

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ  
ANABİLİM DALI

**KUVARS FİBER POSTLARDA FARKLI KOR  
MATERYALLERİNİN KORONAL MİKROSIZINTIYA VE  
DİŞLERİN KIRILMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

Özlem KARAKAŞ

Samsun  
Haziran-2010



T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ  
ANABİLİM DALI

**KUVARS FİBER POSTLARDA FARKLI KOR  
MATERYALLERİNİN KORONAL MİKROSIZINTIYA VE  
DİŞLERİN KIRILMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

Özlem KARAKAŞ

Danışman: Doç. Dr. Duygu SARAÇ

Samsun  
Haziran-2010

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Programında  
Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yavuz BURGAZ, Gazi Üniversitesi



Üye: Prof. Dr. Tamer TÜRK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye: Doç. Dr. Gözlem CEYLAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye: Doç. Dr. Duygu SARAÇ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye: Doç. Dr. Ahmet Umut GÜLER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Bu tez Enstitü Yönetim Kurul'unca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun  
görölmüştür.

Prof. Dr. Süleyman KAPLAN  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Duygu Saraç'ın sunduğu bilimsel formasyon, yaptığı yönlendirmeler, sağladığı imkanlar, hepsinden önemlisi daima yakınımnda hissettiğim manevi desteği bu tezi yapabilmemde en büyük etken olmuştur. Öğrencisi olmak, şimdiye kadar yakaladığım en büyük şans ve mutluluk sebebidir. Kendisine minnettarım.

Doktora eğitimim sırasında öğrencisi olma fırsatını yakaladığım Doç. Dr. Şinasi Saraç, Yrd. Doç. Dr. Murat Yenisey, her çalışmamda desteklerini sunmuş, yaptıkları yönlendirmeler ve verdikleri fikirler ile ufkumu genişletmişlerdir. Kendilerine teşekkür ederim.

Değerli bilgi ve fikirlerinden yararlandığım, eğitimime emek vermiş Prof. Dr. Yavuz Burgaz, Doç. Dr. Gözlem Ceylan ve Doç. Dr. Ahmet Umut Güler, Yrd Doç Dr. Murat Kurt'a teşekkür ederim.

En başından itibaren tezimle yakından ilgilenmiş, değerli bilgi ve tecrübeleriyle yönlendirmiş, Prof. Dr. Tamer Türk'e teşekkür ederim.

Yrd. Doç. Dr. Şafak Külünk, Yrd. Doç. Dr Çağrı Ural, Yrd. Doç. Dr. Tolga Külünk'e her an yanımda bulduğum koşulsuz yardım, fikir ve değerli tecrübeleriyle çalışmamı kolaylaştırdıkları için teşekkür ederim.

Çeşitli konularda değerli yardım ve fikirlerini esirgemeyen, dost ve çalışma arkadaşlarım Ayhan Özan ve Selma Şen'e tezimi yaptığım uzun zaman dilimi içerisinde moral kaynağım oldukları, dostlukları ile zorlukları aşmamı sağladıkları için teşekkür ederim.

Yardıma ihtiyacım olduğunda zamanını ve emeğini esirgemeyen Osman Gürsoy'a çok teşekkür ederim.

Burada adını tek tek sayamadığım sevgili çalışma arkadaşlarım sizlerle çalışmak büyük zevkti hepimize ayrı ayrı teşekkür ederim.

Prof. Dr. J.R Strub ve Doç Dr. Wael Att başta olmak üzere, Albert Ludwig Üniversitesi Protetik Diş Tedavisi A.D çalışanlarına sundukları bilimsel yardım ve büyük konukseverlik için minnettarım. Ayrıca Dr. Taşkın Tuna Almanya'da bulunduğum sürede sunduğu dostlukla çalışmamı keyifli hale getirmiştir. Kendisine çok teşekkür ederim.

Bu tez başta Annem ve Babam olmak üzere bütün ailemin bana sunduğu imkanlar, huzur ve engin anlayış sayesinde tamamlanabilmiştir. Siz olmadan hayal ettiklerimin hişbirini gerekleştiremezdim. Hepinizi seviyorum ve sonsuz minnetlerimi sunuyorum.

Bu alışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerinin DHF076 ve DAAD'nin A/07/73489 no'lu (Alman Akademik Değişim Servisi) projeleri tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

## ÖZET

### **KUVARS FİBER POSTLARDA FARKLI KOR MATERYALLERİNİN KORONAL MİKROSIZINTIYA VE DİŞLERİN KIRILMA DAYANIMINA ETKİSİ** Özlem KARAKAŞ, Doktora Tezi Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Haziran 2010

Bu in vitro çalışmada kuvars fiber ile güçlendirilmiş post ile beş farklı kompozit kor materyali kullanılarak hazırlanan post-kor restorasyonlarında, çift akslı çığneme simülatörü ile termomekanik yaşlandırma işleminin ardından diş ve kor materyali arasındaki mikrosızıntıya ve dişlerin kırılma dayanımına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada 150 adet tek kanallı, periodontal veya ortodontik nedenlerle çekilmiş küçük azı dişleri kullanıldı. Dişlerin kronları mine-sement sınırının 2 mm koronalinden ayrıldıktan sonra kanal tedavileri yapıldı ve örnekler bir hafta süre distile su içerisinde bekletildi. Bir hafta sonra post yuvaları kullanılan kuvars fiber posta ait driller ile 10 mm derinliğinde ve 1.5 mm kalınlığında olacak şekilde hazırlandı. Postlar self adeziv rezin simanla simante edildikten sonra örnekler rastlantısal olarak 30'ar dişten oluşan 5 deney grubuna ayrıldı. Her bir gruba farklı kor materyali (Ti-Core, Silorane, CeramX, Quixfill, Light-Core) 4 mm yüksekliğinde olacak şekilde üretici firma önerileri doğrultusunda uygulandı ve her bir grup üç alt gruba ayrıldı. Bu alt gruplardan kontrol grubuna herhangi bir işlem uygulanmazken, deney gruplarına 250.000 ve 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemi uygulandı. Termomekanik yaşlandırma işleminin ardından bütün örnekler mikrosızıntı deneyi için talyum-201 klorid solüsyonunda 24 saat bekletildi. Ardından mikrosızıntı değerleri gama kamera kullanılarak tespit edildi. Daha sonra örneklere kırılma dayanımlarının test edilmesi için baskı testi uygulandı. Elde edilen veriler Kruskal-Wallis Varyans analizi ve Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi ( $\alpha=0.05$ ).

