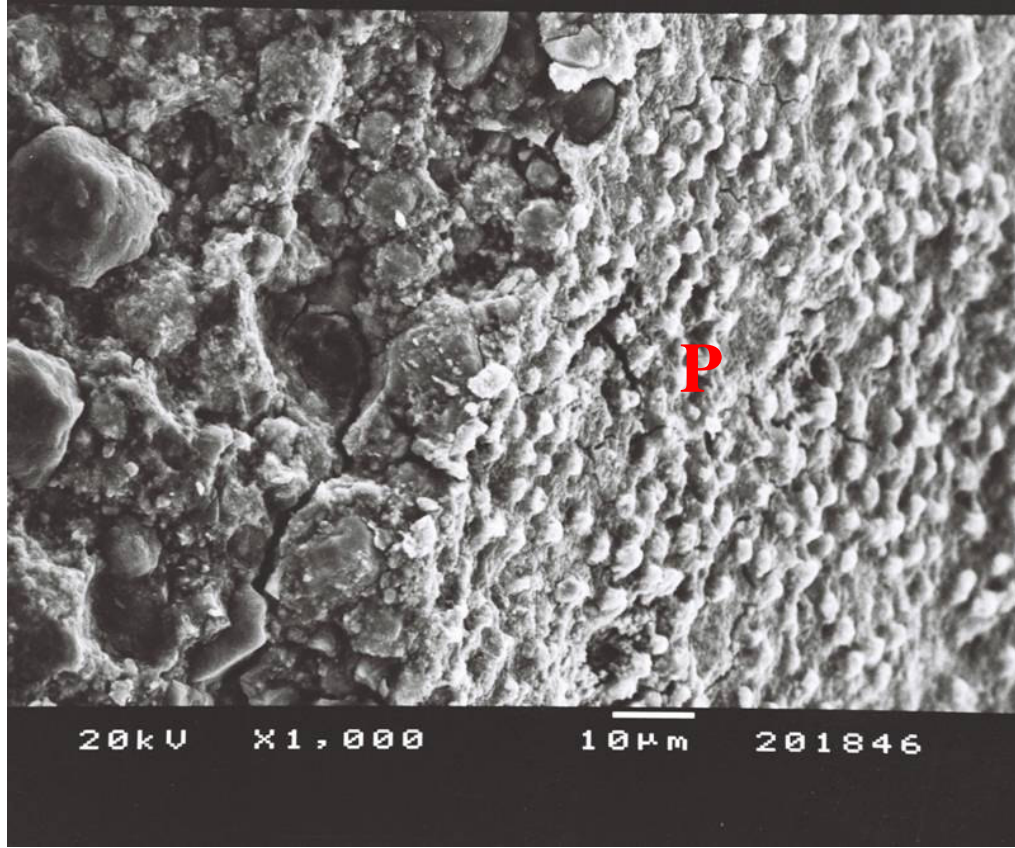
Kök Dentinine Bağlanma		Glikoz Penetrasyon Değerleri (mmol/L)				
		1. gün	8. gün	15. gün	22. gün	30. gün
Dayanımı (MPa)	Korelasyon katsayısı	0,059	0,045	0,059	0,047	0,008
	P	0,319	0,433	0,309	0,415	0,886
	n	144	144	144	144	144

#### 4.6 SEM Analizi Bulguları

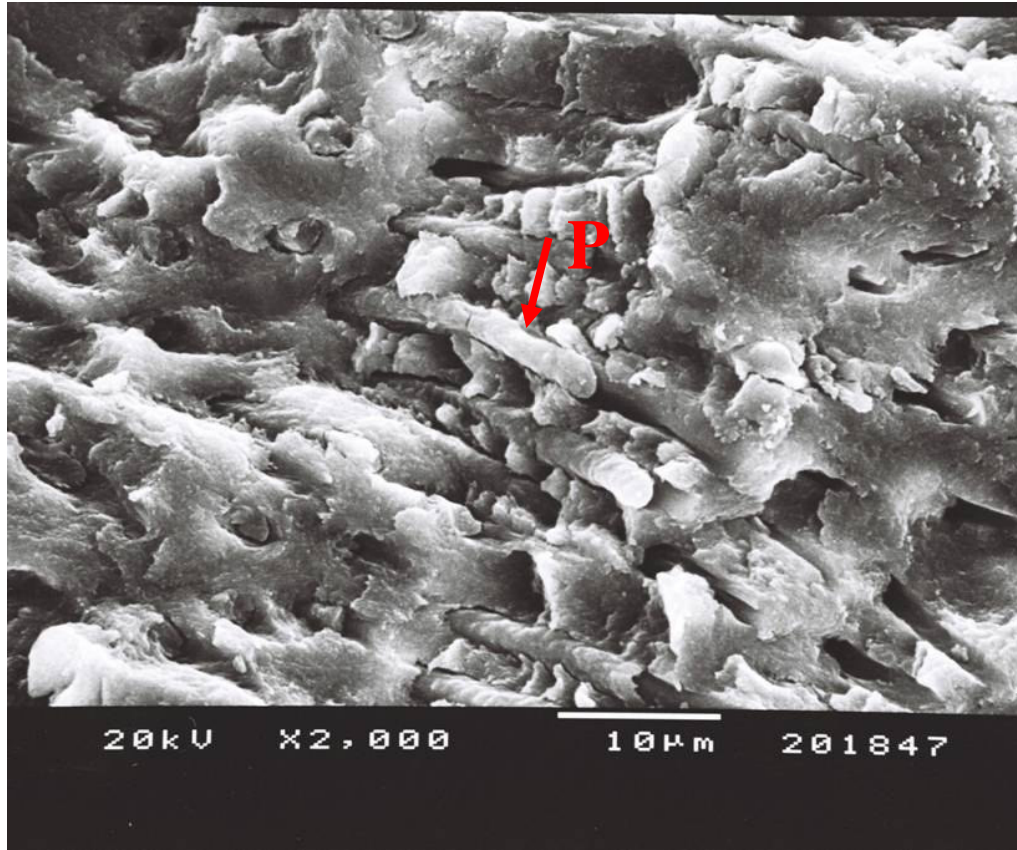


**Şekil 26.** GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750). DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

Güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizi sonucu, AH Plus kanal patının dentin tübüllerine penetre olmadığı fakat dentin duvarına adaptasyonunun çok iyi olduğu görülmüştür (Şekil 26.).

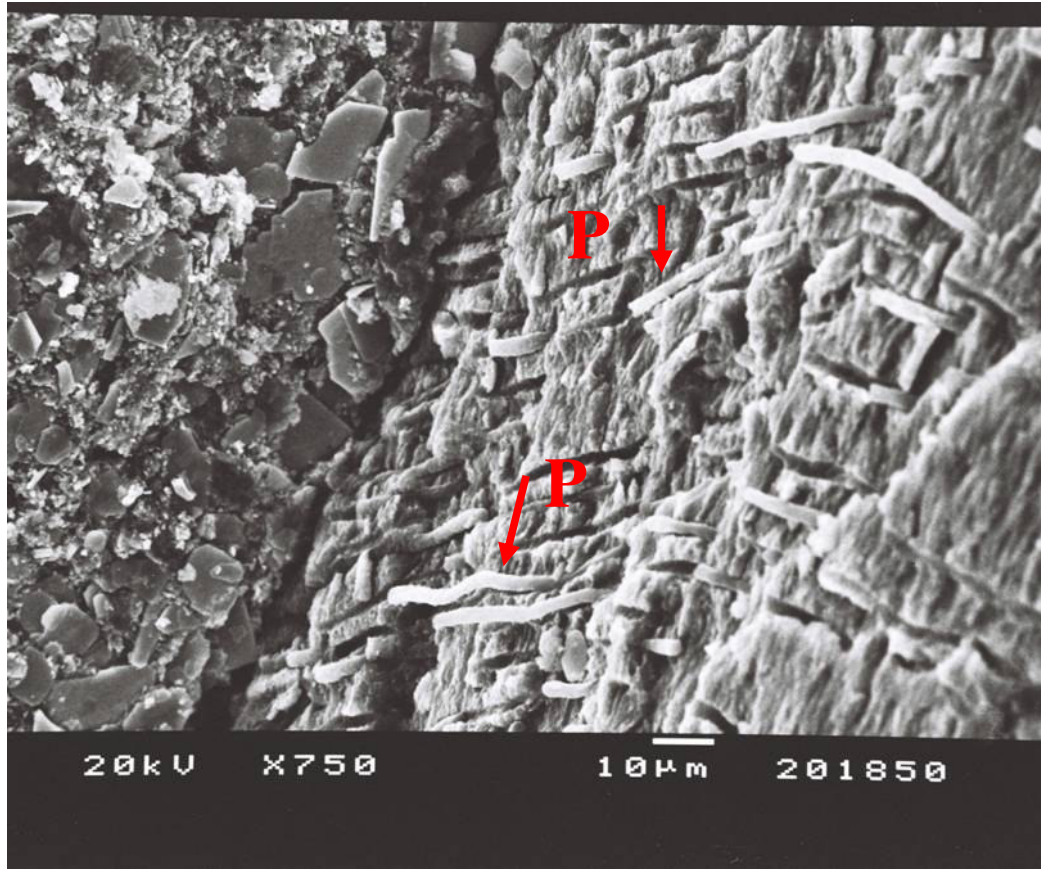


**Şekil 27.** GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı.



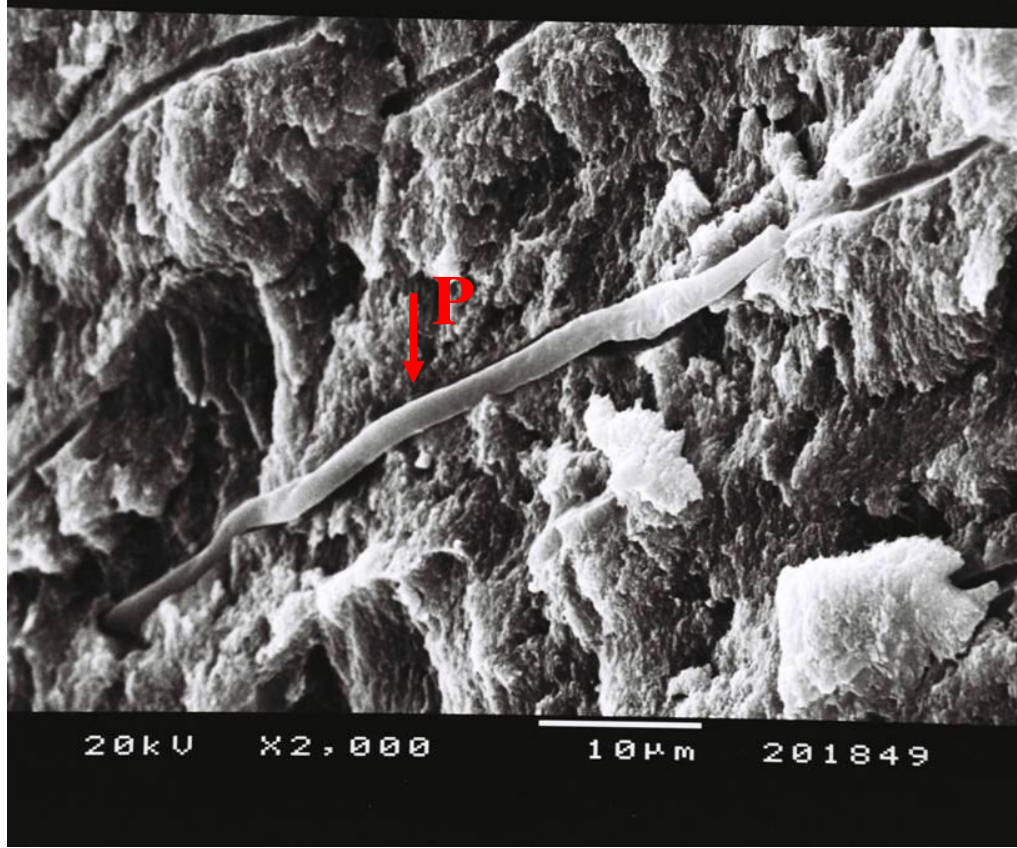
**Şekil 28.** GP/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 2000), P: Kanal patı.

Güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örnekten alınan SEM mikrografında kanal patının üzerinde dentin tübüllerinin replikasyonu görülmektedir (Şekil. 27). Ketac-Endo dentin tübüllerine penetre olamamış ancak tübül ağzlarını tıkamıştır. Aynı örnekten alınan başka bir mikrografta ise tüm dentin tübüllerinde olmamakla birlikte bazılarında Ketac-Endo'nun 60  $\mu\text{m}$ 'e kadar uzanan penetrasyonu görülmüştür (Şekil. 28).



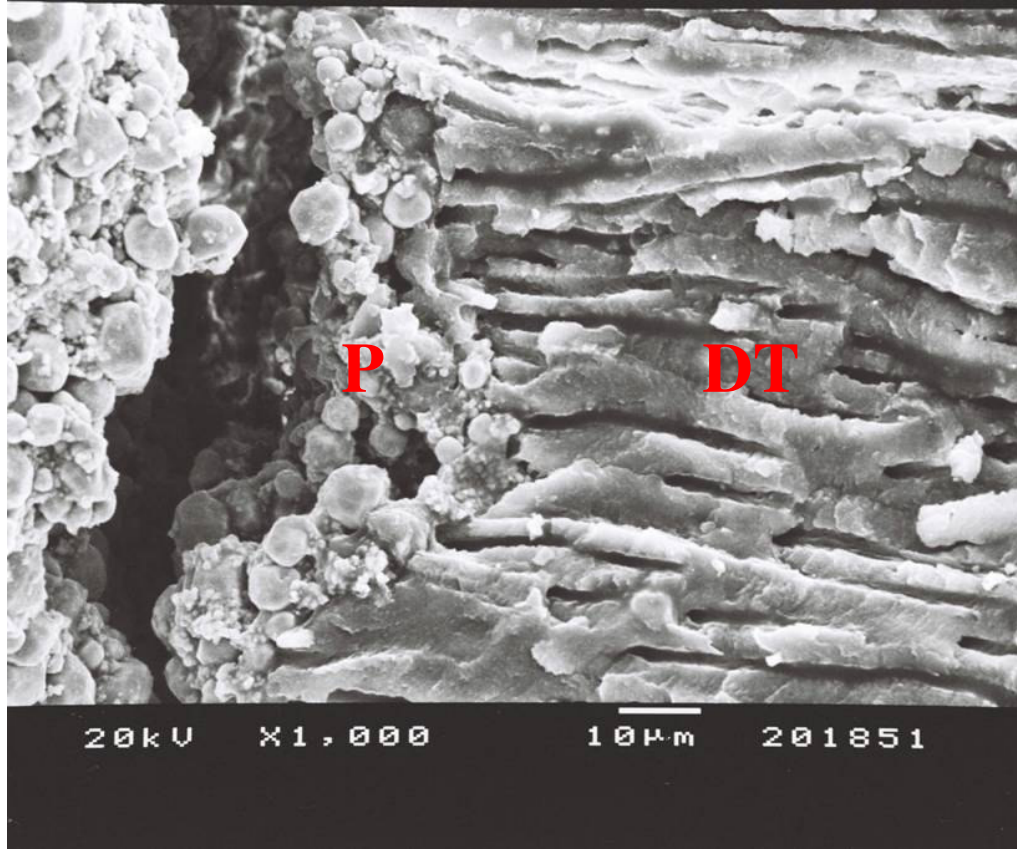
**Şekil 29.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (A3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı.



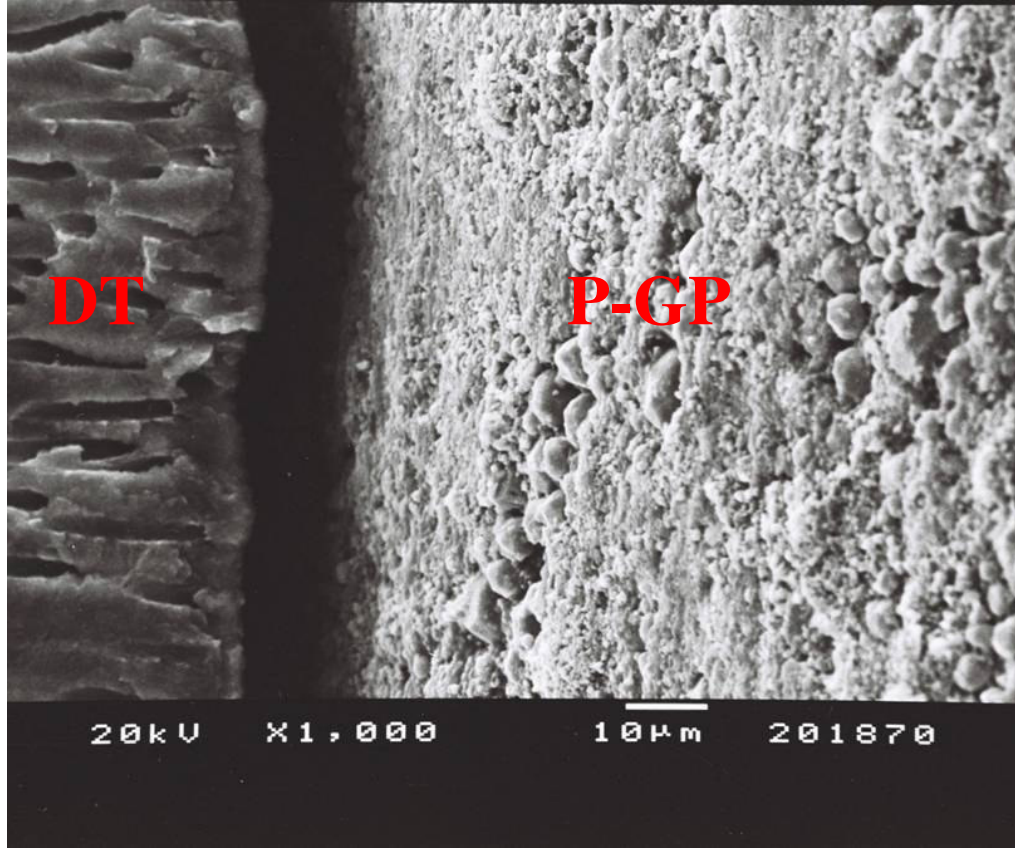


**Şekil 30.** GP/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon) grubu (A3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 2000), P: Kanal patı.

Güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde kanal patının 1000  $\mu\text{m}$ 'a kadar uzanan dentin tübül penetrasyonu görülmektedir (Şekil. 29, 30).