Çalışmanın sonucunda farklı kompozit kor materyallerinin ve termomekanik yaşlandırma işleminin mikrosızıntı ve kırılma dayanımı üzerinde etkili olduğu tespit edildi. Mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde en düşük mikrosızıntı değeri Silorane kompozit rezin ile, en yüksek mikrosızıntı değerleri CeramX kompozit rezin ile elde edildi. En yüksek kırılma dayanımı değerleri Silorane kompozit rezin ile elde edildi. Termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplar arasında fark bulunmadı.

**ABSTRACT****THE EFFECT OF DIFFERENT COMPOSITE CORE MATERIALS  
ON THE CORONAL MICROLEAKAGE AND  
FRACTURE RESISTANCE OF THE QUARZT FIBER POSTS****Özlem KARAKAŞ, Ph.D. Thesis****Ondokuz Mayıs University, Samsun, June 2010**

The purpose of this in vitro study is to evaluate the effect of 5 different composite resin core materials on the coronal microleakage and fracture strength of the quartz fiber posts and teeth after thermomechanical aging by using dual axis chewing simulator.

150 premolar teeth which, had one root canal and extracted for periodontal or orthodontic reasons was used in this study. After the crowns were removed at the 2 mm coronally from cemento-enamel junction, root canal treatments were made. Then specimens were immersed in distilled water for 1 week. After 1 week, posts spaces were prepared to a depth of 10 mm and to a width of 1.5 mm with special preparation drills supplied with quartz fiber post system. All posts were cemented with self adhesive resin luting agent then the roots were divided randomly into 5 groups of 30 teeth each. Five different composite core build up materials (Ticore, Silorane, Ceramx, Quixfill, Lightcore) were constructed in height of 4 mm by following manufacturer's instructions. Then all groups were divided into 3 subgroups. While control groups had no thermomechanical aging treatment, experimental groups were subjected to 250.000 and 1.200.000 cycle thermomechanical aging tests. After that all specimens were immersed in the radiotracer solution (thallium-201 chloride) for 24 hours. Subsequently microleakage values were measured by using gamma camera technique. Then comprehension test was conducted to analyze fracture strength of the same specimens. The data were analyzed with Kruskal-Wallis Variance and Mann-Whitney U tests ( $\alpha=0.05$ ).

The result of this study indicated that, different composites have shown different microleakage values and fracture strength. In terms of microleakage of the groups; the lowest microleakage values were obtained by Silorane groups, the highest microleakage were obtained by CeramX groups. In terms of fracture strength of groups; the highest fracture strengths were obtained by Silorane groups. Statistically significant difference were not found between experimental groups.



**SİMGELER VE KISALTMALAR**

**4-META:** 4- metakriloksietil trimellit at anhidrid

**bis-GMA :** Bis-fenolglisidilmetakrilat

**bis-EMA:** Bis-fenol A etoksimetakrilat

**UDMA:** Üretan dimetakrilat

**TEGDMA:** Trietilen glikol dimetakrilat

**HEMA:** Hidroksietilmetakrilat

**GDMA:** Glisidil dimetakrilat

**BHT:** Butilize edilmiş hidroksi toluen

**ISO:** International Organization for Standardization

**LED:** Işık yayan diyot

**TEM:** Transmisyon Elektron Mikroskobu

**ATP:** Adenosin Trifosfat

**SEM:** Tarayıcı Elektron Mikroskop

**SPECT:** Bilgisayarlı tek foton emisyon tomografi

**PET:** Pozitron emisyon tomografi

**Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :** Yttrium oksit

**ZrO<sub>2</sub> :** Zirkonyum dioksit

**ZrO<sub>2</sub>-TZP:** Zirkonyum dioksit- Tetragonal Zirkonya Polikristali

**Tl:** Talyum

**Ni:** Nikel

**Cr:** Krom

**Ca:** Kalsiyum

**P:** Fosfat

**Na:** Sodyum

**F:** Florin

**I:** Iyot

**Ga:** Galyum

**S:** Sülfür

**K:** Potasyum

**N:** Nitrojen

**Ti:** Titanyum

**N:** Newton

**Cl:** Klor

**NaCl:** Sodyum Klorür

**NaOCl:** Sodyum hipoklorid

**mm:** Milimetre

**GPa:** Gigapaskal

**MPa:** Megapaskal

**MBq/ml:** megabecquerel/mililitre

**mW/cm<sup>2</sup> :** Miliwatt/santimetrekare

**µg/mm<sup>3</sup> :** mikrogram/milimetreküp

**g/cc :** gram/cubic centimeter

**kg:** Kilogram

**nm:** Nanometre

**sn:** Saniye

**dk:** Dakika

**psi:** Pound per square inch

**UV:** Ultraviyole

**° :** Derece

**°C:** Derece santigrat

**n:** Örnek sayısı

**%:** Yüzde

**MOD:** Mesio-oklüzo-distal

**µm:** mikrometre

**pH:** Hidrojen iyonu konsantrasyonu

**İÇİNDEKİLER**

<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Aşırı Madde Kaybına Uğramış Endodontik Tedavili Dişlerin Restorasyonu</b> ....	<b>4</b>
<b>2.2. Post-kor Restorasyonları</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Post-kor Restorasyonların Endikasyonları.....	4
2.2.2 Post-kor Restorasyonların Kontrendikasyonları .....	5
2.2.3 Post-kor Sistemlerinin Başarısını Etkileyen Faktörler.....	5
<b>2.3. Postların Sınıflandırılması</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.1 Metal Postlar</b> .....	<b>9</b>
2.3.1.1. Döküm Postlar .....	10
2.3.1.2. Prefabrik Postlar .....	11
<b>2.3.2. Metal Olmayan Postlar</b> .....	<b>12</b>
2.3.2.1. Tam Seramik Postlar.....	12
2.3.2.2. Fiberle Güçlendirilmiş Postlar .....	13
<b>2.4. Kor Materyalleri</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4.1. Amalgam Kor</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4.2. Cam İyonomer Kor</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4.3. Kompozit Korlar</b> .....	<b>18</b>
2.4.3.1. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması .....	19
2.4.3.2. Kompozit Resinlerin Kimyasal Yapısı .....	20
2.4.3.3. Kompozit Resinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	26
<b>2.5. Adeziv Sistemler</b> .....	<b>30</b>
<b>2.6. Post Simantasyonunda Kullanılan Simanlar</b> .....	<b>32</b>
2.6.1 Çinko Fosfat Siman .....	32

2.6.2 Polikarboksilat Siman .....	33
2.6.3 Cam İyonomer Siman .....	33
2.6.4 Rezin Siman .....	34
<b>2.7. Ağız Boşluğunun Kimyasal ve Mekanik Yapısı .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8. Mikrosızıntı ve Mikrosızıntı Belirleme Yöntemleri.....</b>	<b>40</b>
2.8.1. Boyama Yöntemi .....	40
2.8.2. Bakteri Yöntemi.....	41
2.8.3. Hava Basıncı Yöntemi .....	41
2.8.4. SEM Yöntemi .....	41
2.8.5. Elektrokimyasal Yöntem .....	41
2.8.6 Kimyasal Ajanların Kullanımı.....	42
2.8.7. Nötron Aktivasyon Yöntemi.....	42
2.8.8. Sıvı İnfiltrasyon Yöntemi .....	42
2.8.9. Radyoaktif İzotop Yöntemi .....	42
<b>2.9. Post -kor Restorasyonlarında Kırılma Dayanımının Değerlendirilmesi .....</b>	<b>44</b>
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2. Kök-Kanal Preparasyonu .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. Kök Kanallarının Doldurulması.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4. Deney Gruplarının Oluşturulması .....</b>	<b>47</b>
<b>3.5. Post Boşluklarının Hazırlanması.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6. Postların Simantasyonu.....</b>	<b>49</b>
<b>3.7. Dentin Yüzeylerinin Hazırlanışı .....</b>	<b>51</b>
<b>3.8. Kompozit Rezin Korların Hazırlanması.....</b>	<b>51</b>
3.8.1. Filtek Silorane Kompozit Rezini .....	51
3.8.2.Ti- Core Auto E Kompozit Rezini .....	52
3.8.3. Light-Core Kompozit Rezini .....	53
3.8.4. CeramX Duo Kompozit Rezini.....	54
3.8.5. Quixfill Kompozit Rezini .....	55
<b>3.9. Kompozit Rezin Korların Preparasyonu.....</b>	<b>56</b>
<b>3.10. Örneklerin Çiğneme Simülatörü İçin Hazırlanması .....</b>	<b>56</b>

<b>3.11. Çiğneme Simülatorü ile Dinamik Yükleme.....</b>	<b>58</b>
<b>3.12. Dişlerin Mikrosızıntı Deneyi İçin İzolasyonu .....</b>	<b>60</b>
<b>3.13. Mikrosızıntı Deneyi.....</b>	<b>61</b>
<b>3.14. Baskı Testi .....</b>	<b>63</b>
<b>3.15. İstatistiksel Analiz.....</b>	<b>64</b>
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1. Mikrosızıntı Testi Bulguları.....</b>	<b>65</b>
<b>4.2. Kompozit Kor Materyallerinin Mikrosızıntı Açısından Grup İçi</b>	
<b>Karşılaştırılması.....</b>	<b>74</b>
4.2.1. Silorane Kompozit Rezini.....	74
4.2.2. Ti-Core Kompozit Rezini .....	75
4.2.3. Light-Core Kompozit Rezini .....	75
4.2.4. CeramX Kompozit Rezini .....	76
4.2.5. Quixfill Kompozit Rezini .....	76
<b>4.3. Baskı Testi Bulguları .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4. Kompozit Kor Materyallerinin Kırılma Dayanımı Açısından Grup İçi</b>	
<b>Karşılaştırmaları .....</b>	<b>81</b>
4.4.1. Silorane Kompozit Rezini.....	81
4.4.2. Ti-Core Kompozit Rezini .....	82
4.4.3. Light-Core Kompozit Rezini .....	82
4.4.4. CeramX Kompozit Rezini .....	83
4.4.5. Quixfill Kompozit Rezini .....	83
<b>4.5. Baskı Testi Sonucu Oluşan Kırık Tipleri .....</b>	<b>83</b>
<b>4.6. Korelasyon Analizi.....</b>	<b>85</b>
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>86</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>101</b>
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>102</b>

<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>140</b>
-------------------------	------------

## 1. GİRİŞ

Diş dokularının ve restoratif materyallerinin fiziksel özelliklerinin farklı olması nedeniyle, restorasyon ile diş dokuları arasında klinik olarak gözle tespit edilemeyen ancak zaman içerisinde fonksiyonla beraber oluşabilen başarısızlıkların temel nedenlerinden biri de mikrosızıntı olarak gösterilebilir (Larson ve Jensen, 1980; Lui, 1999; Mannocci ve ark., 2001a; Howdle ve ark., 2002; Ravanshad ve Ghoreeshi, 2003; Pappen ve ark., 2005). Bakteri, sıvı, molekül ve iyonların restorasyon materyali ve diş dokuları arasından geçişi olarak tanımlanan mikrosızıntı, ikincil çürüklere, kenar renklenmelerine, diş hassasiyetine, canlı dişlerde pulpa patolojilerine, endodontik tedavili dişlerde apikal lezyonlara neden olması dolayısıyla, diş hekimliğinin önemli klinik sorunlarından biridir (Carman ve Wallace, 1994; Fogel, 1995; Bachicha ve ark., 1998; De Moor ve Martens, 1999; Demarchi ve Sato, 2002; Demirel ve ark., 2005).