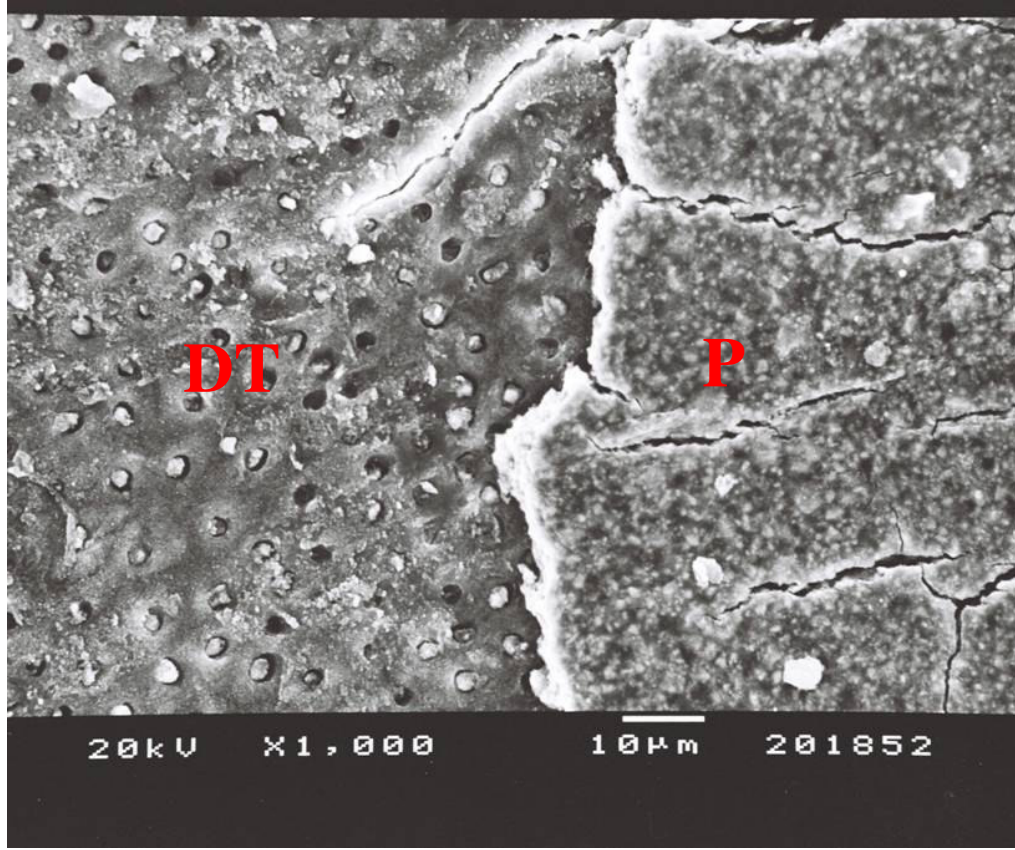


**Şekil 31.** GP/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, DT: Dentin tübülü



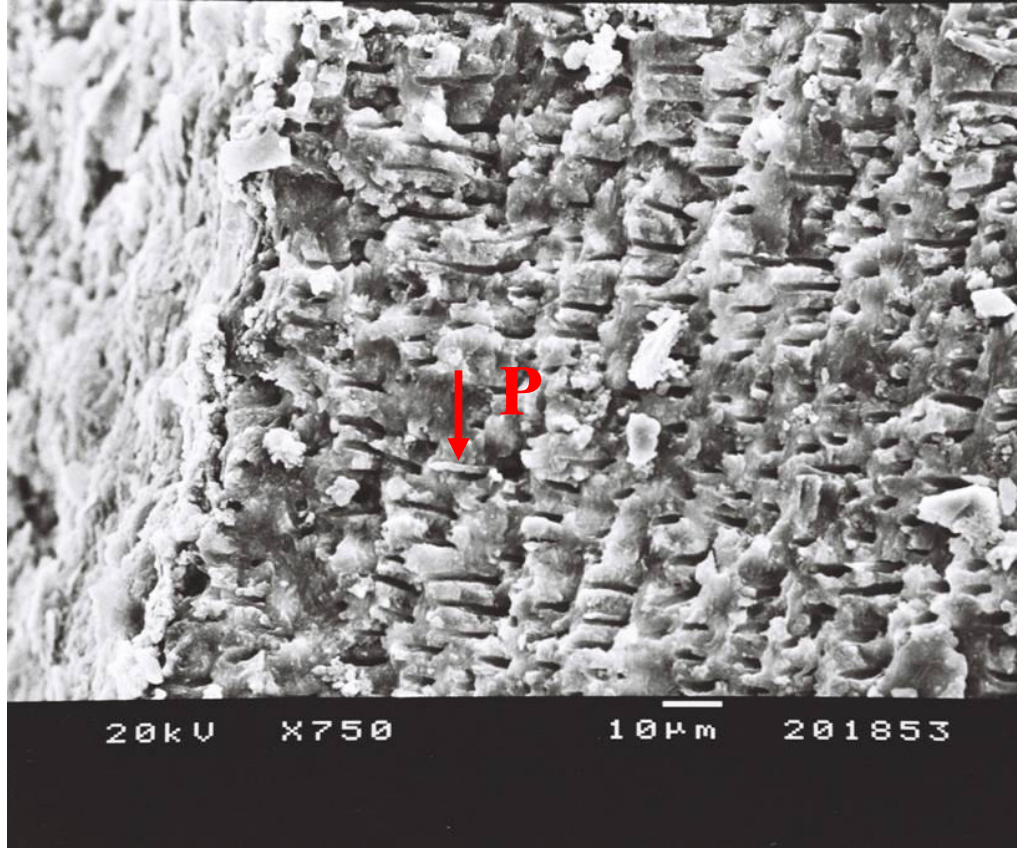
**Şekil 32.** GP/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı, GP: Güta perka

Güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon göstermediği yalnızca tübül ağzlarını tıkadığı gözlenmiştir (Şekil. 31). Patın tanecik çapının oldukça büyük olduğu ve  $1\mu\text{m}$ – $12.5\mu\text{m}$  arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 31). Başka bir SEM görüntüsünde ise dentin üzerinde AH Plus kanal patının güta perkaya karışmış halde bulunduğu dikkati çekmektedir (Şekil 32).

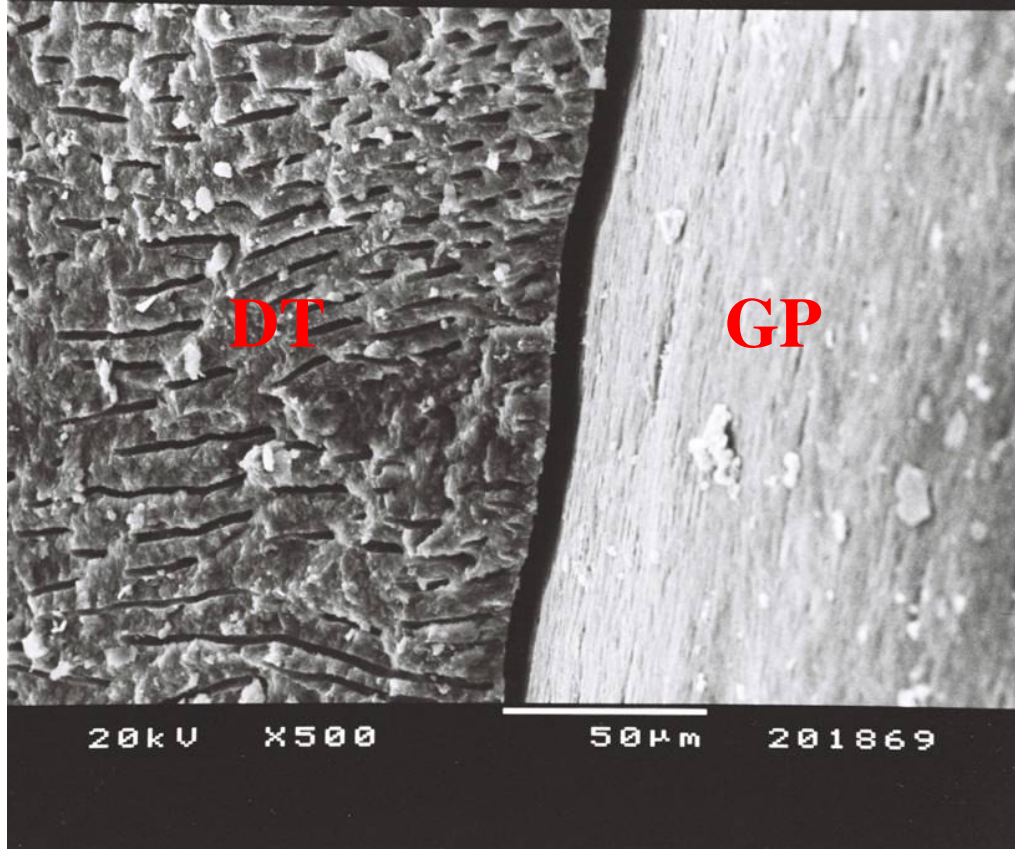


**Şekil 33.** GP/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

Güta perka/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin kanal içinden alınan SEM görüntüsünde pat kalınlığı yaklaşık 10 µm olarak ölçülmüştür. Kanal patı penetrasyonunun oldukça az olduğu ve yalnızca dentin tübül ağzlarını bir miktar kapattığı gözlenmiştir (Şekil 33).

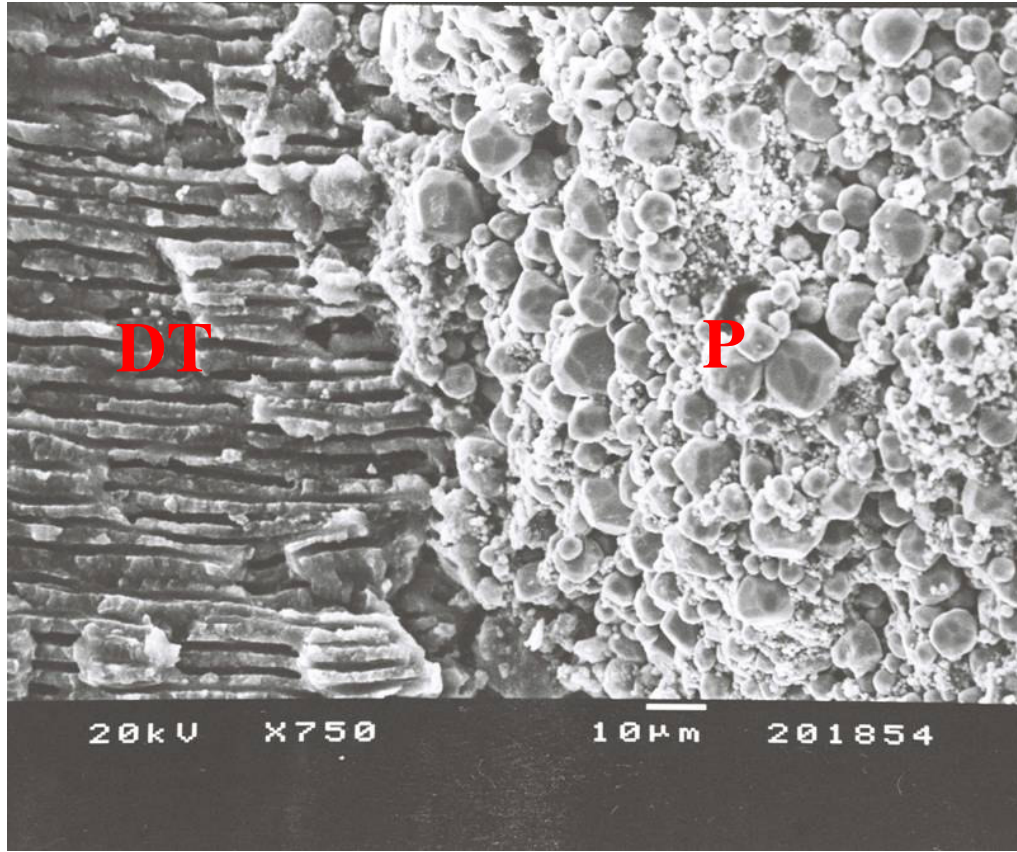


**Şekil 34.** GP/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı

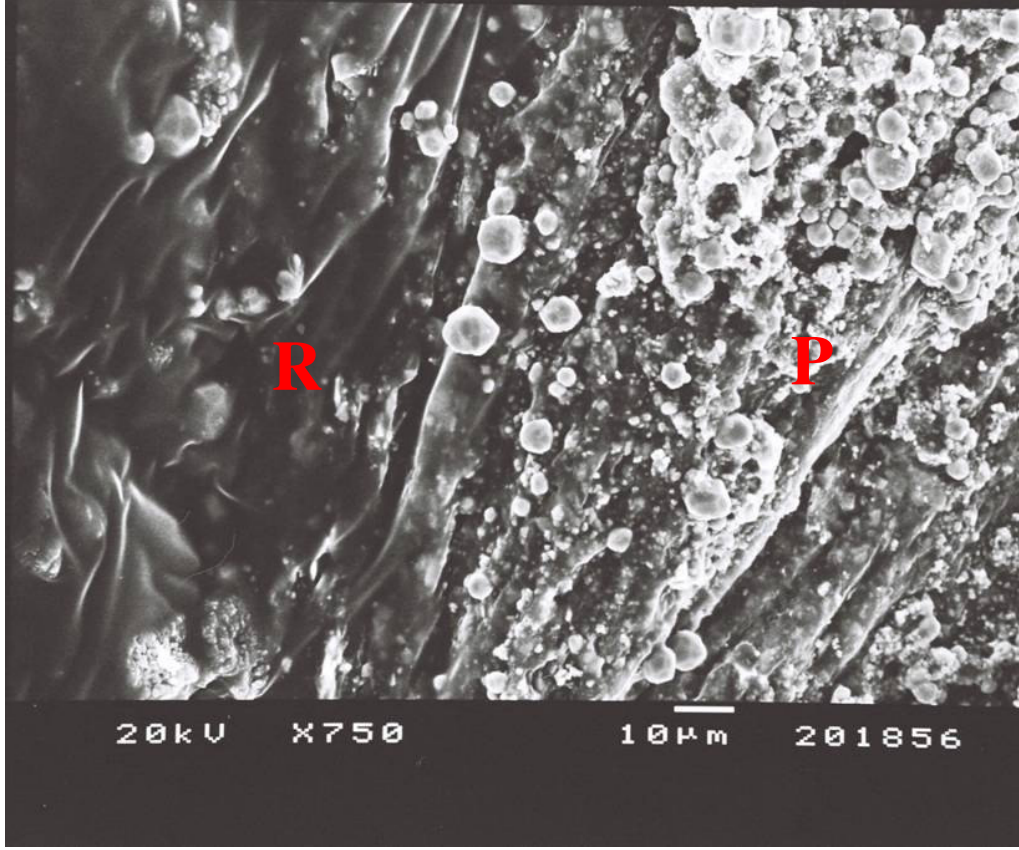


**Şekil 35.** GP/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (B3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500), DT: Dentin tübülü, GP: Güta perka

Güta perka/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde patın tübül penetrasyonunun olmadığı veya en fazla 30 µm civarında penetrasyon gösterdiği izlenmiştir (Şekil 34). Başka bir SEM mikrografında ve ara yüzde, dentin ve güta perka üzerinde Epiphany kanal patı izlenememiştir (Şekil. 35).



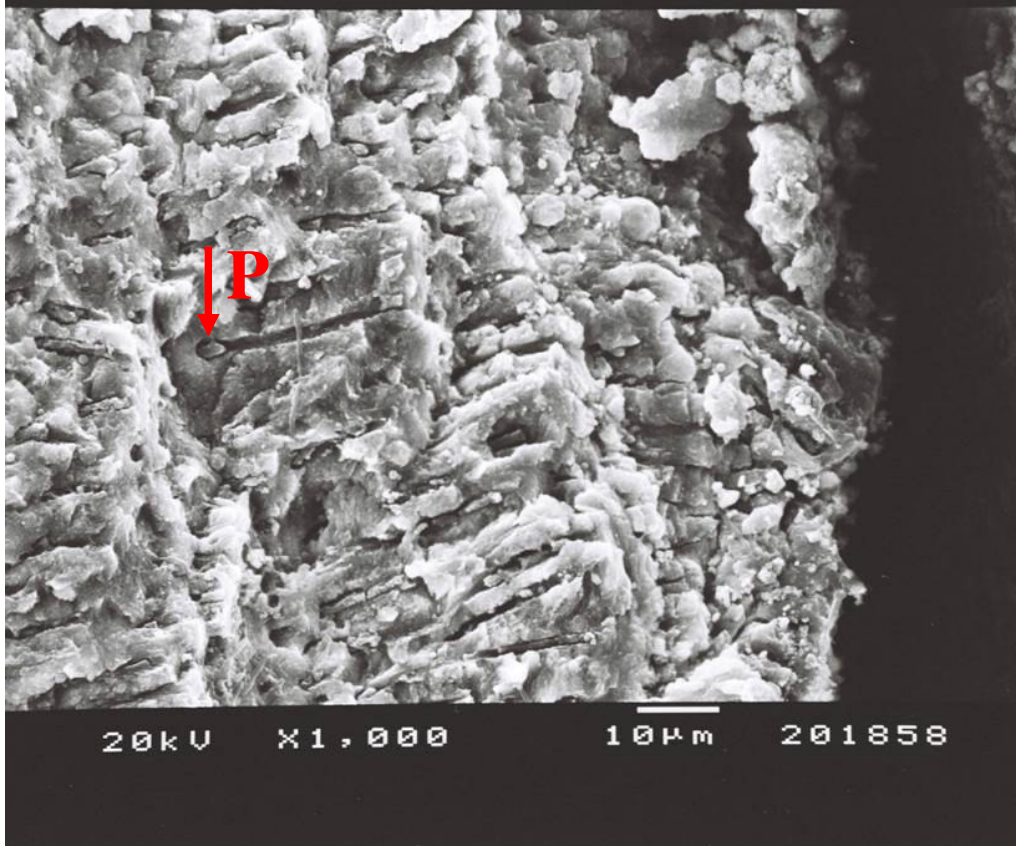
**Şekil 36.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı



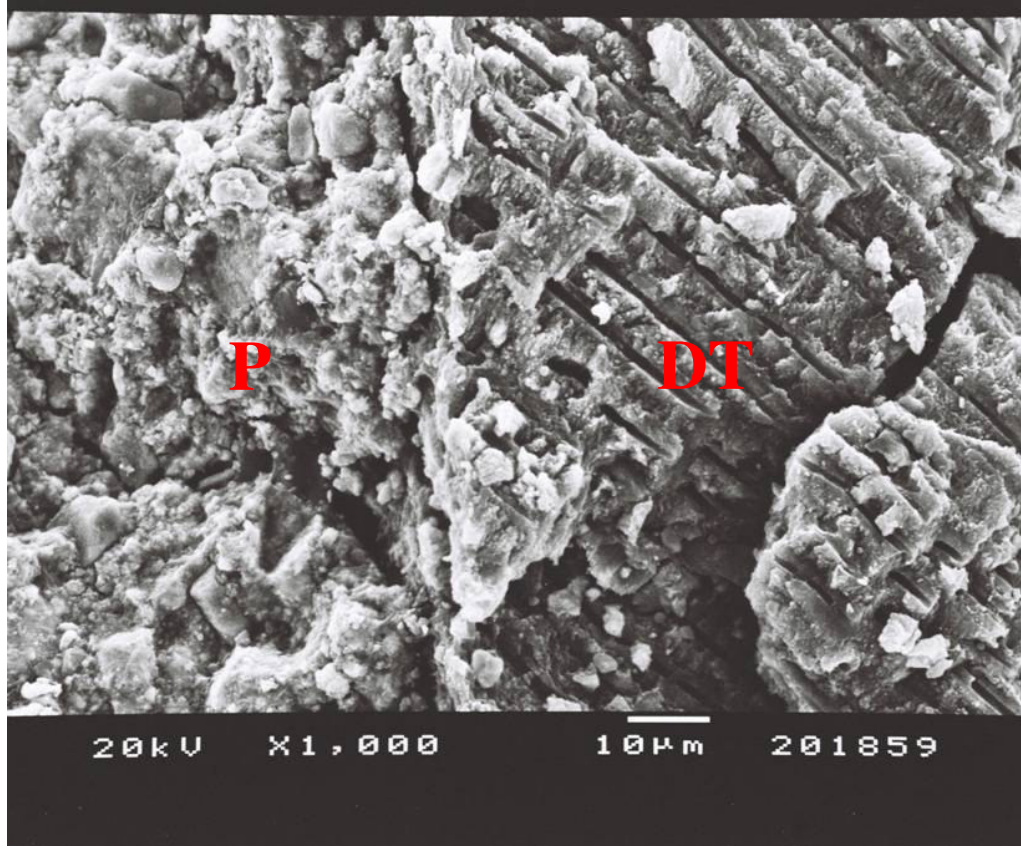
**Şekil 37.** Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 750), R: Resilon, P: Kanal patı

Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde AH Plus kanal patının dentin tübüllerine penetre olmadığı ancak adaptasyonunun çok iyi olduğu görülmüş, patın partikül boyutunun 20  $\mu\text{m}$  civarında olduğu da tespit edilmiştir (Şekil 36). Resilon üzerinden alınan SEM mikrografında AH Plus kanal patının kor materyali üzerine çok iyi yapıştığı görülmektedir (Şekil 37).