Post-kor sistemleri aşırı madde kaybına uğramış dişlerin restorasyonlarında sıklıkla kullanılan ve başarısı oldukça yüksek bir sabit restorasyon uygulamasıdır. Ancak post-kor uygulamalarında da bazı başarısızlıklar söz konusudur. Bu başarısızlıklar arasında en sık görülen bağlantı başarısızlıklarında, postun ve/veya kor yapısının diş dokusundan ayrılması ya da post ile korun birbirinden ayrılması ile ilgili olarak mikrosızıntının etkisinden söz edilmektedir (Marchi ve ark., 2008; Duc ve Krejci, 2009; Ounsi ve ark., 2009; Sahafi ve Peutzfeldt, 2009). Bu başarısızlıklarda dentin yüzey temizliği, kullanılan simantasyon ajanı, kullanılan postun yapısı, yapılan kök preparasyonun şekli, restorasyonun maruz kaldığı yüklerin yönü ve büyüklüğü de önemli etkenlerdendir (Mannocci ve ark., 2001a). Metal postların kullanıldığı restorasyonlarda en sık rastlanılan başarısızlık kök kırıkları iken, fiber ile desteklenmiş postların kullanımlarıyla post-kor sisteminlerinde retansiyon kaybı ve buna bağlı olarak ikincil çürüklere daha sık rastlanmıştır (Tjan ve Chiu, 1989; Tjan ve ark., 1991; Usumez ve ark., 2004; Yesil, 2007; Yildirim ve ark., 2009). Post ile restore edilmiş bir diş strese maruz kaldığında dişteki en rijit parça bu stresi en esnek olan parçaya yöneltir (Mannocci ve ark., 2001a). Bu nedenle kullanılan postun diş dokusuna yakın fiziksel özellikler içermesi restorasyonun başarısı açısından önemlidir (Mannocci ve ark., 2001a).

Dental restorasyonların genelinde olduğu gibi post-kor restorasyonlarda da fonksiyon sırasında tekrarlayan yüklemeler, termal değişiklikler, ortamın kuru ya da

nemli olması gibi etkenlerin materyalin fiziksel özelliklerinde oluşturabileceği değişiklikler sonucunda, restoratif materyaller ile diş dokusu arasındaki bağlantı dayanımına etki edebileceği bildirilmiştir (Lassila ve ark., 2004).

Post-kor sistemlerinde başarı postla beraber kor kısmının dayanımına ve sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklere de bağlıdır (Howdle ve ark., 2002; Pappen ve ark., 2005; Rogic-Barbic ve ark., 2006; Jung ve ark., 2007; Onay ve ark., 2009). Kor materyali olarak amalgam, cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezinler kullanılmaktadır. Amalgamın diş bağlantısının mekanik olması ve estetik açıdan problem oluşturması kullanımını kısıtlamaktadır (Robbins, 2002). Cam iyonomer esaslı materyaller ise oklüzal yükler altında yeterli dayanım gösterememeleri ve erken nem kontaminasyonlarına bağlı oluşan problemler nedeniyle tercih edilmemektedirler (Gateau ve ark., 2001; Mollersten ve ark., 2002).

Kompozit rezinler adeziv sistemlerin gelişmesiyle diş dokusuna bağlantısının artması, estetik açıdan diş dokusunu taklit edebilmesi, uygulamasının ve kullanımının kolay olması nedeniyle kor materyali olarak kullanılan en yaygın restoratif materyallerdir. Mikrohibrit kompozit rezinlerden, akışkan kompozitlere kadar her tip kompozit rezin kor yapımında kullanılmaktadır (Goracci ve ark., 2005; Monticelli ve ark., 2006a). Ancak kor yapımına uygun en iyi performansı gösterebilecek kompozit rezin tipinin ne olduğu tam olarak bilinmemektedir. Bu amaçla özellikle kor yapımı için kullanılabilir çeşitli kompozit rezin materyaller üretilmektedir (Combe ve ark., 1999). Özellikle kor yapımında dayanıklılığı ve rezilyensini artırmak için titanyum ve cam fiber gibi çeşitli doldurucularla güçlendirilmiş kompozit rezinler tercih edilmektedir (Combe ve ark., 1999; Cohen ve ark., 2001; Gu ve ark., 2007). Bunun yanında bükülme dayanıklılıkları, hidrofobik özellikleri, düşük polimerizasyon büzülmesi gösteren, spesifik olarak kor materyali olarak üretilmeyen ancak yapısal özellikleri nedeniyle kor materyalinin sahip olması gereken özellikleri karşılayan yeni kompozit rezinler de post-kor restorasyonlarında kullanılabilir (Ziebert ve Dhuru, 1995; Sen ve Akgungor, 2005; Schmage ve ark., 2009).

Dental restorasyonlarda restorasyon ile diş dokusu arasında oluşabilecek sızıntıyı tespit etmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Kidd, 1976; Raskin ve ark., 2001). Boyama yöntemi, bakteri, elektrokimyasal, sıvı infiltrasyon yöntemi, radyoaktif izotop yöntemi bu yöntemler arasındadır (Kidd, 1976; Raskin ve ark., 2001).



Ancak kullanılan bazı yöntemler mikrosızıntı deney koşullarının değişkenlik göstermesi ve kantitatif değerler vermemesi nedeniyle ideal ve güvenilir kabul edilmemektedir (Kidd, 1976; Raskin ve ark., 2001). Diş hekimliğinde kullanılan radyoaktif izotop yöntemi, izotopların çok derinlere penetre olabilmeleri ve sızıntı miktarının çok kısa bir süre içerisinde, doğru ve kantitatif verilerle belirlenebilmesi açısından tercih edilmektedir (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006). Radyoaktif izotop yöntemi ile yapılan mikrosızıntı çalışmalarında yansıyan x-ışınlarının sayılabilmesi amacı ile bilgisayarlı tek foton emisyon (SPECT) ve pozitron emisyon tomografileri (PET) gibi ileri teknoloji ürünü cihazlar da kullanılmaktadır (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006). Bu sayede bilgisayar ortamında hatasız ölçümler yapılabilmekte ve aynı örnekler üzerinde deneyin tekrarlanması mümkün olmaktadır (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006). Ayrıca mikrosızıntı yönteminde işaretleyici olarak kullanılabilen Talyum-201 izotopunun solüsyonunun izotonik olması ve dokulara penetre olabilmesi nedeniyle diş dokusunda ya da restoratif materyalde herhangi bir değişiklik oluşturmamaktadır (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006).