**Şekil 38.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı

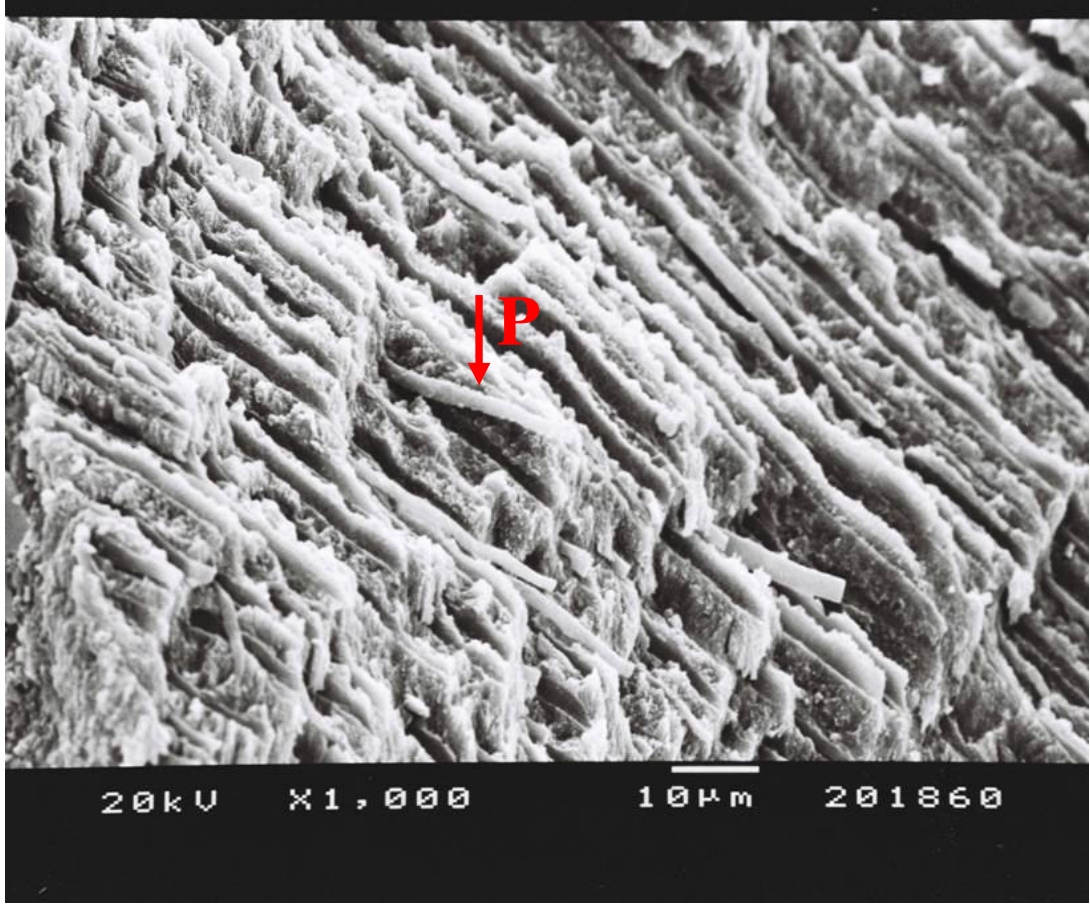


**Şekil 39.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, DT: Dentin tübülü

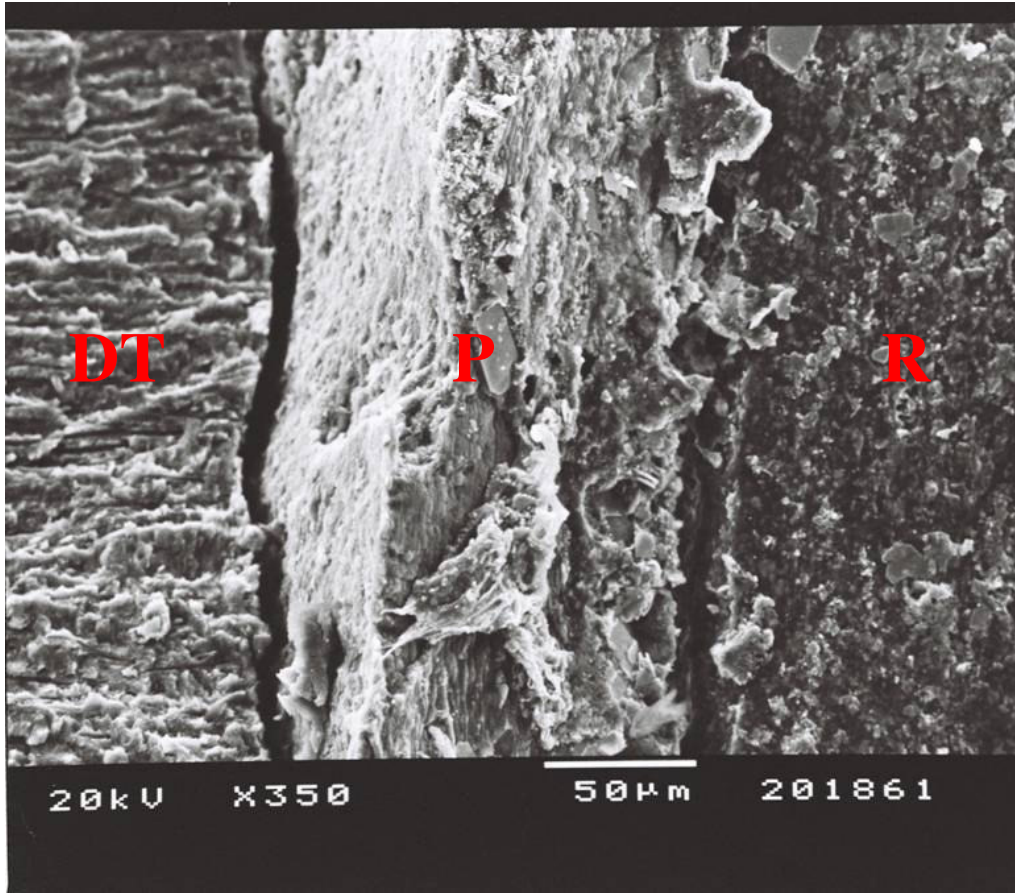


**Şekil 40.** Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı, R: Resilon

Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde Ketac-Endo kanal patının 50-60  $\mu\text{m}$  derinliğinde dentin tübüllerine penetre olduğu ve tübüllerin içini doldurduğu görülmüştür (Şekil. 38). Ketac-Endo kanal patının dentine çok iyi adaptasyon gösterdiği ve dentin tübül ağzlarında eroziv bir etki göstererek, dentin parçalarının kırılıp pat içinde kaldığı izlenmiştir (Şekil. 39). Resilon ve Ketac-Endo arasında kimyasal bağ varlığı dikkati çekmektedir (Şekil. 40).

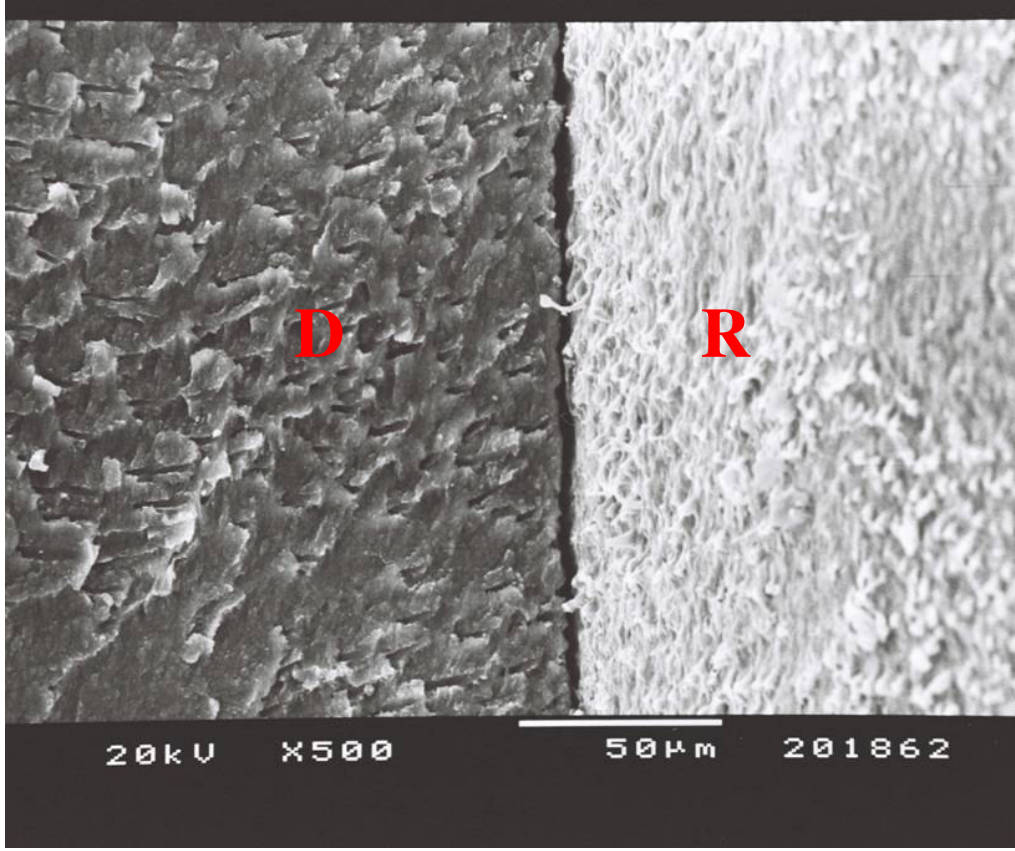


**Şekil 41.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 1000), P: Kanal patı

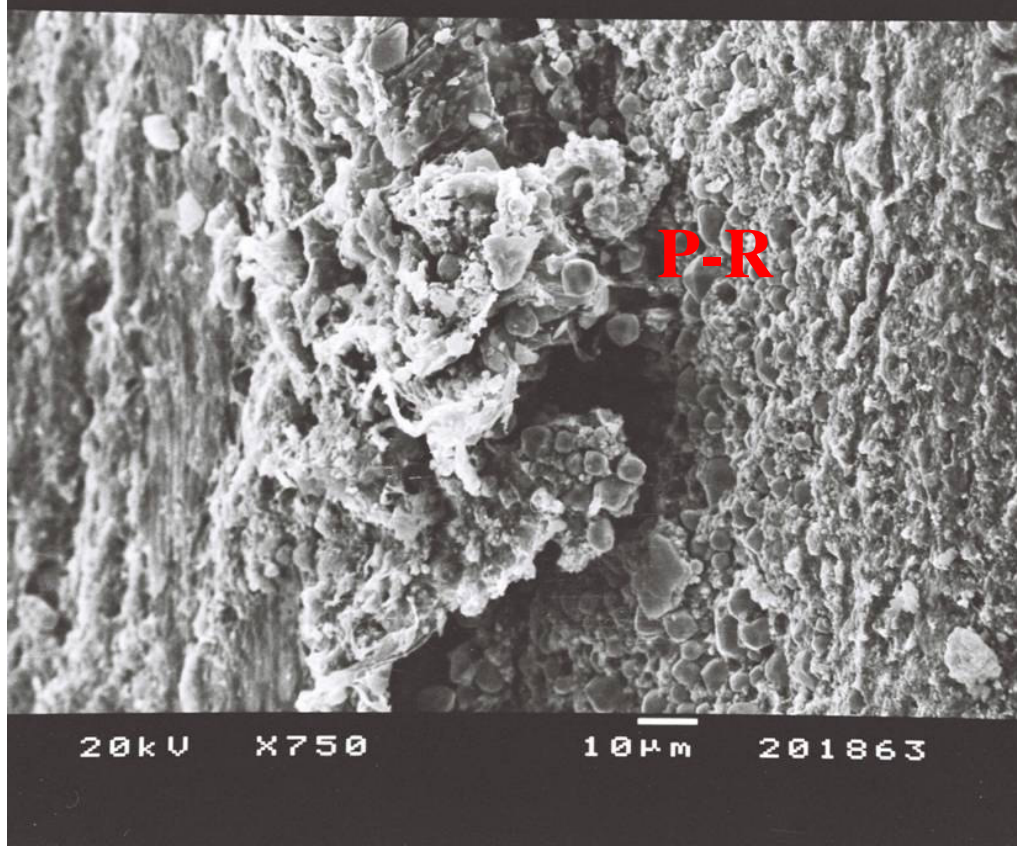


**Şekil 42.** Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu (C3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 350), DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı, R: Resilon

Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde Epiphany kanal patının düzenli olmayan yoğun tübül penetrasyonu gösterdiği izlenmiştir (Şekil 41.) Ancak, Epiphany kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonu bazı bölgelerde izlenememiştir (Şekil. 42).

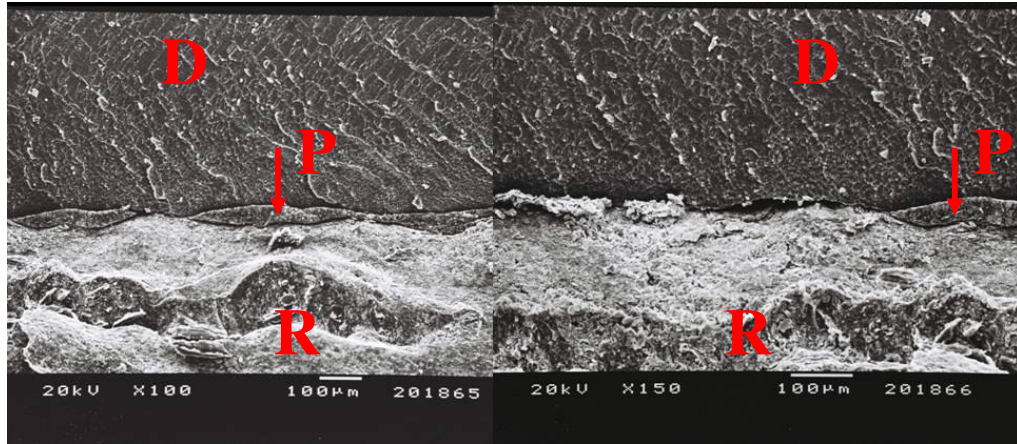


**Şekil 43.** Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D1)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500), D: Dentin, R: Resilon



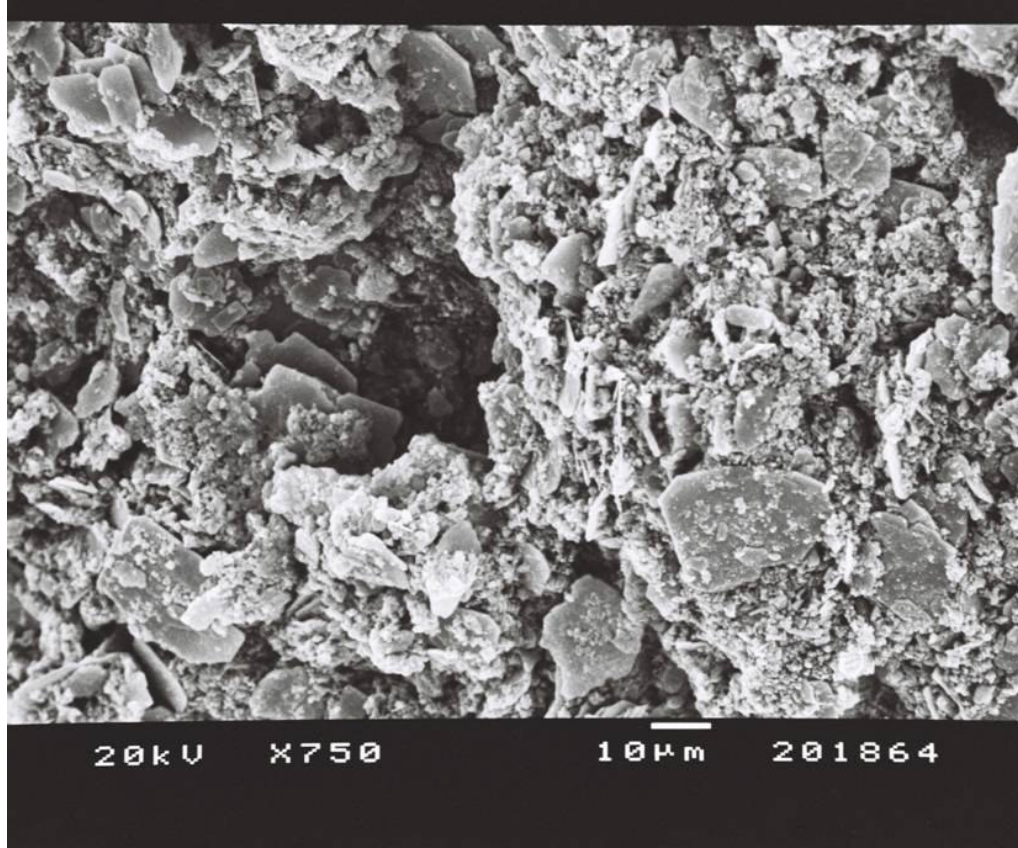
**Şekil 44.** Resilon/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D1)'na ait örneğin SEM mikrografı (X 750), P: Kanal patı, R: Resilon

Resilon/ AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde dentin Resilon arayüzünde AH Plus kanal patı izlenmedi, dentin duvarı ile kanal dolgusu arasında adaptasyon yoktu (Şekil 43). Kanal boyunca net bir pat dokusu izlenmedi. Resilon-AH Plus arayüzünden alınan SEM mikrografında sıcak etkisi ile kor materyali ve patın birbirine karıştığı saptandı. (Şekil. 44).



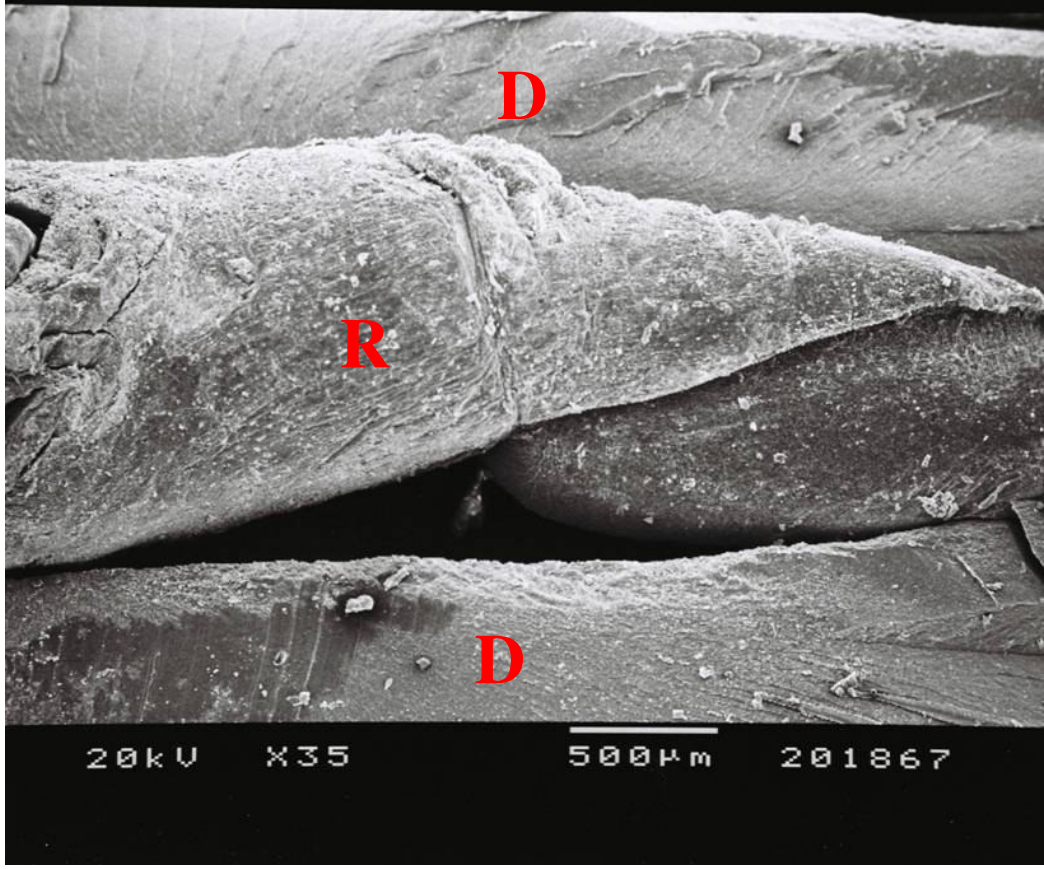
**Şekil 45.** Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X 100, X150), D: Dentin, R: Resilon, P: Pat



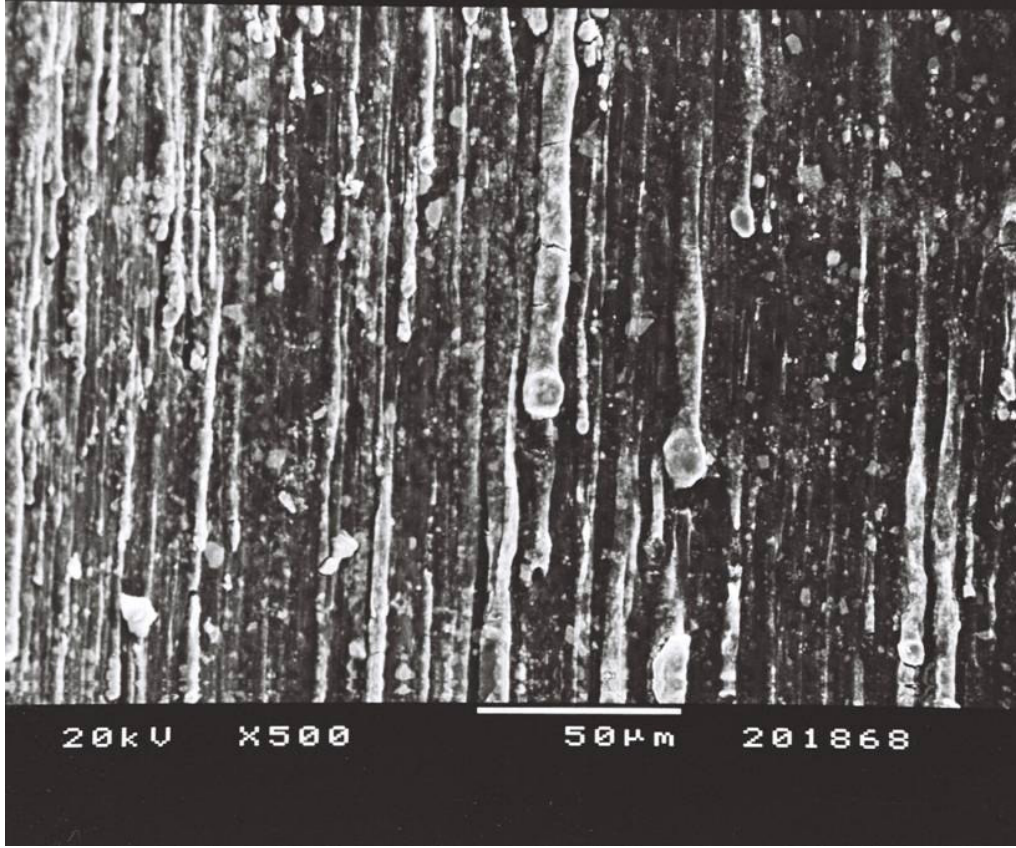


**Şekil 46.** Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D2)'ye ait örneğin SEM mikrografı (X750),

Resilon/Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde dentin Resilon arayüzünde bazı bölgelerde Ketac-Endo kanal patı izlenmezken bazı bölgelerde pat yer yer adacıklar halinde izlendi (Şekil 45). Resilon kor materyali üzerinden alınan SEM görüntüsünde pat ve kor materyalinin birbirine karıştığı görüldü (Şekil. 46).



**Şekil 47.** Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 35), D: Dentin, R: Resilon



**Şekil 48.** Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu (D3)'e ait örneğin SEM mikrografı (X 500).

Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM analizinde Sistem B ve Obtura II kompaksiyon teknikleri ile doldurulan kısımlar arasında kor materyali ve/veya pat ile doldurulamamış büyük bir boşluk dikkati çekti (Şekil 47). Kanal içinde ana kor materyalinin dentin duvarından ayrıldığı bölgeden alınan SEM mikrografında Epiphany ve Resilon'un birbirine karıştığı görüldü (Şekil. 48).

## 5. TARTISMA VE SONUÇ

Son yıllarda kron içi adeziv örtücülükte kullanılan modern adeziv stratejilerin gelişmesi dikkati çekmektedir. Apikal ve kuralon örtücülükteki gelişmeler (40) ile endodontik tedavi görmüş dişin güçlendirilmesi (64), kök dentini ve adeziv kök dolgusu arasında bağlantının sağlanması yoluyla monoblok yapının elde edilmesi de hedeflenmektedir. Kök dentininde uygun bir adezyon; total etch veya self-etch dentin adezivlerle ve metakrilat esaslı resin simanlarla sağlanabilir (46,47,48,49,62,109,352). Endodontik monobloğun yaratılması, konvansiyonel güta perkanın polizopren içeriği ile çinko oksit öjenol, epoksi resin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlar arasında kimyasal bağın olmayışı nedeniyle mümkün olmamaktadır (50,51). Son zamanlarda bu engellerin üzerinde yoğun şekilde çalışmakta ve metakrilat esaslı rezinlere bağlanabildiği öne sürülen polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT) ile çözüleceği iddia edilmektedir (40). Bu çalışmada polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT) ile metakrilat esaslı resin patının (Epiphany; Resilon Research LLC, Madison, CT) ve güta perka ile konvansiyonel kanal patlarının kök kanal dentinine bağlanma dayanımı, dentin tübül penetrasyonu ve apikal sızıntı açısından karşılaştırılmaları amaçlanmıştır.

Çalışmada deney grupları çekilmiş insan dişlerinden oluşur. Bu tip çalışmalarda çekilmiş insan dişlerinin kullanılmasının en büyük dezavantajı boyut ve diş dokularındaki farklar (353) gibi kontrol edilemeyen parametrelerin çalışmayı etkileyerek, yüksek standart sapmalara neden olabileceği ihtimalidir. Bu nedenle varyasyonun azaltılması için bir çalışmada incelenecek köklerin uzunluğu ve anatomileri aynı olmalıdır. Enstrümantasyon sonrası apikal açıklık ve foramen çapı kontrol edilmelidir (280). Bu çalışmada önceki bazı çalışmalarda da (75,354) olduğu gibi dişlerin uzunlukları ve bukko-lingual, mezyo-distal çapları ölçülerek en azından boyutsal farklılıklar elimine edilmeye çalışılmış ve benzer boyuttaki dişler kullanılmıştır. Ayrıca, tüm dişler aynı numaralı kanal aletleri kullanılarak aynı teknik ile genişletilmiş ve apikal foramen çaplarının standardizasyonu sağlanmıştır.

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi esnasında dentini kaplayan; dentin parçaları, pulpa dokusu artıkları, odontoblastik uzantı, tükürük, kan hücreleri ve bakteri gibi organik bileşenler ve irrigasyon maddelerinin karışımı olan smear tabakasının (355,356) kaldırılması tartışmalı olsa da, smear tabakası zayıf yapıştırıcı özelliğe sahiptir, geçirgen yapıdadır ve kısa zamanda parçalanıp dolgu maddesi ve kanal duvarı arasında boşluk oluşturabilir (279). Smear tabakasının uzaklaştırılmasının sıcak ve soğuk kompaksiyon tekniklerinin hem adaptasyonunu hem de örtüleme kabiliyetlerini artırdığı (357,358), patların dentin tübül penetrasyonlarını sağladığı (112-114,359) bir çok çalışmada bildirilmiştir. Smear tabakanın varlığı kanalların dezenfeksiyona izin vermeyebilir ve kanal içi medikamentlerin difüzyonunu olumsuz etkileyebilir (361). Smear tabakanın kendisi de kontamine olabilir ve/veya dentin tübülü içindeki bakteriyi koruyarak enfeksiyona neden olabilir (360). Birçok çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılmasının plastik dolgu maddelerinin ve patların dentine penetrasyonları için zorunlu olduğu sonucu bildirilmiştir (113,114,233,266,358). Roekoseal ve AH26 kanal patının apikal ve kuronal sızıntıya direnci smear tabakasının kaldırılması ile artırılmıştır (45). Cam iyonomer siman kullanılmadan önce de yüksek bağlanma dayanımı değerleri için smear tabakasının uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir (111,248). Yine termoplastik güta perkanın smear tabaka yokluğunda dentine daha iyi penetre olduğunu gösterilmiştir (114,266). Smear tabakanın uzaklaştırılmasının sızıntı üzerine etkisinin değerlendirildiği 26 çalışmanın (1975-2005) derlenmesi sonucu. %53.8'i smear tabakasının kaldırılmasının fark yaratmadığını, %41.5'i smear tabakasının uzaklaştırılmasının sonuçları olumlu yönde etkilediğini, %4.7'inde ise uzaklaştırılmaması rapor edilmiştir (362). Smear tabakanın kaldırılması konusunda halen farklı görüşler olmasına rağmen, kök kanal dolgu maddesinin kök dentinine bağlanma dayanımının, dentin tübül penetrasyonunun ve apikal sızıntısının değerlendirildiği bu çalışmada yukarıda bahsedilen avantajları nedeni ile smear tabakası uzaklaştırılmıştır.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında hem organik hem de inorganik bileşenlere etkili bir irrigasyon solüsyonu olmadığından birçok farklı solüsyonun kullanılması önerilmektedir (363-365). Dentini demineralize eden % 15-17 EDTA solüsyonlarının. organik dokuları çözebilen %1-6 NaOCl solüsyonları ile birlikte

kullanılması önerilmektedir (364,366-369). Literatürde bu solüsyonların uygulama süreleri 30 saniye ile 10 dakika arasında değişmektedir (364, 368,370, 371). Bu çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılması için 1'er dakikalık sürelerle uygulanan %1 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonları genel kullanım protokollerine uygundur.

Diğer taraftan smear tabakanın varlığının veya yokluğunun apikal sızdırmazlığı etkilemediği (372) ve kaldırılmasının Grossman patı, Apexit, Ketac-Endo, AH Plus ve RoekoSeal patının bağlanma dayanımlarını olumsuz etkilediği de rapor edilmiştir (72). Cam iyonomer esaslı patların makaslama bağlanma dayanımları smear tabaka varlığında daha yüksek bulunmuştur (373,374). Smear tabaka EDTA ile kaldırılmadığında cam iyonomer esaslı patların yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiği ve smear tabakanın adezyonda önemli bir rol oynadığı iddia edilmektedir (375). Smear tabakanın bileşenleri ıslanma kabiliyetini ve kimyasal bağlanmayı değiştirerek adezyonu iyileştirebilir (72).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, endodontik yıkama solüsyonlarının rezin materyallerin dentine bağlanma dayanımları üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır (129,130,230,376-380). Pürüzlü dentinin alt tabakalarındaki kalan NaOCl, adeziv dentin ara yüzünde rezin monomerlerin polimerizasyonlarının tamamlanamamasına neden olur ve bu durum bağlanma dayanımını tehlikeye sokar (376). Endodontik irrigasyonun rezin simanın radiküler dentine bağlanması üzerine etkisinin kullanılan bonding sistemine bağlı olduğu bildirilmiş ve self-etch adezivlerle rezin-dentin arayüzü hazırlanırken endodontik irrigasyon nedeniyle oluşabilen aşırı demineralizasyondan kaçınmak gerektiği vurgulanmıştır (253). Üretici firma Epiphany kullanılırken final irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl kullanılmamasını tavsiye etmektedir. Bu çalışmada da üretici firmanın tavsiyesine uyularak kanallar %2.6 lık NaOCl ile yıkama sonrası %17 EDTA ve distile su ile tekrar yıkanmıştır. Ancak, Wachlarowicz ve ark. (369). Epiphany kanal patının dentine makaslama bağlanma değerlerini test ettikleri çalışmalarında, %6 NaOCl ile final irrigasyon sonrası elde edilen değerler ile %6 NaOCl / %17 EDTA ve %1.3 NaOCl/saf MTAD final irrigasyonu sonrası elde edilen değerler arasında fark bulamamışlardır.

Bağlanma dayanımı testleri, endodontik materyaller ve diş yapısı arasındaki adezyonun etkinliğinin değerlendirilmesinde popüler yöntemler haline gelmiştir ancak hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiği konusunda tartışmalar sürmektedir (99). Push-out testi makaslama stresi esasına dayanmakta (221) ve dentin-siman, aynı zamanda post-siman ara yüzündeki klinik koşullarda ortaya çıkan stresi taklit edebilmektedir (255,381). Push-out testi dentin-bonding arayüzüne paralel kırıklar oluşturduğundan konvansiyonel makaslama testlerine göre bağlanma dayanımını daha iyi değerlendirir (382). Makaslama bağlanma dayanımı testlerinde pat kütle halinde dentin üzerine yerleştirilmektedir ve bu durumda kanal doldurulurken güta perka ve dentin üzerine dağılmasından daha farklı davranabilir. Patın kanal boyunca tüm düzensizlikleri doldurması makaslama bağlanma dayanımı çalışmalarında göz ardı edilmektedir (100). Goracci ve ark. (224) fiber postların kök dentinine bağlanmasının ölçülmesinde push-out testinin konvansiyonel veya modifiye mikro gerilme(microtensile) testlere göre daha doğru ve güvenilir bir teknik olduğunu vurgulamışlardır. Push-out test tüm post yüzeyinde (257) veya kalın kök kesitleri üzerinde uygulanıyor ise (243,255,383) düzenli olmayan stres dağılımı önemli bir dezavantaj yaratır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için orijinal push-out testi kökten 1 mm kalınlığında kesitler alınarak modifiye edilmiştir (224,384). Bu modifiye teknik kök kanalı içinde bölgesel farkların da test edilebilmesine olanak vermiştir (258). Bu yöntemin diğer bir avantajı bağlanma dayanımı düşük bile olsa kanal patlarının değerlendirilebilmelerine olanak tanınmasıdır (259). Son iki yıldır rezin esaslı kök kanal dolgularının dentine bağlanma dayanımlarının “mikro push-out testi” ile değerlendirildiği (132,162,259,260) dikkati çekmektedir. Bahsedilen avantajlarından dolayı bu çalışmada da “micro push-out testi” kullanılmıştır.

Bu çalışmada en yüksek bağlanma dayanımı değeri Güta perka/Ketac-Endo/lateral kompaksiyon grubunda elde edilmiştir (Çizelge 3). Cam iyonomer esaslı bir pat olan Ketac-Endo 1990’ ların başında kök kırıklarına karşı direnci potansiyel olarak artıran bir endodontik pat olarak tanıtılmıştır. Trope ve Ray Ketac-Endo Aplicap’ın kökü güçlendirme potansiyelini rapor etmiştir (75). Cam iyonomer pat kullanılarak doldurulan kanalların kırılma dayanımı, hiç doldurulmayan veya güta perka ve Roth 801(Roth International, Chicago) ile doldurulan kanallardan daha fazladır. Cam iyonomer simanlar dentine fiziksel ve kimyasal yolla bağlanırlar

(79,80). Cam iyonmer simanın dentine fiziksel yola bağlanması dentin yüzeyindeki düzensizliklere mikromekanik kilitlemesi ile gerçekleşir. Kimyasal bağlanmada, cam iyonmer simanın poliakrilat iyonları hidroksiapatit kristalleri içindeki fosfat iyonlarının yerine geçer ve geri dönüşümsüz olarak dentine tutunur. Cam iyonmer patın formülüne göre kimyasal ve mekanik bağlanma oranları değişebilir (81). Çalışmamızda elde edilen bu yüksek bağlanma değerleri daha önceden rapor edildiği gibi cam iyonmer esaslı patların hem dentine (0.74 MPa) hem de güta perkaya (0.14 MPa) bağlanabilmesi ile açıklanabilir (50,81). Çinko oksit ojenol, epoksi rezin ve cam iyonmer esaslı patların dentine adezyonlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda da cam iyonmer esaslı patın diğer patlar üzerinde avantajlara sahip olduğu gösterilmiştir (385,386). Ayrıca, cam iyonmer ve dentin arasındaki kimyasal reaksiyonun zaman içinde artış gösterdiği ve daha güçlü bağlanma sağladığı da bilinmektedir (84,85). Çalışmamızın SEM analizi bulgularına göre Ketac-Endo'nun dentin tübül penetrasyonu (60 µm) Epiphany'den (1000 µm) daha düşük olmasına rağmen push-out bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olması, dentin tübül penetrasyonu ile bağlanma dayanımının doğru orantılı olmadığını göstermekte ve diğer çalışmalarda bildirilen tübül penetrasyon gösteren tüm patların bağlanma dayanımlarının yüksek olmadığı ve pat tıkaçlarının penetrasyonu ile yaratılan mikromekanik retansiyonun kök kanal patlarının adezyonunu etkileyen en önemli veya tek faktör olmadığı görüşlerini desteklenmektedir (51,233).

Çalışmamızda güta perka/Ketac-Endo gruplarında daha çok dolgu içinde koheziv başarısızlık görülmesi (Çizelge 7) Ketac-Endo'nun dentine güta perkaya göre daha iyi bağlanması ile ilişkili olabilir. Lee ve ark.'larının (387) cam iyonmer pat içine gömüldüğü ve daha sonra patın uzaklaştırılarak güta perka konularının incelendiği SEM çalışmalarında, cam iyonmer siman ile örtülen güta perka konularının karakteristik pürüzlü bir yüzey göstermelerine rağmen, kimyasal veya fiziksel bağlanma bulunduğu dair herhangi bir kanıt bulunmadığı rapor edilmiştir. Ketac-endo'nun güta perkaya bağlanmasının dentine bağlanmasının 1/5 i kadar olması da (50) kimyasal reaksiyon için potansiyelin sınırlı olduğunu akla getirmektedir. Gogos ve ark. (99) larının patların dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında cam iyonmer esaslı bir pat olan Endion grubundaki örneklerde koheziv başarısızlığın görüldüğü, bunun da materyalin



dentine bağlanma dayanımının ölçülenden daha yüksek olduğunu kanıtladığı bildirilmiştir Cam iyonmer pat içinde havanın sıkışmasına bağlı boşlukların varlığı da zayıf koheziv bağlanmaya neden olabilmektedir. Bu çalışmada da dentin disklerinin mikroskop altında incelenmesinde lateral kompaksiyon yöntemi ile doldurulan örneklerin bazılarında hava boşluklarının varlığı gözlenmiştir. Rezin yapıştırma simanlarının içinde oluşabilecek gözenek ve hava kabarcıklarının azaltılması için simanın kanala lentülo yardımı ile gönderilmesi önerildiği için (388) çalışmamızda da bu yöntem tercih edilmiştir. Ketac-Endo hazırlanma prosedürleri açısından diğer patlardan farklıdır. Kapsüller halinde sunulmuş ve dış ortamla temasa geçmeden vibrasyon kullanılarak karıştırılmaktadır. Bu nedenle kapsül içindeki hava, çapı 100 µm'ye ulaşan çok sayıda boşluğun oluşmasına neden olmaktadır (102). Başka çalışmalarda da kanal patı olarak kullanıldığında cam iyonmer siman içinde kalan hava boşluklarına dikkat çekilmiştir (74,248). Mutal ve ark, (102) çinko oksit ojenol, cam iyonmer ve epoksi rezin esaslı patlardaki sertleşme sonrası gözenek ve boşlukları incelemişlerdir. Yapısal defektlerin çinko oksit ojenol esaslı patlarda daha sık ve daha büyük (120-260 µm) olduğu gözlenirken epoksi rezin ve cam iyonmer esaslı patlarda boşlukların çapı 80 µm'yi geçmemiştir.

Çalışmamızda Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubunun düşük bağlanma değerleri göstermesi (Çizelge 3) ilginçtir. SEM analizi bulgularının da desteklediği gibi Ketac-Endo dentine kimyasal olarak bağlanabilmektedir. Hatta SEM mikrograflarında patın dentin tübül ağzlarında eroziv bir etki göstererek, dentin parçalarının kırılıp pat içinde kaldığı izlenmiştir (Şekil. 39). Ketac-Endo ve Resilon arasında da kimyasal bir bağ varlığı dikkati çekmiştir (Şekil. 40). Literatürde Resilon/Ketac-Endo kombinasyonlarını inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanmadığından elde edilen bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırılamamıştır. Resilon, Ketac-Endo arasındaki SEM de görüntülenen bu bağın ileri çalışmalarla araştırılması gerekmektedir.

Çalışmamızda güta perka ile birlikte kullanılan Ketac-Endo ve AH Plus patları soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile kullanıldığında istatistiksel olarak bir fark bulunmamış ancak, kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile kullanıldığında Ketac-Endo daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir (Çizelge 3). Epoksi-rezin esaslı pat, kollajende açığa çıkmış amino grupları ile reaksiyona girer.

Bunu takiben epoksit halkaların açılıp rezin ve kollajen arasında kovalent bağların oluşması ile dentine bağlanabilir (50). Lee ve ark. (50) kök kanal patlarının dentine ve güta perkaya bağlanma dayanımlarını germe test yöntemi ile değerlendirmişler ve en yüksek bağlanma dayanımlarının epoksi rezin esaslı pat olan AH26'nın hem dentine (2.06 MPa) hem de güta perkaya (2.93 MPa) bağlanmasında meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Farklı test yöntemleri kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda da epoksi rezin esaslı patların cam iyonomer esaslı patlardan daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerine ulaştığı bildirilmiştir (72,99). Aynı test yöntemini kanal dolgu patları için kullanan bir tez çalışmasında çalışmamızın sonuçları ile benzer olarak cam iyonomer esaslı pat epoksi rezin esaslı pattan daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri bildirilmiştir (389). Çeşitli çalışmaların sonuçları arasındaki uyumsuzluk, kullanılan örnek ve test yöntemlerindeki farklılıklara bağlı olabilir. Güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubu sıklıkla koheziv başarısızlık gösterirken aynı dolgu maddeleri kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile uygulandığında daha çok adeziv başarısızlık göstermiştir (Çizelge 7). Bu durum sıcak tekniklerle yaratılan ısının, AH Plus'ın büzülme stresi yaratarak dentin duvarlarından erken ayrılması ile sonuçlanacak hızlı sertleşme zamanına neden olması ile açıklanabilir (160).

Bu çalışmada kompaksiyon tekniğinin türü başarısızlık tiplerini etkilemiştir. Sıcak kompaksiyon tekniklerinin kullanıldığı gruplarda patların polimerizasyonlarının hızlanması ile ilişkili olarak kök dentini ile dolgu arasında adeziv başarısızlık daha çok görülmüştür. Hızlı sertleşme, rezin esaslı patlarda rezinin akıcılığını engelleyerek yüksek polimerizasyon stresine neden olmaktadır (160). SEM analizi mikrograflarına göre sıcak kompaksiyon tekniği tüm patların dentin tübüllerine penetrasyonunu ve adaptasyonunu olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak bu çalışmada sıcak teknikler push-out bağlanma dayanımı değerleri üzerinde anlamlı derecede etkili bulunmamıştır. Bu durum yukarıda da belirtilen penetrasyon ile yaratılan mikromekanik retansiyonun adezyonu önemli derecede etkilemediği (233) sonucunu desteklemektedir.