Bu in vitro çalışmada kuvars fiber ile güçlendirilmiş post ile beş farklı kompozit kor materyali kullanılarak hazırlanan post-kor restorasyonlarında, çift akslı çığneme simülatörü ile termomekanik yaşlandırma işleminin ardından diş ve kor materyali arasındaki mikrosızıntıya ve kırılma dayanımına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın hipotezi, farklı kompozit kor materyallerinin ve farklı devir sayısı ile termomekanik yaşlandırma işlemlerinin, kor ile diş arasında oluşacak mikrosızıntıya ve post-kor restorasyonu uygulanmış dişlerin kırılma dayanımına etkisi yoktur şeklindedir.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1 Aşırı Madde Kaybına Uğramış Endodontik Tedavili Dişlerin Restorasyonu**

Dişlerin klinik kronlarında madde kaybı çürük, travma ya da daha önce yapılmış restoratif ve endodontik işlemler sonucu oluşabilir. Aşırı madde kaybına sahip dişlerin tedavileri korono-radiküler kor ve post-kor restorasyonlar ile yapılmaktadır (Pierrisnard ve ark., 2002).

Bir dişte madde kaybı miktarı klinik kronunun yarısını geçtiğinde uygulanan, amalgam, kompozit rezin veya cam iyonomer restoratif materyallerin kullanıldığı, dişin pulpa odasının kanallara doğru olan kısmını, pulpa odasını ve dişin koronal bölümünü içine alan restorasyon şekline korono-radiküler kor adı verilmektedir (Sorensen ve Martinoff, 1984).

Bir dişteki madde kaybı klinik kronun yarısını geçtiği ve/veya tamamını içerdiği durumlarda, dişin bir post yardımı ile kök kanalından destek alınarak pulpa odasını ve kalan kron kısmını da içerecek şekilde restore edilmesine post-kor restorasyonları denilmektedir (Ulusoy ve ark., 1991).

### **2.2. Post-kor Restorasyonları**

#### **2.2.1 Post-kor Restorasyonların Endikasyonları**

1. Pulpada geri dönüşümü olmayan hasarın bulunduğu durumlarda,
2. Pinli kor yapımı veya tutucu saha, tutucu oluklar, yardımcı kaviteler, asit ile pürüzlendirme ve bağlanma yöntemleriyle onarılamayan kron kaybının olduğu durumlarda,
3. Periodontal desteği zayıf dişlerde, kron/kök oranının endodontik desteklerin kullanımıyla güçlenmesi gerektiğinde,
4. Malpoze dişin oklüzal veya aksiyal düzeltilmesinin pulpa bütünlüğünü bozduğu durumlarda,
5. Overdenture tekniklerinde ataçmanların köklerle retansiyonu gerektiğinde,

6. Restorasyon sonrası endodontik girişimin güçleşeceği pulpa prognozunun şüpheli olduğu geniş defektli dişlerde kullanılabilirler (Chang ve Millstein, 1993; Berekally, 2003; Brown ve Hicks, 2003; Salameh ve ark., 2006; Ozcan ve Valandro, 2009).

### **2.2.2 Post-kor Restorasyonların Kontrendikasyonları**

1. Kanal tedavisine izin vermeyen ince ve eğri köklü dişlerde,
2. Kök kanallarının kalsifiye olup kanal preparasyonunun yapılamadığı dişlerde,
3. Aşırı periodontal harabiyetli, enfeksiyonlu dişlerde,
4. Kökü de içine alan aşırı çürüklerde,
5. Kökte kırık ve çatlak varsa,
6. Hatalı kanal tedavisi sonunda perfore olan dişlerde,
7. Oral hijyeni kötü ve motive edilemeyen hastalarda post-kor kullanımı kontrendikedir (Morgano, 1996; Bateman ve Tomson, 2005; Dietschi ve ark., 2008; Stankiewicz ve Wilson, 2008; Ozkurt ve ark., 2010).

### **2.2.3 Post-kor Sistemlerinin Başarısını Etkileyen Faktörler**

Klinik olarak hem post ve kök arasında hem de post ve kor arasında yeterli tutuculuk olmalıdır. Post kor sisteminin tutuculuğunu ve direncini; yüzey biçimi ve şekli, kalan diş yapısının bütünlüğünün korunması, kök morfolojisi, post boşluğunun kanal geometrisine uygun hazırlanması, post uzunluğu, post çapı gibi pek çok faktör etkiler (Nergiz ve ark., 2002a; Goodacre, 2004; Clark, 2007; Signore ve ark., 2009).

**Kök kanalının geometrisi:** Tutuculuğun sağlanması için post ile kanalın tam bir uyum içinde olması gereklidir. Yuvarlak kesite sahip kanallar, paralel kenarlı veya minimum koniklikte hazırlanabilir ve prefabrik postlar bu kanallara kolaylıkla uygulanabilir. Tutuculuk, toplam yüzey alanıyla doğru orantılıdır (Nergiz ve ark., 2002a). Paralel kenarlı postların, konik postlardan daha fazla tutuculuk özelliği gösterdiği, vidalanan postların ise en fazla tutuculuğa sahip olduğu in vitro deneylerle doğrulanmıştır (Miller, 1982; Nergiz ve ark., 1997; Musikant ve ark., 2001; Nergiz ve

ark., 2002b; Naumann ve ark., 2005; Naumann ve ark., 2007; Peutzfeldt ve ark., 2008). Bu karşılaştırmalar postun kanala tam olarak uyumuyla değer kazanmaktadır.

**Kök kanalı desteğinin sağlanması:** Restorasyona gerekli olan destek ve tutuculuk dişin kök kısmından sağlanır. Kökün kırılma direnci, post dizaynına ve post için hazırlanan kanalın doğru olarak şekillendirilmesine bağlıdır (Millstein ve ark., 1991; Fraga ve ark., 1998; Zhi-Yue ve Yu-Xing, 2003).