Bugüne kadar yayınlanmış olan polikaprolakton esaslı kanal dolgu maddesi ile metakrilat esaslı pat kombinasyonlarının dentine bağlanmalarının push-out test yöntemi ile değerlendirildiği çalışmaların (132,259) sonuçları ile uyumlu olarak

çalışmamızda Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubu güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubuna göre daha düşük push-out bağlanma dayanımı göstermiştir ( $P<0.05$ ) (Çizelge 3). Yine Resilon/Epiphany/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubu, güta perka/AH Plus/kombine sıcak vertikal kompaksiyon grubundan istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte daha düşük bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir (Çizelge 3). Sly ve ark. (260) kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile doldurdıkları Resilon/Epiphany kombinasyonunun dentine bağlanma dayanımlarını 2mm kalınlığında dentin diskleri hazırlayarak push-out testi ile değerlendirmişlerdir. Güta perka/AH 26 kombinasyonun dentine bağlanmada Resilon/Epiphany kombinasyonundan daha başarılı olduğu rapor edilmiştir ( $p<0.05$ ). Resilon/Epiphany kombinasyonlarının düşük bağlanma değerleri göstermesi şu faktörlere bağlanabilir. Birincisi, Tay ve ark. (148) ve Hiraishi ve ark. (135) mikroshear testi kullanarak Resilon ve metakrilat rezin esaslı patların adezyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, metakrilat esaslı patın Resilonla kimyasal bağlanmasının çok zayıf olduğunu iddia etmişlerdir. Resilon içerisindeki major komponent olan polikaprolaktonun minör polimerik komponent olan dimetakrilata oranı ortalama 10:1 dir (125,390). Resilon içine katılmış dimetakrilat miktarının metakrilat esaslı patlarla etkili kimyasal bağ kurmak için yeterli olmadığı bildirilmiştir (148). İkincisi, metakrilat esaslı rezinlerin polimerizasyon büzülme stresi, düşük dolduruculu, düşük yoğunluğa sahip rezin simalarda ve kök kanal patlarında, yüksek dolduruculu rezin kompozitlere oranla daha yüksektir (151,152). Endodontik bağlanmada en önemli problem, derin, dar kanallarda büzülme stresinin rahatlamasının olmamasıdır (153,154). Rezinin akması (rezin flow) ile stresin rahatlaması kavite geometrisine ve rezin film kalınlığına bağlıdır (155-157). Kavite konfigürasyon faktörünün yüksek olduğu ince uzun kanallarda bağlanmayan yüzey alanı küçülür, rezinin akıcılığı ile stresin rahatlatılması yetersiz hale gelir ve ara yüzde ayrılma ve bağlanamama riski artar (146,158). Üçüncüsü, hızlı kural ortücülüğün sağlanması için patın kanal ağzından ışıqla sertleştirilmesi, rezinin akıcılığı ile elde edilecek stresin azaltılmasını engelleyecektir (132,154), Zaten zayıf olan resilon-pat bağının rezin patın sertleşmesi esnasında meydana gelen polimerizasyon büzülme stresine dayanabilmesi şüphelidir. Skidmore ve ark. (162) Resilon/Epiphany sisteminin ve güta perka/ Kerr Pulpa kanal

patı kombinasyonunun kök dentinine bağlanma dayanımlarını mikro push-out yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Üretici firmanın talimatlarının aksine hızlı kuronal örtücülük için rezin pat ışıkla sertleştirilmemiş ve Resilon/Epiphany sistemi üstün bulunmuştur. Yazarlar ışıkla sertleştirilme yapılmamasının patın polimerizasyon stresinin azaltılmasında önemli olduğunu vurgulanmışlar ve diğer çalışmalarla (132) farklılığın buradan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızın sonuçları Resilon/Epiphany kombinasyonlarının düşük bağlanma değerleri göstermesine neden olan yukarıda bahsedilen faktörleri doğrulamaktadır.

Çalışmamızda soğuk kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubunda daha çok koheziv tipte başarısızlık gözlenirken, kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı grupta hemen hemen eşit oranlarda adeziv ve koheziv başarısızlık gözlenmiştir (Çizelge 7). Üngör ve ark. (259) ve Gesi ve ark. (132) çalışmalarında bağlanmada başarısızlık daha çok pat-dentin arayüzünde görülmüştür. Gesi ve ark. (132) bu durumu smear tabakanın retansiyonuna veya adezivlerin dentin tübüllerine penetre olamamasına bağlanmışlardır. Çalışmamızda smear tabakasının uzaklaştırma protokollerinden biri uygulanmıştır. Soğuk kompaksiyon tekniğinde koheziv başarısızlığın sıkça görülmesi Resilon ile metakrilat esaslı pat arasında etkili bir bağ oluşmaması ile açıklanabilir (148). Epiphany patı kök kanalının apikal ve orta üçlüsünde kendiliğinden sertleşmeye bırakıldığında nispeten yavaş polimerize olmaktadır (ortalama 25 dak) fakat polimerizasyon hızı sıcak vertikal kompaksiyon ve Obtura ile doldurma (back filling) esnasında oluşturulan ısı ile hızlanabilir. Isıya bağlı bu hızlı sertleşme acil kuronal örtücülükte bahsedilen rezinin akıcılığı ile stresin rahatlatılmasını yetersiz hala getirir ve ara yüzde ayrılma ve bağlanamama riskini artırır (160). Bu durum sıcak kompaksiyon tekniğinin uygulandığı grupta adeziv başarısızlığın görülme sıklığının artmasını açıklamaktadır.

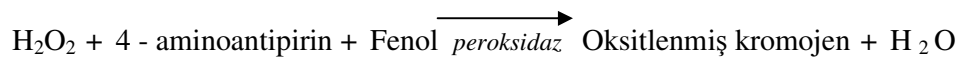
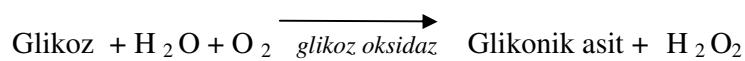
Çalışmamızda güta perka/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubunun Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubundan istatistiksel olarak daha yüksek bağlanma dayanımı göstermesi ilginçtir (Çizelge 3). Çalışmamız sonuçları ile benzer sonuçlar rapor eden Üngör ve ark.ları. (259) güta perkanın daha yüksek bağlanma dayanımı göstermesini Resilon'a göre daha kompakte edilebilir olmasına

bağlamışlardır. Güta perka ve Epiphany arasındaki ilişkiyi inceleyecek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda kök kanal dolgularının kanal dentinine bağlanma dayanımlarını test etmek için kullandığımız push-out yöntemi Goracci ve ark. (391) tarafından fiber postların bağlanma dayanımlarının incelenmesinde kullanılmış ve bu test yöntemi esnasında oluşan sürtünme kuvvetinin bağlanma dayanımları değerlerine eklendiği iddia edilmiştir Bu durumun dolgu maddelerinin test edilmesi sırasında da oluşup oluşmadığı ve test sonuçları üzerine etkisi daha ileri çalışmalarla araştırılmalıdır.

Kök kanal tedavisinin başarısı kök kanal sisteminin kemomekanik şekillendirilmesine ve sızdırmaz şekilde doldurulmasına bağlıdır (40). Kemomekanik şekillendirme sonrası arta kalan mikroorganizmaların kanal içine hapsedilmesinin dışında, kök kanal dolgusu kök kanal sisteminde yeni bir mikrobiyal kolonizasyonu engelleyebilmelidir. Kök kanal sisteminin doldurulmasında standart olarak bir kor ve pat materyali birlikte kullanılmaktadır. Endodontide devam eden çalışmalara ve gelişmelere rağmen kök kanal sisteminin tam olarak örtülenmesi (seal) günümüz geçerli materyal ve doldurma teknikleri ile mümkün değildir (266). Apikal veya kuronal yönden sızıntı (2,37,39,97,267) halen klinik bir problem olarak karşımıza çıkmakta ve başarısızlığın kaynağı olarak görülmektedir (3,72,268). Kanal dolgu tekniği, patların kimyasal ve fiziksel özellikleri ve smear tabakası gibi birçok farklılık sızıntıyı etkileyebilmektedir. Kök kanal duvarlarına bağlanabilen kök kanal patları hem apikal hem de kuronal sızıntının azaltılmasında önemli rol oynar. Bu nedenle, kök kanal patları sızıntıyı azaltma yetenekleri açısından değerlendirilmelidir. Kök kanal dolgularının örtücülüklerinin değerlendirilmesinde doldurulmuş bir kanal boyunca izleyici maddenin penetrasyonunu değerlendirme esasına dayanan test yöntemleri kullanılmaktadır (292,303,306). *İn vitro* sızıntı çalışmaları geliştirilen materyal ve tekniklerin kontrollü koşullar altında karşılaştırılabilmelerine olanak sağlar (392) ancak sonuçlar direkt olarak klinikle bağdaştırılamaz (280). Birçok araştırmacı yaptıkları sızıntı çalışmalarında (49,303) hiçbir sızıntı yöntemini en geçerli yöntem olarak adlandıramamışlardır. Tüm bu sebeplerle, sızıntı çalışmaları seçilen test metodu ve uygulama tekniği, gerçeğe uygunluğu ve istatistiksel analiz yöntemleri açısından eleştirilmektedir (280,329,393).

Sızıntının değerlendirilmesinde izleyici maddenin önemini ele alacak olursak cinsi, molekül boyutu, iyonik geçişi, pH'ı ve kimyasal reaktivitesi önem taşımaktadır. Genellikle bakteri, boya, radyoizotop ve diğer maddeler izleyici olarak kullanılmaktadır. Küçük moleküller (örneğin su) büyük olanlardan (albumin) 100 kat daha fazla sızarlar (394). Bu durumda hangi partikül boyutunun sızıntı çalışmalarının gerekliliğini karşılamaya uygun olduğu sorusu akla gelmektedir. Bakteri ve bakteri ürünleri gibi patojenik maddeler büyük partikül boyutuna sahip olsa da, mikroorganizmalar için besin oluşturacak moleküller (örneğin şeker) küçüktür. Oral kavitedeki besleyici moleküller dolgusu yapılmış kanal içine girerse temizleme, şekillendirme ve doldurma işlemleri sonrası canlılığını devam ettiren bakteri bölünerek çoğalabilir. Sonuçta bakteri ve bakteri ürünlerinin apikal foramen dışına sızma ihtimali artar. Küçük moleküllere karşı geçirmez bir kanal dolgusu optimaldir ve sızıntı çalışmalarında küçük molekül boyutuna sahip izleyici madde kullanılması gereklidir (280,302). Bu çalışmada kök kanal dolgusu boyunca sızıntının belirlenmesinde izleyici madde olarak, bakteriler için besin kaynağı olan ve mikroorganizmalardan daha küçük moleküler boyuta sahip (MW= 180 Da) glikoz kullanılmıştır (280). Bu sebeplerle, glikozun diğer izleyici maddelere göre daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir (302). Seçilen bu yöntemle, kök kanal dolgusu boyunca sızan ve apikaldeki rezervuarda biriken glikozun konsantrasyonunun belirlenmesi ile sızıntının miktar olarak ifade edilebilmesi mümkün olmaktadır. Glikoz konsantrasyonunun belirlenmesinde bakır veya ferrisiyanit yöntemlerine göre glikoz oksidaz yöntemi daha hassastır. (395). İlk olarak glikoz oksijen varlığında glikoz oksidaz enzimi ile glikonik asite dönüşür ve hidrojen peroksit açığa çıkar. Ardından, peroksidaz enzimi varlığında kromojenik oksijen akseptörü (4-aminoantipirin ve fenol) hidrojen peroksitle oksitlenir ve kırmızı ürün (oksitlenmiş kromojen) açığa çıkar. Bu oksitlenmiş kromojenin miktarı ile ilk reaksiyondaki glikoz miktarı orantılıdır ve oksitlenmiş kromojenin miktarı spektrofotometrik olarak belirlenebilmektedir (302).



Glikoz penetrasyon yöntemi sayesinde mikrosızıntı devamlı olarak ölçülebilmektedir, Mikrosızıntı miktarı test süresi sonunda sızan glikozun kümülatif değeridir. Penetrasyon testlerinde teknik faktörler sonuçları etkileyebilir. Dentin geçirgenliğinin test edildiği çalışmalarda uygulanan basıncın ölçüm sonuçlarını etkilediği belirtilmiştir (396). Pommel ve Camps (203) kök kanal dolgularının sızıntılarının sıvı filtrasyon yöntemi ile değerlendirilmesinde düşük (15 cm H<sub>2</sub>O) ve yüksek (150 cm H<sub>2</sub>O) basıncın etkilerini inceledikleri çalışmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. 15 cm H<sub>2</sub>O basıncının yeterliği olduğu ve aynı zamanda fizyolojik değerlere yakın miktarlarda basınç kullanılmasının daha anlamlı olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada da glikoz penetrasyon modelini kullanan diğer çalışmalarla (144,302) uyumlu olarak düşük kural basıncı (15 cm H<sub>2</sub>O) kullanılmıştır. Glikoz penetrasyon modelinde, diş test periyodu boyunca glikoz solüsyonunun yarattığı devamlı bir basınca maruz kalmaktadır. Glikoz penetrasyon yöntemi ile doldurulmuş kök kanalı boyunca sıvı geçişini benzer şekilde ölçen sıvı filtrasyon yönteminde ise basınç anlık veya çok kısa süreli olarak uygulanmaktadır. Basıncın sürekli olması ile kanal dolgusu içindeki çok küçük boşlukların bile tespit edilebilmesi, penetrasyon tespitinin gözle hava kabarcığının hareketini izlemek yerine spektrofotometrik olarak yapılması, glikoz penetrasyon modelinde konvektif (taşınımlı)\* sıvı hareketinin glikoz molekülünün difüzyonu ile birleşmesi gibi nedenlerle bu modelin sıvı filtrasyon yönteminden daha hassas olduğu sonucuna varılmıştır (144).

Bu çalışmada test periyodunun başında, örneklerin büyük kısmı glikoz penetrasyonu göstermezken, penetrasyon gösteren örneklerin oranı zaman içinde artmış ve sadece çok az sayıdaki örnekte 30. günde glikoz penetrasyonu saptanmamıştır (Çizelge 14). Literatürdeki sızıntı çalışmaları incelendiğinde çok az sayıdaki çalışmanın sızıntı gösteren örneklerin yüzdesini verdiği görülmüştür (144,391,397,398). Oysa bu oranın bilinmesi farklı birimlerle elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesini kolaylaştıracak ve sızıntı göstermeyen örnekler hakkında bilgi

---

\* Konveksiyon, ya da taşınım katı yüzey ile akışkan arasında gerçekleşen ısı transferinin bir çeşididir. Akışkan içindeki akımlar vasıtasıyla ısı transfer edilir. Akışkan içindeki veya akışkanla sınır yüzey arasındaki sıcaklık farklarından ve bu farkın yoğunluk üzerinde oluşturduğu etkiden doğabilmektedir. Yoğunluk değişimlerinin diğer kaynakları, değişken tuzluluk oranı veya dış kaynaklı zorlayıcı kuvvet uygulanması gibi sebepler de olabilir.

verecektir. Tüm bakterilerin periapikal alana ulaşabilmesi mümkün olmasa da, klinik olarak kök kanal dolgusu sızıntı gösteren bir vaka da mikroorganizmalar için besleyici olabilecek moleküller kanal boyunca ilerleyebilir, Bu durum, bakteri ve/veya toksik ürünlerinin periapikal alana ulaşma ihtimalini artıracaktır, Sızdırmazlığın tam olarak sağlanmasının gerekli olduğu kanıtlanmamış olsa da, sızıntının olabildiğince az olması mantıklıdır (280). Bu çalışmanın sınırları içinde, hiçbir materyal/teknik kombinasyonu tüm örneklerde ideal bir sızdırmazlık sağlayamamıştır. Bu durum önceki çalışmaların (142,144,302,399) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda, seçilen doldurma tekniği güta perkanın Ketac-Endo ve Epiphany, Resilon'un Ketac-Endo ile kullanıldığı gruplarda glikoz penetrasyon sonuçlarını etkilemiştir. Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grupları Ketac-Endo/kombine sıcak vertikal kompaksiyon gruplarından daha fazla glikoz penetrasyon değerleri göstermiştir (Çizelge 8). Wu ve ark. (87) pat kalınlığının kök kanal dolgusunun sızdırmazlığını etkilediğini bildirmişlerdir. Ketac-Endo'nun film kalınlığı (28.7 µm). Epiphany (20.1 µm) ve AH Plus'ın (10.6 µm) film kalınlığından fazladır. Aynı zamanda Ketac-Endo kanal patının erken dönemde parçalandığı da rapor edilmiştir (400). Sıcak güta perkanın kompaksiyonu güta perka ve kök kanal duvarı arasındaki mesafeyi ciddi oranda azaltmaktadır (401). Sistem B ile yapılan kök kanal dolgularının %90'sının güta perkadan oluştuğu (199,402) ve Sistem B kompaksiyonu ile gerçekleştirilen kök kanal dolgularının soğuk lateral kompaksiyona oranla ağırlıkça %25 daha yoğun güta perka içerdiği rapor edilmiştir (403). Gençoğlu ve ark. (207)'lerinin dört farklı güta perka tekniği ile doldurulan örneklerde kor/pat oranını ve apikal sızıntıyı test ettikleri çalışmalarında lateral kompaksiyon tekniği ile doldurulan örneklerde toplam güta perka oranının Sistem B ile doldurulan örneklerden az olduğu ancak apikal 2 ve 3 mm lik uzaklıklarda farklılığın anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Sıcak güta perka ve soğuk lateral kompaksiyon tekniklerinin kök kanallarının sızdırmazlığına etkisinin incelendiği çalışmalarda çok farklı sonuçlar yayınlanmıştır. De Moor & De Boever (404) boya penetrasyon yöntemini kullandıkları sızıntı çalışmalarında soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin termoplastik güta perka tekniklerinden daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Vizgirda ve ark. (405) ise soğuk lateral kompaksiyon ve



termoplastik güta perka teknikleri arasında anlamlı bir farklılık bulmamışlardır. Bakteri penetrasyon yönteminin kullanıldığı sızıntı çalışmalarında (399,406,407) sıcak güta perkanın vertikal kompaksiyonu, soğuk lateral kompaksiyon gruplarından daha az sızıntı göstermiştir. Jacobson ve ark. (204) lateral kompaksiyon tekniğı ile doldurulan kanalların, Sistem B ve Obtura II backfill ile doldurulan kanallara oranla daha hızlı bakteriyel sızıntı gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızda Ketac-Endo'nun sıcak tekniklerle kullanıldığında soğuk lateral kompaksiyon tekniğine oranla daha iyi ve diğer gruplara benzer sızdırmazlık göstermesi ile uyumludur. Fakat bu sonuçların aksine SEM analizi bulgularına göre diğer tüm kombinasyonlarda olduğu gibi Ketac-Endo'nun sıcak kompaksiyon teknikleri ile kullanımı dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini olumsuz etkilemiştir. Bu durum patların dentin tübül penetrasyonu ile sızıntıya karşı gösterdikleri direnç arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucunu (112) desteklemektedir.

Birçok çalışma, bu çalışmanın sonuçları ile benzer şekilde, soğuk lateral kompaksiyon tekniğı ile kullanılan rezin esaslı patların Keta-Endo'dan daha az sızıntı gösterdiğini bildirmiştir (88,92,93,106,107). Bunların aksine mikrosızıntının bakteriyel penetrasyon teknikleri ile değerlendirildiğı bazı çalışmalarda AH Plus ve and Ketac-Endo benzer sızdırmazlık özellikleri göstermiştir (399,408). Ketac-Endo'nun flor iyonu salımına bağılı antimikrobiyal etkisi. test sonuçlarını etkileyebilmektedir. McMichen ve ark. larının (116). Roth 801. Tubli-Seal EWT. AH Plus, Apexit ve Endion kanal patlarının fiziksel özelliklerini test ettikleri çalışmalarında materyallerin bozulma hızının sıvı emilimlerinden daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Cam iyonomer esaslı patın matrisi oluşturan büyük kısmı, zamanla suda parçalanmaktadır (409). Endion'un, AH Plus'a göre daha fazla ağırlık kaybına uğradığı ve AH Plus'ın çözünürlük değerinin %3'n (BS 6934 1988) altında olduğu bildirilmiştir (116). Sen ve ark, (112) boya penetrasyon yöntemi ile patların sızıntılarını değerlendirdikleri çalışmalarında Ketac-Endo'nun boyayı emdiğini ve patın kendi içinde koheziv başarısızlık göstererek sızıntı için yol oluşturduğu bildirilmiştir. Cam iyonomer esaslı patlar için bildirilen bu sonuçlar çalışmamız ile uyumlu görülmektedir. Cam iyonomer esaslı patların matrislerinin suda parçalanması dikkate alınarak daha uzun dönemde sızıntılarının değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde Resilon/Ketac-Endo kombinasyonlarının push-out test

sonuçlarında olduğu gibi örtüleme kabiliyetlerini değerlendiren herhangi bir araştırmaya rastlanmadığından elde edilen glikoz penetrasyon değerleri karşılaştırılamamıştır.

Resilon'un dual sertleşen metakrilat rezin kompozit patlarla kullanılması tavsiye edilmesine rağmen, bu çalışmada epoksi rezin esaslı patla birlikte kullanılması etkili bir sızdırmazlık göstermiştir (Çizelge 6). Onay ve ark. (142) güta perka ve Resilon kor maddeleri ile AH Plus ve Epiphany kanal patlarını farklı kombinasyonlarla lateral kompaksiyon tekniği kullanmışlar ve apikal sızıntıyı bilgisayarlı sıvı filtrasyon tekniği ile test etmişlerdir. Çalışmamızda Resilon/AH Plus kombinasyonu en yüksek sızıntı değerlerini göstermiştir. Sonuçlardaki bu farklılık kanal şekillendirme tekniğindeki ve sızıntı test yöntemindeki farklılardan kaynaklanabilmektedir. Resilon ve AH Plus arasındaki ilişkinin açıklanabilmesi için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde kök kanallarını örtüleme kabiliyetleri açısından Resilon/Epiphany kombinasyonunun, konvansiyonel güta perka/epoksi rezin esaslı pat kombinasyonları ile karşılaştırıldığı çalışmalar son yıllarda dikkati çekmektedir. Farklı sızıntı test yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmaların bir kısmında Resilon/Epiphany kombinasyonu avantajlı bulunurken (40,131,138-141), güta perka/epoksi rezin pat kombinasyonunun daha üstün olduğunu rapor eden çalışma da mevcuttur (144,392). Endodontik tedavi görmüş dişlerin güçlendirilmesinin değerlendirildiği çalışmalarda da farklı sonuçlar bildirilmektedir. İki çalışmada Resilon/meatkrilat rezin pat kombinasyonunun endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direncini artırmada güta perka ve epoksi rezin esaslı patlardan daha üstün oldukları gösterilirken (64,410) başka bir çalışmada aralarında istatistiksel bir fark bulunamamıştır (411). Shipper ve ark. (40) güta perka/epoksi rezin pat ve Resilon/Epiphany kombinasyonlarının kök kanal duvarı ile ilişkilerini tarama elektron mikroskop (SEM) analizi ile değerlendirmişlerdir. Resilon'un Epiphany ile yakın adaptasyonunu ve Epiphany patının dentin duvarlarına bağlanarak "monoblok" yapının oluştuğu gösterilmiştir. Araştırmacılar Resilon ile doldurulan örneklerde kanal duvarlarının %17 EDTA ve Epiphany Primer ile muamele edilmesinin rezin dolgunun büzülme ile kanal duvarlarından ayrılmasını engellediğini ileri sürmektedirler. Güta perka/AH 26 grubunda ise güta perkanın pattan ayrıldığı ve boşluk oluştuğu, patın ise dentin

tübüllerinde rezin tıkaçları oluşturarak dentini kapladığı gösterilmiştir. Güta perka ve AH 26 kanal patı arasındaki boşluğun mikrobiyal sızıntının kaynağı olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, Resilon'un bakteri penetrasyonuna direnç göstermede kompaksiyon tekniğinden etkilenmediği de bildirilmiştir. Resilon/Epiphany, güta perka/Roth ve güta perka/AH Plus kombinasyonlarının örtüleme kabiliyetleri sıvı filtrasyon testi ile değerlendirilmiş ve Resilon/Epiphany ile yapılan dolgular diğerlerinden daha üstün bulunmamıştır (143). Pitout ve ark. (145) Resilon veya güta perka ile hem lateral kompaksiyon hem de Sistem B ile doldurduğu kök kanallarında, kullanılan kor maddesinin ve kompaksiyon yönteminin örtülemeyi etkilemediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda, diğer çalışmalarla uyumlu olarak (62,142,143) güta perka/AH Plus kombinasyonları Resilon/Epiphany kombinasyonları ile benzer sızdırmazlık özellikleri göstermiştir. Oysa SEM analizi bulgularına göre 1000µm'ye kadar uzanan derinlikte penetrasyon gösteren Epiphany kanal patının, partikül büyüklüğü nedeniyle penetrasyon gösteremediği düşünülen AH Plus kanal patından örtüleme açısından daha avantajlı olması beklenmiştir. Ancak, Sen ve ark. (112)'larının da bildirdikleri gibi patların dentin tübül penetrasyonu ile sızıntıya karşı gösterdikleri direnç arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir. Tay ve ark. (62) kök kanal duvarları boyunca boşlukları SEM, apikal sızıntıyı ise TEM analizleri ile değerlendirmişlerdir. Resilon ve Epiphany patı arasında güta perka ve AH Plus patı'na göre bağlantının çok üstün olduğu gözlenmiştir. Pat-dentin ara yüzünde ise zayıf bağlantı gözlenmiştir. Bu durum self-etch primerin kanalların apikal kısmına ulaştırılmamasına ve daha önce de belirtildiği gibi yüksek kavite konfigürasyon faktörünün etkisine (146). ısı ve acil kural örtülemenin yapılması gibi faktörlere bağlanmaktadır (147). Bunun yanı sıra, kompaksiyon esnasında kısmen polimerize olmuş patın maniplasyonun da self etch primer ve kök dentini arasında gelişen bağları bozabildiği ileri sürülmektedir. (62).

Versiani ve ark. (164) Epiphany kanal patının ANSI/ADA spesifikasyon 57 de belirlenenden daha yüksek çözünürlük (%3.41) ve boyutsal değişim (genleşme %8.1) gösterdiğini ve aşırı kalsiyum salımına (41.46 mg/L) bağlı olarak ortamın pH' ını artırdığını göstermişlerdir. Bu da Epiphany ile doldurulan kanallarda apikal periodontitisin daha az görülmesinin bir nedeni olabilir (131,163). Epiphany'nin yüksek çözünürlük değerleri göz önüne alınarak kök kanallarını örtüleme

kabiliyetleri uzun süreli çalışmalarla test edilmelidir. Epiphany kanal patının boyutsal değişimlerinin yanı sıra bakteriler, maya ve mantarlar tarafından salınan lipazlar gibi hidrolitikler polikaprolaktonların ester bağlarını bölerler (171,172,412) parçalanma ürünleri mikroplar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılırlar (173). Tay ve ark. (159,413) iki çalışma ile Resilon'un degradasyonunu\* incelemişlerdir. İlk çalışmada (159) güta perka ve resilon diskleri sodyum etoksi içinde 20 ve 60 dakika bekletilmiş ardından yüzeyleri tarama elektron mikroskobu ve Enerji Dispersive X-ray analizi ile incelenmiştir. Resilon disklerinin yüzeyleri 20 dakika sonra hidrolize olmasına rağmen güta perka diskleri etkilenmemiştir. İkinci çalışmada (413) Resilon, güta perka ve polikaprolakton diskleri fosfatla tamponlanmış serum fizyolojik, lipaz ps veya kolesterol esterase içinde saklanmıştır. Resilon ve polikaprolakton güta perkaya oranla anlamlı derecede fazla ağırlık kaybına uğramış ve yüzeyleri incelenmiştir. Baumgartner ve ark. (392) güta perka/AHPlus ve Resilon/Epiphany kanal dolgularının *Enterococcus faecalis* invazyonuna dirençlerini test ettikleri çalışmalarda Resilon/Epiphany ile doldurulan örneklerde kontaminasyonun daha hızlı olduğunu rapor etmişlerdir. Bu durum Resilon'un enzimatik biyodegradasyonu ile açıklanmıştır. Tüm bu sebeplerle polikaprolakton yerine inert bir materyal olduğu bilinen güta perkanın (170) pat ile kimyasal bağlanmasının sağlayan yolların aranmasına çalışılmalıdır. Polibutadien-diizosiyonat-metakrilat rezin ile kaplanmış güta perka konlarının kullanılması (148) alternatif bir strateji olarak geliştirilebilir.

Çalışmamızda en yüksek push-out bağlanma dayanımı değerlerini gösteren güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu yüksek glikoz penetrasyon değerlerine de sahiptir. Kanal dolgu maddelerinin bağlanma dayanımları ile glikoz penetrasyon değerleri arasında bir ilişki kurulamamıştır (Çizelge 15). Ketac-Endo'nun hem güta perkaya hem de kök dentinine bağlanabilirken, sızıntının yüksek olması patın karıştırılması esnasında içerisinde hava kabarcıkları ve polimerizasyon büzülmesi sonucu boşluklar oluşması ile açıklanabilir.

---

\* Kimyasal bir bileşiğin ısı, radyasyon, nem veya çözücünün asiditesi gibi uç çevresel durumlarda daha küçük bileşiklere veya elementlere parçalanması. Kimyasal sentezin karşıtı olarak da tanımlanabilir.

Sonuç olarak; bu *in vitro* çalışmanın sınırları içerisinde

1. Güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon ve Güta perka/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grupları en yüksek push-out bağlanma dayanımı değerlerini göstermiştir ( $P < 0.05$ ).
2. Resilon/Epiphany kombinasyonlarından yüksek bağlanma dayanımı değerleri beklenmekte iken Epiphany kanal patının yüksek dentin tübül penetrasyonu gösterdiği SEM analizi bulgularına rağmen, sonuçları güta perka/konvansiyonel kanal patları kombinasyonlarından daha düşüktür. Pat tıkaçları ile yaratılan mikromekanik retansiyonun adezyonu önemli derecede etkilemediği görülmüştür.
3. SEM mikrograflarında soğuk yöntemle kıyaslandığında sıcak kompaksiyon tekniklerinde patların daha az adaptasyon ve tübül penetrasyonu göstermesine karşın, çalışmamızda kullanılan bu teknikler dolgu maddelerinin push-out bağlanma dayanımları üzerinde anlamlı fark yaratmamıştır ( $P > 0.05$ ).
4. SEM analizi bulgularına göre dentin tübüllerine 1000 $\mu$ m'ye kadar uzanan derinlikte penetrasyon gösteren Epiphany kanal patının, penetrasyon göstermeyen AH Plus kanal patından örtüleme açısından daha avantajlı olması beklenirken, Güta perka/AH Plus kombinasyonu Resilon/Epiphany kombinasyonu ile benzer glikoz penetrasyonu göstermiştir.
5. Resilon/AH Plus kombinasyonunun glikoz penetrasyonu açısından Resilon/Epiphany kombinasyonundan daha üstün görülmesi, klinik kullanımda böyle bir kombinasyonun mikrosızıntı açısından avantajlı olabileceğini düşündürmektedir.
6. Güta perka'nın Ketac-Endo ve Epiphany, Resilon'un Ketac-Endo kombinasyonlarının örtüleme kapasiteleri çalışmamızda kullanılan doldurma tekniğine göre farklılık göstermiştir.
7. Henüz çok yeni bir yöntem olmakla birlikte, glikoz penetrasyon modeli kök kanal dolgusu boyunca sızıntının tespit edilmesinde hassas bir

yöntem olarak görülmektedir. Bu yöntem ile fizyolojik değerlere yakın basınç altında, kesintiye uğramadan ve kümülatif olarak kantitatif değerler elde edilmesi önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu durum klinik mikrosızıntının önceki yöntemlere göre daha iyi taklit edildiği düşüncesini doğurmaktadır.

## ÖZET

### Kanal Dolgu Maddelerinin Apikal Sızıntı ve Bağlanma Özelliklerinin Glikoz Filtrasyon, Push-Out ve Tarama Elektron Mikroskobu Yöntemleriyle İncelenmesi

Günümüzde, kanal duvarı boyuca mükemmel bir örtücülük sağlayamadığı halde kök kanallarının doldurulmasında halen, geleneksel güta perka ve kanal patları standart materyaller olarak kullanılmaktadır. Güta perkanın dentin duvarı, çinko oksit ojenol, epoksi rezin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlara kimyasal bağlanması söz konusu olmadığından endodontik monoblok oluşturulamaz. Adeziv teknolojideki gelişmelerden faydalanarak, kök kanal duvarlarına bağlanma, monoblok oluşturma, apikal ve kuronal sızıntının azaltılması hedeflenmiştir. Son yıllarda tanıtılan termoplastik polimer esaslı kor materyali (Resilon), metakrilat esaslı kanal patının (Epiphany) dentinle birlikte kullanımının monoblok yapıyı oluşturabildiği ileri sürülmektedir.

Bu *in vitro* çalışmanın amacı, standart kök kanal dolgu madde ve yöntemleri ile termoplastik sentetik polimer esaslı sistemlerin kök kanal dentinine bağlanma dayanımlarının push-out testi, apikal örtücülüklerinin glikoz penetrasyon yöntemi ve kök kanal dentini ile ilişkisinin SEM ile karşılaştırılmasıdır.

Apikal boyutu ,06/40'a kadar genişletilen premolar dişler 12 deney (n = 13) ve 2 kontrol grubuna (n = 6) ayrıldı. Kök kanalları AH Plus (grup 1, 4, 7, 10). Ketac Endo (grup 2, 5, 8, 11) veya Epiphany (grup 3, 6, 9, 12) ile güta perka (grup 1-6) veya Resilon (grup 7-12) kor materyallerinden birini kullanarak soğuk lateral kompaksiyon (grup 1-3, grup 7-9) veya Sistem B + Obtura II (grup 4-6, grup 10-12) ile dolduruldu. Her kökün kuronal üçlüsünden düşük hızlı bıçak ile  $1.00 \pm 0.05$  mm kalınlığında üç seri kesit alındı, Push-out testi  $0.5$  mm/dak hızla çalışan Universal test cihazı ile gerçekleştirildi ve veriler (MPa) istatistiksel olarak analiz edildi (ANOVA ve Duncan's Multiple Range test,  $P = 0.05$ ). Kırık tipleri X40 büyütmede incelendi. Her kökün apikal kısmı ( $11.00 \pm 0.05$ ) glikoz penetrasyon modeli ile örtücülüğün değerlendirilmesi için kullanıldı. Birinci. 8.. 15.. 22. ve 30. günlerde sızan glikoz konsantrasyonu enzimatik glikoz oksidaz reaksiyonu sayesinde spektrofotometrik olarak ölçüldü ve veriler (mmol/L) istatistiksel olarak analiz edildi (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U tests,  $P = 0.05$ ). SEM incelemesi için, her grubu temsilen bir diş bukko-lingual yönde uzunlamasına ikiye ayırdı. Kök kanal dolgu maddelerinin birbirleri, dentin duvarları ve dentin tübülleri arasındaki ilişkiler incelendi.

Push-out bağlanma dayanımı değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel fark bulundu ( $P < 0.05$ ) ve güta perka/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubu (grup 2) en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini ( $4.43 \pm 1.50$ ) gösterdi. Dolgu içinde meydana gelen koheziv başarısızlık, dolgu-dentin arayüzünde meydana gelen adeziv başarısızlıktan daha fazla örnekte görüldü ( $P < 0.05$ ). Deney süresi boyunca en yüksek glikoz penetrasyon değerleri Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (grup 8) ( $17.27 \pm 10.32$ ). en düşük değerler ise Resilon/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubunda (grup 7) ( $3.36 \pm 4.65$ ) saptandı ( $P < 0.05$ ). Seçilen doldurma tekniği. Ketac-Endo/güta perka ve Resilon. Epiphany/güta perka kombinasyonlarının sızıntı değerlerini etkiledi ( $P < 0.05$ ). SEM analizinde, Ketac-Endo ve Epiphany kanal patları yüksek dentin tübül penetrasyonu gösterirken, AH Plus'ın ancak tübül ağızlarını tıkayabildiği saptandı. Sıcak kompaksiyon tekniklerinde patların genellikle kor materyallerine karışmış halde bulunduğu, adaptasyon ve penetrasyonlarının soğuk tekniğe göre daha az olduğu dikkati çekti.

Bu çalışmanın sınırları içinde beklenilenin aksine Resilon/Epiphany kombinasyonlarının push-out bağlanma dayanımları güta perka/geleneksel kanal patları kombinasyonlarından daha yüksek değildir. Hiçbir materyal teknik kombinasyonu ideal bir örtücülük sağlayamamıştır. Güta perka/AH Plus kombinasyonlarının örtüleme özellikleri Resilon/Epiphany kombinasyonları ile benzerdir.

**Anahtar Sözcükler:** Epiphany, Glikoz penetrasyon, mikrosızıntı, push-out bağlanma dayanımı, Resilon



## SUMMARY

### **The Evaluation of Apical Leakage and Bond Strengths of Root Canal Filling Materials through Glucose Filtration, Push-Out and Scanning Electron Microscope Methods**

Today, the use of gutta-percha and root canal sealers to obturate root canals are considered standard materials, despite their inability to routinely achieve an impervious seal along the dentinal walls of the root canal. Endodontic monoblock between gutta-percha, dentin and sealers such as zinc oxide-eugenol, epoxy resin, calcium hydroxide or glass ionomer can not be created due to lack of chemical union of these materials. Bonding to root canal walls, creating a monoblock, reducing the apical and coronal leakage are the main purposes required to achieve by using improvements in adhesive technology. The use of recent introduced thermoplastic polymer based core material (Resilon) and methacrylate based sealer (Epiphany) were claimed to create a monoblock with dentine.

The aim of this in vitro study is to compare (i) the interfacial bond strengths of conventional root canal filling material/technique combinations to thermoplastic synthetic polymer-based systems using push-out test, (ii) the sealing ability using glucose penetration model and (iii) the interaction with dentine using SEM.

Premolars (n = 168) instrumented to an apical size of .06/40 were divided into twelve experimental (n = 13) and two control groups (n = 6). The root canals were filled with either gutta-percha (groups 1-6) or Resilon (groups 7-12) core materials combined with AH Plus (groups 1, 4, 7, 10). Ketac Endo (groups 2, 5, 8, 11) or Epiphany (groups 3, 6, 9, 12) using cold lateral compaction (groups 1-3, groups 7-9) or System B with Obtura II (groups 4-6, groups 10-12). Three serial 1.00 ± 0.05 mm thick slices were prepared from the coronal third of each root using a low speed saw. Push-out tests were performed at a cross-head speed of 0.5 mm/min using a universal testing machine and the data (MPa) was statistically analyzed (ANOVA and Duncan's Multiple Range test, P = 0.05). Fracture modes were also evaluated at X40 magnification. Apical portion of each root (11.00 ± 0.05 mm) was used for the assessment of the sealing ability using glucose penetration model. The leaked glucose concentration was measured spectrophotometrically at 1, 8, 15, 22, and 30 days through the enzymatic glucose oxidase method. The data was recorded as mmol/L and statistically analyzed (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests, P = 0.05). For the SEM analysis, one resembling tooth of each group was separated longitudinally and the interaction within the root canal filling materials and dentin walls was examined using SEM.

Push-out bond strength values showed statistically significant differences among the groups (P < 0.05). Gutta-percha/Ketac-Endo/cold lateral compaction (Group 2) had the highest bond strengths (4.43 ± 1.50). Cohesive failures within the filling material were more than adhesive failures at the filling-dentine interface (P < 0.05). Throughout the experimental period, Resilon/Ketac-Endo/cold lateral compaction (group 8) showed the highest mean cumulative glucose penetration (mmol/L) (17.27 ± 10.32), whereas Resilon/AH Plus/ cold lateral compaction (group 7) had the least (3.36 ± 4.65) (P < 0.05). Ketac-Endo either with gutta-percha or Resilon, and Epiphany with gutta-percha combinations were affected by the obturation technique (P < 0.05). It was determined that AH Plus could only plug tubular orifices while the root canal sealers Ketac-Endo and Epiphany showed high tubular penetration in SEM analysis. It was also stated that in warm vertical techniques, the sealers were generally mixed with core materials and that their adaptations and penetrations reduced compared with cold lateral compaction technique.

Within the limits of this study, in contrast to the expectations, it was determined that the push-out bond strengths of Resilon/Epiphany combinations were not higher than that of gutta-percha/conventional root canal sealer combinations. Any of the material/technique combinations provided an ideal seal. Gutta-percha/AH Plus combinations seemed to have similar sealing properties to Resilon/ Epiphany combinations.

**Key Words:** Epiphany, Glucose penetration, microleakage, push-out bond strength, Resilon

## KAYNAKLAR

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34(6):849-53.
2. Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1955;8(10):1100-4.
3. Ingle JI, Bakland LK. Endodontics. 5th edition, DC. Becker Inc, 2002; 51-668.
4. Morse DR, Esposito JV, Pike C, Furst ML. A radiographic evaluation of the periapical status of teeth treated by the gutta-percha-eucapercha endodontic method: a one-year follow-up study of 458 root canals. Part III. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983;56(2):190-7.
5. Gutmann J, Dumsha T, Lovdahl P, Hovland E. Problem Solving in Endodontics, 3th edition, Mosby, 1997; 172-205).
6. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965;20:340-9.
7. Moller AJ, Fabricius L, Dahlen G, Ohman AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res* 1981;89(6):475-84.
8. Cohen S, Hargreaves KM. Pathways of the Pulp. 9th edition, Mosby, 2006; 358-400.
9. Koch CRE, Torpe BLT. A History of Dental Surgery, National Art Publishing Co, 1909; vol 2 and 3.
10. Perry SG. Preparing and filling the roots of teeth. *Dent Cosmos* 1883;(25),185.
11. Grossman LI. Endodontic practice. 10th edition, Lea & Febiger, 1982;279.
12. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta percha. II. The history and molecular chemistry of guttapercha. *Oral Surg* 1974;37(6):954.
13. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part IV. A thermal profile of the warm gutta-percha packing procedure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;51(5):544-51.
14. Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and physical properties of gutta percha endodontic filling materials. *J Endod* 1977;3(8):304.
15. Marciano J, Michalesco PM. Dental gutta percha chemical composition, x-ray identification, enthalpic studies and clinical implications. *J Endod* 1989;15(4):149.
16. Oliet S, Sorin SM. Effect of aging on the mechanical properties of handrolled gutta percha endodontic cones. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977;43(6):954-62.