Doğal dişlerde olduğu gibi post-kor sistemlerinde de kor üzerine gelen kuvvetler post aracılığı ile dişe ve çene kemiğine iletilir. Post-kor sistemi, kuvvetler karşısında kaldıraç gibi çalışır. Dişeti üzerinde kalan kısım yük kolunu, kök içindeki kısım ise kuvvet kolunu oluşturur. Kuvvet kolunun yük koluna oranı, postun mekanik direncini belirler. Post-kor sistemlerinde, kuvvetin geldiği tarafta gerilme, karşı tarafta ise baskı oluşur. Buna bağlı olarak kor bir tarafta kök yüzeyinden ayrılmaya çalışırken diğer tarafta baskı yapacaktır. Kuvvet fazla ise kök kırığı ya da postun eğilmesi gibi sorunlar oluşacaktır (Nergiz ve ark., 1997; Musikant ve ark., 2001; Nergiz ve ark., 2002b; Naumann ve ark., 2005; Naumann ve ark., 2007; Peutzfeldt ve ark., 2008).

Kök uzunluğu azaldıkça kole bölgesinde makaslama gerilimleri artar. Eğer postun ucu alveol kreti hizasında veya üstünde ise postun dişe ilettiği kuvvetler karşı kemik tarafından desteklenmez. Okluzal kuvvetler kemik desteği olmayan kökte yarattıkları stresle post ucundan krete doğru diyagonal kırıklara neden olabilirler (Reinhardt ve ark., 1983; Tjan ve Whang, 1985; Dummer ve ark., 1990; Huysmans ve ark., 2007; Marchi ve ark., 2008).

Post ve kor sistemlerinde kök bütünlüğünün korunmasında önemli rol oynayan diğer bir etken ise, kökün kole bölgesinde bir halka ile desteklenmesidir. Bu durum Eissmann tarafından 'halka etkisi' (ferrule effect) olarak adlandırılmıştır (Stankiewicz ve Wilson, 2008). Halka etkisinin amacı fonksiyonel kuvvetlere, konik postların kama etkisine, postun yerleştirilmesi sırasında oluşan yatay kuvvetlere karşı endodontik tedavi uygulanmış dişin yapısal bütünlüğünü korumaktır (Sorensen ve Engelman, 1990; Stankiewicz ve Wilson, 2002; Stankiewicz ve Wilson, 2008).

Kalan kök dentininin kalınlığı, direnç açısından en önemli faktördür (Guzy ve Nicholls, 1979; Lertchirakarn ve ark., 2003; Kivanc ve ark., 2009; Mireku ve ark., 2010). Kök kanalının her tarafta eşit olarak genişletilmesi ve kalan kök dentininin kalınlığının belirlenmesi zordur. Genel olarak diş kökleri fasio-lingual yöne göre,

mezio-distal yönde daha dardır. Kalan dentin miktarı bu bölgede minimal düzeyde olduğu için, yapılan deneylerde kırıkların çoğu mezio-distal yönden başlamaktadır (Linn ve Messer, 1994). Bu yüzden, kök kanalının postun yeterli tutuculuk ve direnç sağlayabileceği kadar genişletilmesi gerekmektedir (Linn ve Messer, 1994; Lertchirakarn ve ark., 2003; Kivanc ve ark., 2009; Mireku ve ark., 2010).

Standlee ve ark., (1978) ise kanalın şeklinin post tutuculuğunda etkili olduğunu ve kök kanalı etrafında 1 mm sağlıklı dentin dokusu ile birlikte bukkal dentin duvarının da korunması halinde üst kesici dişlerde tutuculuğun artacağını ve yatay kuvvetlere karşı daha dirençli olacaklarını belirtmişlerdir.

**Kron bölümü desteğinin sağlanması:** Endodontik tedavi görmüş dişlerin kron bölümleri, daha önceki restorasyonlar ve endodontik kaviteler nedeniyle madde kaybına uğramaktadır. Kron kısmında kalan sağlam dentin yapısının korunması, dişin kırılmaya olan direncine katkıda bulunmaktadır. Altın döküm postların fotoelastik stress analizinin incelendiği bir çalışmada en az gerilimin, kron kısmında dentin yapısı bırakılan postlarda ortaya çıktığını bildirmiştir (Mattison, 1982). Bu nedenle, kronta madde kaybı en az seviyede tutulmalıdır (Hussain ve ark., 2007; Meng ve ark., 2007).

**Postun Uzunluğu:** Postlu sistemlerin tutuculuğu, post uzunluğu ile doğru orantılıdır. İdeal post uzunluğu konusunda çeşitli araştırmacılar farklı boyutlar bildirmiştir. Bunlar;

- Anatomik veya klinik kron boyuna eşit veya daha uzun olmalıdır,
- Kök uzunluğunun en az yarısına eşit olmalıdır,
- Kök uzunluğunun 2/3'ü kadar olmalıdır,
- Kök uzunluğunun 3/4'ü kadar olmalıdır,
- Kök apeksi ile alveol kemiği tepe noktası arasındaki mesafenin en az yarısına eşit olmalıdır,

-Kron boyunun yarısı kök boyunun yarısı kadar olmalıdır, şeklindedir (DeSort, 1983; Morfis, 1990; Isidor ve ark., 1999; Fernandes ve Dessai, 2001; Coltak ve ark., 2007; Buttel ve ark., 2009).

Pratik olarak post uzunluğu, diş yapısını zayıflatmayacak en uzun boyutta olmalıdır. Çünkü apekse yaklaştıkça kanal dolgusunu yerinden uzaklaştırma olasılığı artar. Postun ucuyla apeks arasındaki optimum uzaklık 3-5 mm olarak bildirilmiştir, ancak daha uzun kanallarda daha çok mesafe bırakılabilir (Nixon ve ark., 1991; Fox ve

ark., 2004). Yapılan çalışmalarda postun uzunluğu arttıkça post tutuculuğunun da arttığı gözlenmiştir (DeSort, 1983; Morfis, 1990; Isidor ve ark., 1999; Coltak ve ark., 2007; Buttel ve ark., 2009). Ayrıca, kök uzunluğu ve post uzunluğundaki artışın, dişin kırılmaya karşı direncini de artırdığı bildirilmiştir (Buttel ve ark., 2009).