17. Johnson BT, Bond MS. Leakage associated with single or multiple increment backfill with the Obtura II gutta-percha system. *J Endod* 1999;25(9):613-4.
18. Solomon SM, Oliet S. Rejuvenation of aged (brittle) endodontic gutta percha cones. *J Endod* 1979;5(8):233.
19. Marlin J, Schilder H. Physical properties of gutta percha when subjected to heat and vertical condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973;36(6):872.
20. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of guttapercha. I. The compressibility of guttapercha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*.1974;37(6):916.
21. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of guttapercha. Part V. Volume changes in bulk guttapercha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation [sic]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*.1985;59(3):285.
22. Moorer WR, Genet JM. Evidence for antibacterial activity of endodontic guttapercha cones. *Oral Surg* 1982;53(5):503.
23. Lui JN, Sae-Lim V, Song KP, Chen NN. In vitro antimicrobial effect of chlorhexidine-impregnated gutta percha points on *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004;37(2):105-13.
24. Chogle S, Mickel AK, Huffaker SK, Neibaur B. An in vitro assessment of iodoform gutta-percha. *J Endod* 2005;31(11):814-6.
25. Martin H, Martin TR. Iodoform guttapercha: MGP a new endodontic paradigm. *Dent Today* 1999;18(4):76.
26. Lohbauer U, Gambarini G, Ebert J, Dasch W, Petschelt A. Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. *Int Endod J* 2005;38(10):683-9.
27. Holland R, Murata SS, Dezan E, Garlipp O. Apical leakage after root canal filling with an experimental calcium hydroxide guttapercha point. *J Endod* 1996;22(2):71.
28. Das S. Effect of certain dental materials on human pulp in tissue culture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;52(1):76).
29. Pascon EA, Spangberg LS. In vitro cytotoxicity of root canal filling materials: 1. Gutta-percha. *J Endod* 1990;16(9):429-33.
30. Spangberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993;19(12):596-8.
31. Sjogren U, Sundqvist G, Nair PN. Tissue reaction to gutta-percha particles of various sizes when implanted subcutaneously in guinea pigs. *Eur J Oral Sci.* 1995;103(5):313-21.

32. Calnan J. The use of inert plastic material in reconstructive surgery. I. A biological test for tissue acceptance. II. Tissue reactions to commonly used materials. *Br J Plast Surg* 1963;16:1-22.
33. Stenman E, Spangberg LS. Root canal instruments are poorly standardized. *J Endod* 1993;19(7):327-34.
34. Siqueira JF Jr, da Silva CH, Cerqueira M das D, Lopes HP, de Uzeda M. Effectiveness of four chemical solutions in eliminating *Bacillus subtilis* spores on gutta-percha cones. *Endod Dent Traumatol* 1998;14(3):124-6.
35. Figdor D. Apical periodontitis: a very prevalent problem. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(6):651-2.
36. Saunders EM. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 2. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *Int Endod J*. 1990;23(5):268-74.
37. Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 1993;19(9):458-61.
38. Trope M, Chow E, Nissan R. In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1995;11(2):90-4.
39. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16(12):566-9.
40. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004;30(5):342-7.
41. Friedman S, Torneck CD, Komorowski R, Ouzounian Z, Syrtash P, Kaufman A. In vivo model for assessing the functional efficacy of endodontic filling materials and techniques. *J Endod* 1997;23(9):557-61.
42. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995;28(1):12-8.
43. Kirkevang LL, Horsted-Bindslev P, Orstavik D, Wenzel A. Frequency and distribution of endodontically treated teeth and apical periodontitis in an urban Danish population. *Int Endod J* 2001;34(3):198-205.
44. Nakabayashi N. Bonding of restorative materials to dentine: the present status in Japan. *Int Dent J* 1985;35(2):145-54.
45. Cobankara FK, Adanr N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod* 2004;30(6):406-9.
46. Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J* 1996;29(2):76-83.

47. Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod*. 1998;24(1):41-4.
48. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod* 2000;26(4):230-5.
49. Britto LR, Borer RE, Vertucci FJ, Haddix JE, Gordan VV. Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. *J Endod* 2002;28(10):721-3.
50. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod* 2002;28(10):684-8.
51. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Orstavik D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *J Endod* 2003;29(9):595-601.
52. Rawlinson A. Sealing root canals with low-viscosity resins in vitro: a scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68(3):330-8.
53. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod* 2004;30(12):827-45.
54. Ahlberg KM, Tay WM. A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *Int Endod J* 1998;31(1):15-21.
55. Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *J Endod* 2003;29(1):20-3.
56. Amass W, Amass A, Tighe B. A Review of Biodegradable Polymers. *Polym Int* 1998;47:89-144.
57. United States Patent Application 20030113686, US Patent & Trademark Office, 2003; June 19.
58. Elzubair A, Elias CN, Suarez JC, Lopes HP, Vieira MV. The physical characterization of a thermoplastic polymer for endodontic obturation. *J Dent* 2006;34(10):784-9.
59. Perrin DE, English JP. Polycaprolactone. In: Domb AJ, Kost J, Wiseman DM, eds. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Australia: Harwood Academic, 1998; 63-77.
60. Pitt CG, Chasalow FI, Hibionada YM, Klimas DM, Schindler A. Aliphatic polyesters I: the degradation of poly( $\epsilon$ -caprolactone) in vivo. *J Appl Polym Sci* 1981;26:3779-87.
61. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050069836, 2005; march 31.
62. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Lai CN, Raina R, Williams MC. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005;31(7):514-9.

63. Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* 2005;12(1):2-24.
64. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc* 2004;135(5):646-52.
65. Grubbs RB, Broz ME, Dean JM, Bates FS. Selectively epoxidized polyisoprene-polybutadiene block copolymers. *Macromolecules* 2000;33:2308–2310.
66. Haschke E. Adhesive endodontic cones and related methods, United States Patent Application 20040202986. US Patent & Trademark Office, 2004;October 14.
67. Jensen SD, Fischer DJ. Method for filling and sealing a root canal. Patent Number 6,811,400 United States Patent & Trademark Office, 2004; November 2.
68. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod* 2005;31(9):659-64.
69. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. Clinical performance of three endodontic sealers. *Endod Dent Traumatol* 1987;3(4):178-86.
70. Eriksen HM, Orstavik D, Kerekes K. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment using three different root canal sealers. *Endod Dent Traumatol* 1988;4(3):114-7.
71. Branstetter J, von Fraunhofer JA. The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature. *J Endod* 1982;8(7):312-6.
72. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J* 2002;35(10):859-66.
73. Pitt-Ford TR. The leakage of root canal fillings using glass ionomer cement and other materials. *Br Dent J* 1979;146(9):273.
74. Ray H, Seltzer S. A new glass ionomer root canal sealer. *J Endod* 1991;17(12):598-603.
75. Trope M, Ray HL Jr. Resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;73(1):99-102.
76. Jonck LM, Grobbelaar CJ, Strating H Biological evaluation of glass-ionomer cement (Ketac-O) as an interface in total joint replacement. A screening test. *Clinical Materials* 1989;4:201–24.
77. Blackman R, Gross M, Seltzer S. An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. *J Endod* 1989;15(2):76-9.
78. Weiger R, Heuchert T, Hahn R, Lost C. Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Endod Dent Traumatol* 1995;11(5):214-9.

79. Saunders WP, Saunders EM, Herd D, Stephens E. The use of glass ionomer as a root canal sealer--a pilot study. *Int Endod J* 1992;25(5):238-44.
80. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res* 1992;71(11):1836-41.
81. Chung HA, Titley K, Torneck CD, Lawrence HP, Friedman S. Adhesion of glass-ionomer cement sealers to bovine dentin conditioned with intracanal medications. *J Endod* 2001;27(2):85-8.
82. McComb D, Smith DC. Comparison of physical properties of polycarboxylate-based and conventional root canal sealers. *J Endod* 1976;2(8):228-35.
83. Mount GJ. Glass ionomer cements and future research. *Am J Dent* 1994;7(5):286-92.
84. Prosser HJ, Powis DR, Brant P, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. 7. The physical properties of current materials. *J Dent* 1984;12(3):231-40.
85. Davis EL, Yu X, Joynt RB, Wieczkowski G Jr, Giordano L. Shear strength and microleakage of light-cured glass ionomers. *Am J Dent* 1993;6(3):127-9.
86. Koch K, Min PS, Stewart GG. Comparison of apical leakage between Ketac Endo sealer and Grossman sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78(6):784-7.
87. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J* 1994;27(6):304-8.
88. De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J* 1994;27(5):239-44.
89. Smith MA, Steiman HR. An in vitro evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. *J Endod* 1994;20(1):18-21.
90. Rohde TR, Bramwell JD, Hutter JW, Roahen JO. An in vitro evaluation of microleakage of a new root canal sealer. *J Endod* 1996;22(7):365-8.
91. Timpawat S, Sripanaratanakul S. Apical sealing ability of glass ionomer sealer with and without smear layer. *J Endod* 1998;24(5):343-5.
92. Ozata F, Onal B, Erdilek N, Turkun SL. A comparative study of apical leakage of Apexit, Ketac-Endo, and Diaket root canal sealers. *J Endod* 1999;25(9):603-4.
93. Mello I, Robazza CR, Antoniazzi JH. Influence of Er: YAG laser irradiation on apical sealing of four different sealers. *Braz Dent J* 2004;15(3):190-3.
94. Dalat DM, Onal B. Apical leakage of a new glass ionomer root canal sealer. *J Endod* 1998;24(3):161-3.
95. Miletic I, Anic I, Pezelj-Ribaric S, Jukic S. Leakage of five root canal sealers. *Int Endod J* 1999;32(5):415-8.



96. Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. *Int Endod J* 1996;29(2):99-107.
97. Siqueira JF Jr, Rocas IN, Lopes HP, de Uzeda M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. *J Endod* 1999;25(1):14-6.
98. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod* 2002;28(5):351-4.
99. Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *J Endod* 2004;30(4):238-40.
100. Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical leakage of four endodontic sealers. *J Endod* 2003;29(3):208-10.
101. Kanchanasavita W, Pearson GJ, Anstice HM. Influence of humidity on dimensional stability of a range of ion-leachable cements. *Biomaterials* 1995;16(12):921-9.
102. Mutal L, Gani O. Presence of pores and vacuoles in set endodontic sealers. *Int Endod J* 2005;38(10):690-6.
103. Beyer-Olsen EM, Orstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;51(3):320-8.
104. Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *J Endod* 1999;25(2):109-13.
105. Leonardo MR, da Silva LA, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(1):28-32.
106. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J* 2000;33(1):25-7.
107. Economides N, Kokorikos I, Kolokouris I, Panagiotis B, Gogos C. Comparative study of apical sealing ability of a new resin-based root canal sealer. *J Endod* 2004;30(6):403-5.
108. Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J* 1997;30(5):332-4.
109. Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economides N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent* 2003;31(5):321-6.
110. Wennberg A, Orstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J* 1990;23(1):13-9.
111. Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod* 1991;17(1):15-20.

112. Sen BH, Piskin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *Int Endod J* 1996;29(1):23-8.
113. Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, Parissis-Messimeris S, Boutsoukias A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol* 1998;14(4):191-5.
114. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod* 1984;10(12):558-62.
115. Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J* 2004;37(10):653-63.
116. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003;36(9):629-35.
117. Schwandt NW, Gound TG. Resorcinol-formaldehyde resin "Russian Red" endodontic therapy. *J Endod* 2003;29(7):435-7.
118. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics* 2005;12 (1):25.
119. Safavi KE, Pascon EA, Langeland K. Evaluation of tissue reaction to endodontic materials. *J Endod* 1983;9(10):421-9.
120. Zmener O, Pameijer CH. Clinical and radiographic evaluation of a resin-based root canal sealer. *Am J Dent* 2004;17(1):19-22.
121. Zidan O, al-Khatib Z, Gomez-Marin O. Obturation of root canals using the single cone gutta-percha technique and dentinal bonding agents. *Int Endod J* 1987;20(3):128-32.
122. Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J* 2005;38(2):87-96.
123. Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod* 2003;29(10):658-61.
124. Jin SH, Jia WT. Self-curing system for endodontic sealant applications. United States Patent Application 20030134933, US Patent & Trademark Office, 2003; July 17.
125. Jia WT, Alpert B. Root canal filling material. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20030113686, 2003; June 19.
126. Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent* 2003;5(4):267-82.
127. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M. Dentinal bonding reaches the root canal system. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(6):348-54.
128. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992;67(4):458-67.

129. Ozturk B, Ozer F. Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod* 2004;30(5):362-5.
130. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod* 2004;30(2):113-6.
131. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod* 2005;31(2):91-6.
132. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005;31(11):809-13.
133. Shipper G, Trope M. In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *J Endod* 2004;30(3):154-8.
134. Kinney JH, Balooch M, Marshall GW, Marshall SJ. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Arch Oral Biol* 1999;44(10):813-22.
135. Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J* 2005;38(10):753-63.
136. Department of Polymer Science, University of Southern Mississippi. The Glass Transition. Available at: [www.psrc.usm.edu/macrog/tg.htm](http://www.psrc.usm.edu/macrog/tg.htm).
137. Williams C, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006;32(6):553-5.
138. Wang CS, Debelian GJ, Teixeira FB. Effect of intracanal medicament on the sealing ability of root canals filled with Resilon. *J Endod* 2006;32(6):532-6.
139. Bodrumlu E, Tunga U. Apical leakage of Resilon obturation material. *J Contemp Dent Pract* 2006 1;7(4):45-52.
140. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod* 2006;32(7):642-5.
141. Tunga U, Bodrumlu E. Assessment of the sealing ability of a new root canal obturation material. *J Endod* 2006;32(9):876-8.
142. Onay EO, Ungor M, Orucoglu H. An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. *J Endod* 2006;32(10):976-8.
143. Biggs SG, Knowles KI, Ibarrola JL, Pashley DH. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. *J Endod* 2006;32(8):759-61.
144. Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *Int Endod J* 2006;39(12):968-76.

145. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *J Endod* 2006;32(9):879-81.
146. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003;19(3):199-205.
147. Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 1984;63(2):146-8.
148. Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Gillespie WT, Doyle MD. Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *J Endod* 2006;32(2):133-7.
149. Na YH, He Y, Shuai X, Kikkawa Y, Doi Y, Inoue Y. Compatibilization effect of poly(epsilon-caprolactone)-b-poly(ethylene glycol) block copolymers and phase morphology analysis in immiscible poly(lactide)/poly(epsilon-caprolactone) blends. *Biomacromolecules* 2002;3(6):1179-86.
150. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050066854. 2005;March 31.
151. Condon JR, Ferracane JL. Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 2000;131(4):497-503.
152. Feilzer AJ, Dauvillier BS. Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and viscoelastic properties of experimental two-paste composites. *J Dent Res* 2003;82(10):824-8.
153. Davidson CL, Van Zeghbroeck L, Feilzer AJ. Destructive stresses in adhesive luting cements. *J Dent Res* 1991;70(5):880-2.
154. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater* 2005;21(1):36-42.
155. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987;66(11):1636-9.
156. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res* 1989;68(1):48-50.
157. Alster D, Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dent Mater* 1997;13(3):146-50.
158. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005;31(8):584-9.
159. Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, King NM. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod* 2005;31(8):593-8.

160. Li C, Schmid S, Mason J. Effects of pre-cooling and pre-heating procedures on cement polymerization and thermal osteonecrosis in cemented hip replacements. *Med Eng Phys* 2003;25(7):559-64.
161. Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater* 1993;9(4):218-21.
162. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006;32(10):963-6.
163. Sousa CJ, Montes CR, Pascon EA, Loyola AM, Versiani MA. Comparison of the intraosseous biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. *J Endod* 2006;32(7):656-62.
164. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J* 2006;39(6):464-71.
165. ANSI/ADA Specification No 57. Endodontic Sealing Material. Washington: USA.2000.
166. Seux D, Couble ML, Hartmann DJ, Gauthier JP, Magloire H. Odontoblast-like cytodifferentiation of human dental pulp cells in vitro in the presence of a calcium hydroxide-containing cement. *Arch Oral Biol* 1991;36(2):117-28.
167. Magnusson B, Kligman A. The identification of contact allergens by animal assay. The guinea pig maximization test. *J Invest Dermatol* 1969;52(3):268-76.
168. Key JE, Rahemtulla FG, Eleazer PD. Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2006;32(8):756-8.
169. Susini G, About I, Tran-Hung L, Camps J. Cytotoxicity of Epiphany and Resilon with a root model. *Int Endod J* 2006;39(12):940-4.
170. Hamann C, Rodgers PA, Alenius H, Halsey JF, Sullivan K. Cross-reactivity between gutta-percha and natural rubber latex: assumptions vs. reality. *J Am Dent Assoc* 2002;133(10):1357-67.
171. Hayashi T, Nakayama K, Mochizuki M, Masuda T. Studies on biodegradable poly-(hexano-6-lactone) fibers. Part 3. Enzymatic degradation in vitro (IUPAC Technical Report). *Pure Appl Chem* 2002;74:869-80.
172. Lefèvre C, Tidjani A, Vander Wauven C, David C. The interaction between microorganisms and substrate in the biodegradation of polycaprolactone. *J Appl Polym Sci* 2002;83:1334-40.
173. Jaeger KE, Steinbuchel A, Jendrossek D. Substrate specificities of bacterial polyhydroxyalkanoate depolymerases and lipases: bacterial lipases hydrolyze poly(omega-hydroxyalkanoates). *Appl Environ Microbiol.* 1995;61(8):3113-8.
174. Nielsen BA, Beeler WJ, Vy C, Baumgartner JC. Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments. *J Endod* 2006 ;32(2):130-2.

175. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990;69(10):1652-8.
176. Mohsen NM, Craig RG, Hanks CT. Cytotoxicity of urethane dimethacrylate composites before and after aging and leaching. *J Biomed Mater Res* 1998;39(2):252-60.
177. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG. Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts. *J Dent Res* 1991;70(11):1450-5.
178. de Souza Costa CA, Lopes do Nascimento AB, Teixeira HM, Fontana UF. Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater* 2001;17(3):230-40.
179. Hommez GM, De Moor RJ, Braem M. Endodontic treatment performed by Flemish dentists. Part 2. Canal filling and decision making for referrals and treatment of apical periodontitis. *Int Endod J*. 2003;36(5):344-51.
180. Qualtrough AJ, Whitworth JM, Dummer PM. Preclinical endodontology: an international comparison. *Int Endod J* 1999;32(5):406-14.
181. Baumgardner KR, Taylor J, Walton R. Canal adaptation and coronal leakage: lateral condensation compared to Thermafil. *J Am Dent Assoc* 1995;126(3):351-6.
182. Bal AS, Hicks ML, Barnett F. Comparison of laterally condensed .06 and .02 tapered Gutta-Percha and sealer in vitro. *J Endod* 2001;27(12):786-8.
183. Wilson BL, Baumgartner JC. Comparison of spreader penetration during lateral compaction of .04 and .02 tapered gutta-percha. *J Endod* 2003;29(12):828-31.
184. Huumonen S, Lenander-Lumikari M, Sigurdsson A, Orstavik D. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment: a comparison between a silicone-based and a zinc oxide-eugenol-based sealer. *Int Endod J* 2003;36(4):296-301.
185. Waltimo TM, Boiesen J, Eriksen HM, Orstavik D. Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92(1):89-92.
186. Kahn FH, Rosenberg PA, Schertzer L, Korthals G, Nguyen PN. An in-vitro evaluation of sealer placement methods. *Int Endod J* 1997;30(3):181-6.
187. Hall MC, Clement DJ, Dove SB, Walker WA 3rd. A comparison of sealer placement techniques in curved canals. *J Endod* 1996;22(12):638-42.
188. Lares C, elDeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *J Endod* 1990;16(10):474-9.
189. Barkins W, Montgomery S. Evaluation of Thermafil obturation of curved canals prepared by the Canal Master-U system. *J Endod* 1992;18(6):285-9.
190. Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod* 1991;17(6):260-4.

191. Beatty RG, Baker PS, Haddix J, Hart F. The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *J Am Dent Assoc* 1989;119(5):633-7.
192. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha fill techniques as assessed by a new method of determining apical leakage. *J Endod* 1995;21(4):167-72.
193. Buchanan LS. The continuous wave of obturation. *Dent Today* 1996;15(1):60-2.
194. Fors U, Jonasson E, Berquist A, Berg JO. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *Int Endod J* 1985;18(3):199-202.
195. Gutmann JL, Rakusin H, Powe R, Bowles WH. Evaluation of heat transfer during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha. Part II. In vivo response to heat levels generated. *J Endod* 1987;13(9):441-8.
196. Sweatman TL, Baumgartner JC, Sakaguchi RL. Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 2001;27(8):512-5.
197. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the System-B Heat Source. *Int Endod J* 2002;35(9):740-6.
198. Floren JW, Weller RN, Pashley DH, Kimbrough WF. Changes in root surface temperatures with in vitro use of the system B HeatSource. *J Endod* 1999 ;25(9):593-5.
199. Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. *Int Endod J* 1999;32(4):287-95.
200. Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 2002;28(3):220-3.
201. Jung IY, Lee SB, Kim ES, Lee CY, Lee SJ. Effect of different temperatures and penetration depths of a System B plugger in the filling of artificially created oval canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96(4):453-7.
202. Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J* 2002;35(6):527-35.
203. Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *J Endod* 2001;27(4):256-8.
204. Jacobson HL, Xia T, Baumgartner JC, Marshall JG, Beeler WJ. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *J Endod* 2002;28(4):269-71.
205. McRobert AS, Lumley PJ. An in vitro investigation of coronal leakage with three gutta-percha backfilling techniques. *Int Endod J* 1997;30(6):413-7.
206. Kececi AD, Unal GC, Sen BH. Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation techniques following manual or rotary instrumentation. *Int Endod J* 2005;38(6):381-8.

207. Gencoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93(3):333-6.
208. Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *J Endod* 1977;3(5):168-74.
209. Marlin J. Injectable standard guttapercha as a method of filling the root canal. *J Endod* 1986;12(8):354.
210. Gutmann JL, Rakusin H. Perspectives on root canal obturation with thermoplasticized injectable gutta-percha. *Int Endod J* 1987;20(6):261-70.
211. Cathro P R, Love R.M. Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *Int Endod J* 2003;36(12):876-882.
212. Whitworth JM, Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill: an in vitro evaluation. *J Endod* 2005;31(4):280-2.
213. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1993;26(4):203-8.
214. Hardie EM. Further studies on heat generation during obturation techniques involving thermally softened guttapercha. *Int Endod J* 1987;20(13):122-7.
215. Weller RN, Koch KA. In vitro radicular temperatures produced by injectable thermoplasticized guttapercha. *Int Endod J* 1995;28(2):86-90.
216. Stamos DE, Stamos DG. A new treatment modality for internal resorption. *J Endod* 1986;12(7):315-9.
217. Wilson PR, Banes IE. Treatment of internal resorption with thermoplasticized guttapercha. *Int Endod J* 1987;20(2):94-7.
218. Roane JB. Balanced force, crown-down preparation, and inject-R Fill obturation. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19(11):1137-40.
219. Packham DE. Adhesion. In: Packham De (ed). *Handbook of Adhesion*, ed 1. Essex, England: Longman, 1992:18.
220. Anasavice KJ. *Philips' science of dental materials*. 10 t ed. Philadelphia:W.B. Saunders Co., 1996:25-30.
221. Van Meerbeek B, Inoue S, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel and Dentin Adhesion. In: *Operative Dentistry*. Summit JB, Robbins JW, Schwartz RS. 2nd. ed., Quintessence Publishing Co, 2001: 178-191.
222. Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J* 1983; 16(2):59-63.



223. Swift EJ Jr, Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int.* 1995;26(2):95-110.
224. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci* 2004;112(4):353-61.
225. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J* 2001;34(5):346-53.
226. Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N. Effect of smear layer on coronal microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82(3):315-20.
227. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000;13(5):255-60.
228. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H J. Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. *Oral Rehabil* 2005;32(2):97-104.
229. Gaston BA, West LA, Liewehr FR, Fernandes C, Pashley DH. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27(5):321-4.
230. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27(12):753-7.
231. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res* 1996;75(4):1034-44.
232. Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials* 2005;26(14):2043-52.
233. Oksan T, Aktener BO, Sen BH, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1993;26(5):301-5.
234. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984;63(2):1396-9.
235. Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res* 1999;78(4):898-905.
236. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996;21(1):17-24.

237. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent* 1999;12(4):177-80.
238. Drummond JL. In vitro evaluation of endodontic posts. *Am J Dent* 2000;13:5B-8B.
239. Qualtrough AJ, Chandler NP, Purton DG. A comparison of the retention of tooth-colored posts. *Quintessence Int* 2003;34(3):199-201.
240. Varela SG, Rabade LB, Lombardero PR, Sixto JM, Bahillo JD, Park SA. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J Prosthet Dent* 2003;89(2):146-53.
241. Purton DG, Love RM. Rigidity and retention of carbon fibre versus stainless steel root canal posts. *Int Endod J* 1996;29(4):262-5.
242. Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. *Oper Dent* 2003;28(5):515-21.
243. Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol* 1996;12(5):227-36.
244. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 2002;18(8):596-602.
245. Pawelczyk E, Plotkowiak Z, Helska M. Kinetics of talampicillin decomposition in solutions. *Acta Pol Pharm* 2002;59(1):25-9.
246. Soderholm KJ. Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials. *Dent Mater* 1991;7(2):74-83.
247. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent* 1999;1(4):299-309.
248. Timpawat S, Harnirattisai C, Senawongs P. Adhesion of a glass-ionomer root canal sealer to the root canal wall. *J Endod* 2001;27(3):168-71.
249. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 1995;11(2):117-25.
250. Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res* 1991;70(5):889-93.
251. Belli S, Zhang Y, Pereira PN, Ozer F, Pashley DH. Regional bond strengths of adhesive resins to pulp chamber dentin. *J Endod* 2001;27(8):527-32.
252. Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod* 2001;27(6):411-4.

253. Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci* 2005;113(1):70-6.
254. Watanabe LG, Marshall Jr GW, Marshall SJ. Variables influence on shear bond strength testing to dentine. In: Tagami J, Toledano M, Prati C, eds. Proceedings of the Granada International Symposium 3-4 december 1999, Italy: Advanced Adhesive Dentistry, 2000:75-90.
255. Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1999;1(1):57-67.
256. Roydhouse RH. Punch-shear test for dental purposes. *J Dent Res* 1970;49(1):131-6.
257. Gallo JR 3rd, Miller T, Xu X, Burgess JO. In vitro evaluation of the retention of composite fiber and stainless steel posts. *J Prosthodont* 2002;11(1):25-9.
258. Loxley EC, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC 3rd. The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95(4):490-4.
259. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J* 2006;39(8):643-7.
260. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod* 2007;33(2):160-2.
261. Vassiliadis LP, Sklavounos SA, Stavrianos CK. Depth of penetration and appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an in vivo study. *J Endod* 1994;20(8):373-6.
262. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol. *J Endod* 2006;32(8):785-8.
263. Sevimay S, Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):105-10.
264. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85(1):86-93.
265. Depraet FJ, De Bruyne MA, De Moor RJ. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer after Nd:YAG laser irradiation of the root canal. *Int Endod J* 2005;38(5):302-9.
266. Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J* 1993;26(2):87-92.
267. Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod* 1987;13(3):109-12.

268. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 1994;10(3):105-8.
269. Timpawat S, Vongsavan N, Messer HH. Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *J Endod* 2001;27(5):351-3.
270. Wu MK, Tigos E, Wesselink PR. An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: a leakage study in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(4):499-502.
271. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *Int Endod J* 2000;33(2):121-5.
272. Gurney BF, Best EJ, Gervasio G. Physical measurements on gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32(2):260-70.
273. Wiener BH, Schilder H. A comparative study of important physical properties of various root canal sealers. II. Evaluation of dimensional changes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32(6):928-37.
274. Bandyopadhyay S. A study of the volumetric setting shrinkage of some dental materials. *J Biomed Mater Res* 1982;16(2):135-44.
275. Orstavik D. Weight loss of endodontic sealers, cements and pastes in water. *Scand J Dent Res* 1983;91(4):316-9.
276. Peters DD. Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. *J Endod* 1986;12(4):139-45.
277. Tronstad L, Barnett F, Flax M. Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers. *Endod Dent Traumatol* 1988;4(4):152-9.
278. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J* 1997;30(5):307-12.
279. Sen BH, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995;28(3):141-8.
280. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993;26(1):37-43.
281. Stewart GG. A comparative study of three root canal sealing agents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1958;11(9):1029-41.
282. Antonopoulos KG, Attin T, Hellwig E. Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. *J Endod* 1998;24(10):655-8.
283. Starkey DL, Anderson RW, Pashley DH. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. *J Endod* 1993;19(9):435-9.
284. Larder TC, Prescott AJ, Brayton SM. Gutta-percha: a comparative study of three methods of obturation. *J Endod* 1976;2(10):289-94.

285. Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E. A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endod* 1980;6(1):421-4.
286. Dalat DM, Spangberg LS. Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta percha techniques using a dye vacuum tracing method. *J Endod* 1994;20(7):315-9.
287. Haikel Y, Wittenmeyer W, Bateman G, Bentaleb A, Allemann C. A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage. *J Endod* 1999;25(3):172-7.
288. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *J Endod* 1985;11(2):71-4.
289. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Letourneau JM. Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. *J Endod* 1980;6(8):683-6.
290. Michailesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B, Lerner D. Bacterial leakage in endodontics: an improved method for quantification. *J Endod* 1996;22(10):535-9.
291. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J* 1996;29(6):387-92.
292. Kersten HW, Moorer WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J* 1989;22(3):118-24.
293. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J* 1999;32(5):370-5.
294. Jacquot BM, Panighi MM, Steinmetz P, G'sell C. Evaluation of temporary restorations' microleakage by means of electrochemical impedance measurements. *J Endod* 1996;22(11):586-9.
295. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53(4):410-6.
296. Martell B, Chandler NP. Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. *Quintessence Int* 2002;33(1):30-4.
297. Kersten HW, ten Cate JM, Exterkate RA, Moorer WR, Thoden van Velzen SK. A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *Int Endod J* 1988;21(3):191-9.
298. Mannocci F, Innocenti M, Bertelli E, Ferrari M. Dye leakage and SEM study of roots obturated with Thermafill and dentin bonding agent. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(2):60-4.
299. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod* 2001;27(7):449-51.

300. Forte SG, Hauser MJ, Hahn C, Hartwell GR. Microleakage of super-EBA with and without finishing as determined by the fluid filtration method. *J Endod* 1998;24(12):799-801.
301. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H. Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fluid filtration technique. *J Endod* 2006;32(12):1168-70.
302. Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(1):107-11.
303. Michailesco P, Boudeville P. Calibrated latex microspheres percolation: a possible route to model endodontic bacterial leakage. *J Endod* 2003;29(7):456-62.
304. Friedman S. Retrograde approaches in endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol* 1991;7(3):97-107.
305. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;67(3):327-32.
306. AliGhamdi A, Wennberg A. Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Endod Dent Traumatol* 1994;10(6):249-55.
307. Galvan RR Jr, West LA, Liewehr FR, Pashley D. Coronal microleakage of five materials used to create an intracoronary seal in endodontically treated teeth. *J Endod* 2002;28(2):59-61.
308. Torneck CD. Reaction of rat connective tissue to polyethylene tube implants I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;21(3):379-87.
309. Torneck CD. Reaction of rat connective tissue to polyethylene tube implants II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1967;24(5):674-83.
310. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod* 1987;13(2):56-9.
311. Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *J Endod* 2005;31(5):392-5.
312. Carman JE, Wallace JA. An in vitro comparison of microleakage of restorative materials in the pulp chambers of human molar teeth. *J Endod* 1994;20(12):571-5.
313. Oliver CM, Abbott PV. An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed gutta percha with Ketac-Endo and AH-26. *Aust Dent J* 1998 Aug;43(4):262-8.
314. Horning TG, Kessler JR. A comparison of three different root canal sealers when used to obturate a moisture-contaminated root canal system. *J Endod* 1995;21(7):354-7.

315. Goldberg GS, Bechberger JF, Naus CC. A pre-loading method of evaluating gap junctional communication by fluorescent dye transfer. *Biotechniques* 1995;18(3):490-7.
316. Barthel CR, Losche GM, Zimmer S, Roulet JF. Dye penetration in root canals filled with AH26 in different consistencies. *J Endod* 1994;20(9):436-9.
317. Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int Endod J* 1998;31(5):333-7.
318. Pathomvanich S, Edmunds DH. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. *Int Endod J* 1996;29(5):327-34.
319. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *J Endod* 1995;21(6):332-4.
320. Limkangwalmongkol S, Abbott PV, Sandler AB. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endod* 1992;18(11):535-9.
321. Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *Int Endod J* 2000;33(5):415-20.
322. Gulabivala K, Holt R, Long B. An in vitro comparison of thermoplasticised gutta-percha obturation techniques with cold lateral condensation. *Endod Dent Traumatol* 1998;14(6):262-9.
323. Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod* 1997;23(8):508-12.
324. Leung SF, Gulabivala K. An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int Endod J* 1994;27(4):190-6.
325. Lucena-Martin C, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Rodriguez MP, Robles-Gijon V, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *J Endod* 2002;28(6):423-6.
326. Valli KS, Rafeek RN, Walker RT. Sealing capacity in vitro of thermoplasticized gutta-percha with a solid core endodontic filling technique. *Endod Dent Traumatol* 1998;14(2):68-71.
327. Karagoz-Kucukay I, Kucukay S, Bayirli G. Factors affecting apical leakage assessment. *J Endod* 1993;19(7):362-5.
328. Lussi A, Imwinkelried S, Stich H. Obturation of root canals with different sealers using non-instrumentation technology. *Int Endod J* 1999;32(1):17-23.
329. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 2003;29(9):592-4.

330. Brown RC, Jackson CR, Skidmore AE. An evaluation of apical leakage of a glass ionomer root canal sealer. *J Endod* 1994;20(6):288-91.
331. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod* 2002;28(1):1-4.
332. Mattison GD, von Fraunhofer JA, Delivanis PD, Anderson AN. Microleakage of retrograde amalgams. *J Endod* 1985;11(8):340-5.
333. Wu MK, van der Sluis LW, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *Int Endod J* 2003;36(8):533-40.
334. Haikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *J Endod* 2000;26(3):148-52.
335. Abramovitz I, Tagger M, Tamse A, Metzger Z. The effect of immediate vs. delayed post space preparation on the apical seal of a root canal filling: a study in an increased-sensitivity pressure-driven system. *J Endod* 2000;26(8):435-9.
336. Metzger Z, Abramovitz R, Abramovitz L, Tagger M. Correlation between remaining length of root canal fillings after immediate post space preparation and coronal leakage. *J Endod* 2000;26(12):724-8.
337. Bae KS, Baumgartner JC, Nakata TT. Development of an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod* 1998;24(4):233-5.
338. Deveaux E, Hildelbert P, Neut C, Romond C. Bacterial microleakage of Cavit, IRM, TERM, and Fermit: a 21-day in vitro study. *J Endod* 1999;25(10):653-9.
339. Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976;42(6):817-23.
340. Karagenc B, Gencoglu N, Ersoy M, Cansever G, Kulekci G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(1):110-3.
341. Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod* 2005;31(12):886-90.
342. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent* 1986;56(4):435-40.
343. Pashley EL, Tao L, Pashley DH. The sealing properties of temporary filling materials. *J Prosthet Dent* 1988;60(3):292-7.
344. Yoshimura M, Marshall FJ, Tinkle JS. In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam fillings. *J Endod* 1990;16(1):5-12.



345. Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 1998;24(11):703-8.
346. Waite RM, Carnes DL Jr, Walker WA 3rd. Microleakage of TERM used with sodium perborate/water and sodium perborate/superoxol in the "walking bleach" technique. *J Endod* 1998;24(10):648-50.
347. van Den Berg HR, Ten Seldam CA, van Der Gulik PS. Compressible laminar flow in capillary. *Journal of Fluid Mechanism* 1993;246:1-20.
348. Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J* 1995;28(4):185-9.
349. Belli S, Zhang Y, Pereira PN, Pashley DH. Adhesive sealing of the pulp chamber. *J Endod* 2001;27(8):521-6.
350. Fogel HM. Microleakage of posts used to restore endodontically treated teeth. *J Endod* 1995;21(7):376-9.
351. Prof. Dr. Turgut Gündüz, İnrümental Analiz. 5. baskı, Gazi Kitapevi, 1999:58-108.
352. Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: a review. *J Endod* 2005 ;31(3):151-65.
353. Tidmarsh BG. Acid-cleansed and resin-sealed root canals. *J Endod* 1978;4(4):117-21.
354. Johnson ME, Stewart GP, Nielson CJ, Hatton JF. Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(3):360-4.
355. Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am* 1990;34(1):13-25.
356. Brannstrom M, Nyborg H. Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and EpoxyLite CBA 9080. *J Prosthet Dent* 1974;31(5):556-65.
357. Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 2. Material adaptation and sealability. *Int Endod J* 1993;26(3):179-83.
358. Economides N, Liolios E, Kolokuris I, Beltes P. Long-term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *J Endod* 1999;25(2):123-5.
359. Pallares A, Faus V, Glickman GN. The adaptation of mechanically softened gutta-percha to the canal walls in the presence or absence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1995;28(5):266-9.

360. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in Endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(6):658-666.
361. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod* 1987;13(8):369-74.
362. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33(2):96-105.
363. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 1987;13(4):147-57.
364. Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991;24(6):308-16.
365. Barkhordar RA, Watanabe LG, Marshall GW, Hussain MZ. Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84(4):420-3.
366. Jodway B, Hulsmann M. A comparative study of root canal preparation with NiTi-TEE and K3 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2006;39(1):71-80.
367. Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J* 2005;38(5), 285-290.
368. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;52(2):197-204.
369. Wachlarowicz AJ, Joyce AP, Roberts S, Pashley DH. Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of epiphany sealer to dentin. *J Endod* 2007;33(2):152-5.
370. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78(3):359-67.
371. Lloyd A, Thompson J, Gutmann JL, Dummer PM. Sealability of the Trifecta technique in the presence or absence of a smear layer. *Int Endod J* 1995;28(1):35-40.
372. Madison S, Krell KV. Comparison of ethylenediamine tetraacetic acid and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth. *J Endod* 1984;10(10):499-503.
373. Lalh MS, Titley K, Torneck CD, Friedman S. The shear bond strength of glass ionomer cement sealers to bovine dentine conditioned with common endodontic irrigants. *Int Endod J* 1999;32(6):430-5.

374. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Yoshioka M, Snauwaert J, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Okazaki M. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res* 2001;80(6):1565-9.
375. Lahl MS, Titley KC, Torneck CD, Friedman S. Scanning electron microscopic study of the interface of glass ionomer cement sealers and conditioned bovine dentin. *J Endod* 1999;25(11):743-6.
376. Perdigao J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes GC, Garcia-Godoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater* 2000;16(5):311-23.
377. Frankenberger R, Kramer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation after NaOCl pre-treatment. *Oper Dent* 2000 ;25(1):40-5.
378. Yiu CK, Garcia-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM, Lai SC. A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. *J Dent Res* 2002;81(9):628-32.
379. Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res* 2001;80(10):1919-24.
380. Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003;29(4):248-51.
381. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Fatigue behaviour of different dentin adhesives. *Clin Oral Investig* 1999;3(1):11-7.
382. Drummond JL, Sakaguchi RL, Racean DC, Wozny J, Steinberg AD. Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *J Biomed Mater Res* 1996;32(4):533-41.
383. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 2002;18(8):596-602.
384. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. *Oper Dent* 1999;24(3):147-55.
385. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*. 1982;61(12):1416-22.
386. Aboush YE, Jenkins CB. An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentine and enamel. *Br Dent J* 1986;161(5):179-84.
387. Lee CQ, Harandi L, Cobb CM. Evaluation of glass ionomer as an endodontic sealant: an in vitro study. *J Endod* 1997;23(4):209-12.
388. Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater* 2002;18(7):495-502.

389. Oruçoğlu H. Farklı kök kanal patlarının apikal sızıntısının bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile değerlendirilmesi ve kanal patlarının kök kanal dentini ile olan bağlantılarının push-out testi ve SEM ile incelenmesi (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı 2003; 49-53.
390. Jia WT, Trope M, Alpert B. Dental filling material. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050069836, 2005; March 31.
391. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005;30(5):627-35.
392. Baumgartner G, Zehnder M, Paque F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. *J Endod* 2007;33(1):45-7.
393. Schuurs AH, Wu MK, Wesselink PR, Duivenvoorden HJ. Endodontic leakage studies reconsidered. Part II. Statistical aspects. *Int Endod J* 1993;26(1):44-52.
394. Pashley DH, Livingston MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. *Arch Oral Biol* 1978;23(5):391-5.
395. Bishop ML, Duben-Engelkirk JL, Fody EP. Clinical chemistry principles, procedures, correlations. 2nd edition. Philadelphia, Lippincott, 1985;307-9.
396. Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC. Low versus high pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch Oral Biol* 1997;42(4):293-8.
397. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent* 2003;31(4):275-81.
398. Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M, Toledano M, Pashley DH, Tay FR. Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod* 2007;33(3):310-3.
399. Yucel AC, Ciftci A. Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(4):88-92.
400. Lacey S, Pitt Ford TR, Watson TF, Sherriff M. A study of the rheological properties of endodontic sealers. *Int Endod J* 2005;38(8):499-504.
401. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of AH26 and Ketac-Endo used with injected warm gutta-percha. *J Endod* 1997;23(5):331-6.
402. Wu MK, Kast'akova A, Wesselink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *Int Endod J* 2001;34(6):485-91.
403. Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endod* 2000;26(12):748-50.

404. De Moor RJ, De Boever JG. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Endod Dent Traumatol* 2000;16(6):291-7.
405. Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod* 2004;30(2):103-6.
406. LaCombe JS, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB Jr. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endod* 1988;14(9):445-50.
407. Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Abad EC, Castro AJR, Gahyva SM. Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(5):647-50.
408. Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *J Endod* 2001;27(1):36-9.
409. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. 6. A study of erosion and water absorption in both neutral and acidic media. *J Dent* 1980;8(1):68-74.
410. Schafer E, Zandbiglari T, Schafer. Influence of resin-based adhesive root canal fillings on the resistance to fracture of endodontically treated roots: an in vitro preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(2):274-9.
411. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Akdogan G. Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. *Int Endod J* 2007;40(1):31-5.
412. Mochizuki M, Hiramami M. Structural effects on the biodegradation of aliphatic polyester. *Polym Adv Technol* 1998;8:203-9.
413. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Yau JY, Yiu-fai M, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, King NM. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2005;31(10):737-41.