Post uzunluğu azaldıkça dişin gerilme ve tork kuvvetlerine karşı direnci azalır ve buna bağlı olarak kök kırığı olasılığı artar. Postun uzunluğunun 5mm'den kısa olduğu durumlarda kökte kama etkisi oluşur (DeSort, 1983).

**Postun Çapı:** Postun kanal içerisindeki aksiyal yönde yer değiştirmesine karşı oluşan direnç, postun yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, post çapındaki artış tutuculukta önemli rol oynamaktadır. Post çapının belli bir oranda artırılması, tutuculuğu olumlu yönde etkilemektedir (Mou ve ark., 2009). Genellikle post çapının kök çapının 1/3'üne eşit olması istenir. Johnson ve Sakamura (1978), post çapının 0.9 mm'den 1.25 mm'ye artırılmasının tutuculuğu %24 oranında artırdığını bulmuşlardır. Cooney ve ark., (1986) postların stres dağılımını ve tutuculuğunu inceledikleri çalışmada post tutuculuğunun çapın artırılmasından etkilenmediği ancak, çap arttıkça uygulanan kuvvetlerin daha iyi dağıtıldığı sonucuna varmışlardır.

**Postun Şekli:** Kullanılan postun geometrik şeklinin de post sistemin başarısı üzerine etkisi vardır. Geometrik şekillerine göre postlar; paralel kenarlı, konik ve konik sonlanan paralel kenarlı olmak üzere üç çeşittir.

Yapılan araştırmalar sonucunda paralel kenarlı postların tutuculuğunun en fazla olduğu bildirilmiştir (Duncan ve Pameijer, 1998; Purton ve ark., 1998; Nergiz ve ark., 2002b; Teixeira ve ark., 2006). Paralel pasif post tasarımı, çiğneme kuvvetlerini eşit şekilde dağıtarak konik postların neden olduğu kama etkisini yaratmaz. Paralel kenarlı postlar uygun kanal hazırlığı yapılırsa yerleştirilmeleri sırasında minimal stres oluştururlar ancak hazırlık yetersiz ise hidrostatik basınç yüksek stres düzeyi yaratarak postun istenildiği gibi yerleşmesine engel olacaktır. Ayrıca paralel kenarlı postlarda silindirik formları nedeniyle kök perforasyonu riski daha fazladır (Peutzfeldt ve ark., 2008).

Konik postlar, kök formuna uygun oldukları için en az perforasyon riski taşıyan postlardır. Ancak, apikal ve koronal bölgede stres birikimine ve özellikle kanala

uyumlu değilse kama etkisi göstererek kök kırıklarına neden olabilirler (Peutzfeldt ve ark., 2008).

Konik sonlanan paralel kenarlı postlar, paralel kenarlı postların tutuculuğundan yararlanmak ve kanalın apikal bölgesine uyum sağlamak amacıyla tasarlanmışlardır. Tutuculuğu, eşit uzunluk ve çaptaki paralel kenarlı postlardan daha azdır. Yerleştirilme stresleri azdır, ancak konik uç fonksiyonel kuvvetler altında kama etkisi gösterebilir (Torbjorner ve ark., 1995; Teixeira ve ark., 2006; Peutzfeldt ve ark., 2008).

### 2.3. Postların Sınıflandırılması

Postlar ile ilgili bugüne kadar pek çok sınıflama yapılmıştır (Caputo ve Standlee, 1976). Günümüzde geliştirilen yeni materyalleri (Koutayas ve Kern, 1999; Robbins, 2002) içine alacak şekilde materyallerine göre yapılan ve en çok kullanılan post sınıflandırması aşağıdaki gibidir.

A) Metal postlar

B) Metal olmayan postlar

- Fiberle güçlendirilmiş postlar
  - Karbon fiberle güçlendirilmiş postlar
  - Cam fiberle güçlendirilmiş postlar
  - Kuvars fiberle güçlendirilmiş postlar
  - Polietilen fiberle güçlendirilmiş postlar
- Tamamı seramik postlar
  - Cam seramik postlar
  - Alüminyum Oksit ile güçlendirilmiş seramik postlar
  - Zirkonyum Oksit Esaslı seramik postlar

#### 2.3.1 Metal Postlar

Metaller, en sık kullanılan post materyalleridir. En çok kullanılan metal çeşitleri ise nikel-krom (Ni-Cr), titanyum alaşımları veya saf titanyumdur. Nikel-krom alaşımından yapılan postlar bu gruplar arasında en dayanıklı olmalarına rağmen nikelin allerjik doku reaksiyonu yaratma potansiyelinden dolayı günümüzde titanyum alaşımlarının kullanımı artmıştır. Saf titanyum bu metaller arasında direnç açısından en zayıf olanıdır (Chang ve Millstein, 1993; Sirimai ve ark., 1999; Bolhuis ve ark., 2004).

Metal postlar kullanıldığında kök kole bölgesinde maskelenemeyen gri renk oluşabilir. Özellikle kıymetsiz alaşımların kullanıldığı durumlarda korozyon ürünlerinin gingival dokularda ve kök yüzeyinde renk değişikliği yapması nedeniyle estetik başarısızlığa neden olmaktadır (Ozkurt ve ark., 2010). Metal postlar yapım tekniklerine göre ikiye ayrılırlar;

- Döküm Postlar
- Prefabrik Postlar

### 2.3.1.1. Döküm Postlar

Kök kanal boşluğunun negatifinin, klinik ve laboratuvar işlemleri ile kopyalanması sonucu hazırlanan postlardır. Bu negatif yapı istenilen metal alaşımından dökülür (Morgano ve Milot, 1993; Martinez-Insua ve ark., 1998).

Döküm post yapımında önceleri özellikle Tip III ve Tip IV altın alaşımları kullanılırken, günümüzde ise sıklıkla maliyeti daha düşük kıymetsiz metal alaşımları kullanılmaktadır. Döküm post kor uygulamaları direkt veya indirekt tekniklerle hazırlanabilir (Shillingburg ve ark., 1997; Alaçam ve ark., 1998).

**Direkt yöntem:** Dökümü yapılacak post ve kor sistemi, diş hekimi tarafından doğrudan hasta ağızında mum veya karbonize akrilik rezin kullanılarak hazırlanır. Daha sonra post ve kor tek parça olarak, istenilen metal alaşımından döküm yoluyla elde edilir (DeDomenico, 1977).

**İndirekt yöntem:** İndirekt yöntemde diş hekimi tarafından restore edilecek dişin kanalı ile beraber komşu ve karşı dişlerin ölçüsü alınır. Post ve kor sistemi, bu ölçüden elde edilen model üzerinde, teknisyen tarafından laboratuvarda hazırlanarak tercih edilen metal alaşımından döküm yoluyla elde edilir (Gavelis ve Hope, 1984; Fehling ve Wolfert, 1988).

Yapılan araştırmalar sonucunda, altın döküm post ve kor sistemlerinin diğer alaşımlardan oluşan döküm ve prefabrik post sistemlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede dirençli olduğu bildirilmiştir (Perez Moll ve ark., 1978; Kitzis ve Pascoe, 1982).

**Döküm Post-Kor Sistemlerinin Avantajları:** Kronu destekleyen diş dokusunun az olduğu durumlarda, döküm postlar rotasyon kuvvetlerine karşı daha iyi direnç gösterirler (Freedman, 2001; Fernandes ve Coelho, 2003; Fernandes ve ark., 2003). Prefabrik postların kesiti yuvarlaktır ve rotasyon kuvvetlerine direnç



gösteremezler. Döküm post prepare edilen kanal boşluğuna uyar ve torsiyonel kuvvetlere direnç gösterir (Fernandes ve Coelho, 2003; Fernandes ve ark., 2003). Alt çene kesici dişleri gibi ufak çaplı dişlere post-kor yapılacaksa, bu dişlerde prefabrike postların kullanılması güçtür. Genellikle post çevresinde kor materyali için minimum mesafe kalır. Bazı durumlarda kor ile post arasında açılendirma yapılmasına gerek duyulabilir. Prefabrik postların bükülme direnci uygun olmadığından döküm post-kor tercih edilmelidir (Fernandes ve Coelho, 2003; Fernandes ve ark., 2003).

**Döküm Post-Kor Sisteminin Dezavantajları:** Döküm post işlemleri zaman alıcıdır. Metal post yapısından açığa çıkan korozyon ürünleri periodontal dokularda birikip, dokuda renk değişikliğine sebep olurlar. Metal postların kor kısımlarının koyu renkli opak görünümü, çevre sert ve yumuşak dokularda istenmeyen ışık yansımalarına neden olur (Morgano ve Milot, 1993).

### 2.3.1.2. Prefabrik Postlar

Üretici firmalar tarafından farklı uzunluk ve çaplarda hazırlanan postlara prefabrik postlar denir. Kanal hazırlığı, seçilen post büyüklük ve şekline uygun özel frezlerle yapıldığı için post ile kanal duvarı arasındaki siman tabakası ince olur ve bu durum tutuculuğu olumlu yönde etkiler (Hudis ve Goldstein, 1986).

#### **Prefabrik postların döküm postlara göre avantajları;**

- Prefabrik post ve kor işlemleri tek seansta tamamlanır.
- Prefabrik postlar soğuk olarak işlenmiş olmaları nedeniyle aynı metalden dökülmüş postlara göre daha sağlamdır ve daha homojen bir yapıya sahiptir.
- Dökümde oluşabilen hatalar oluşmaz.
- Aynı dişin, paralel olmayan kanallarında kombine olarak kullanılabilirler.
- Tutuculuk değerleri yüksek olduğu gibi, oluşan stresler döküm postların yarattığı streslerden fazla değildir (Standlee ve ark., 1978; Hudis ve Goldstein, 1986).

### **Prefabrik postların döküm postlara göre dezavantajları;**

- Kanalın iç morfolojisine tam uyum sağlayamazlar, bu yüzden uyumları döküm postlardaki gibi değildir. Kanala uyumdaki yetersizlik stres dağılımının her bölgede homojen olmamasına sebep olur.
- Postun kök kanalına uygun hale getirilmesi yerine, kanal posta uygun hale getirilmektedir.
- Bazı vakalarda konik kanallara yerleştirilen paralel kenarlı postlar, kanal duvarından fazla madde kaldırılmasına ve kök perforasyonuna neden olabilir.
- Prefabrik postlar yuvarlak kesitli oldukları için rotasyonel kuvvetlere karşı direnç gösteremezler (Standlee ve ark., 1978; Hudis ve Goldstein, 1986).

## **2.3.2. Metal Olmayan Postlar**

### **2.3.2.1. Tam Seramik Postlar**

Tam seramik postlar materyallerine göre üçe ayrılır.

- Cam seramik postlar,
- Alüminyum oksit ile güçlendirilmiş seramik postlar,
- Zirkonyum oksit esaslı seramik postlar.

**Cam Seramik Postlar:** 1989'da Kwiatkowski ve Geller dökülebilir cam seramik post-korları klinik kullanıma sunmuşlardır (Kwiatkowski ve Geller, 1989). Ancak, Dicor isimli ticari ürünün dayanıklılığının az olmasından dolayı kullanımı sınırlı kalmıştır.

**Alüminyum Oksit ile Güçlendirilmiş Seramik Postlar:** 1991'de Kern ve Knode cam infiltre edilmiş alumina seramikten (In-Ceram) tek parça post-korları tanıtmışlardır (Kern ve Knode, 1991). Bu tekniğin en büyük dezavantajı uygulama zorluğudur. Bu tam seramik restorasyon sisteminde, In-ceram alümina tozu ve deiyonize su ile hazırlanan alumina çekirdek önce özel bir fırında sinterlenir, daha sonra sinterlenmiş çekirdeğe lantan alüminyum silikat cam infiltre edilir. Sinterleme sırasında alumina kristalleri birbirine yaklaşır ve kristallerin yoğun dağılımı çatlak ilerlemesini

sınırlandırır. Cam infiltrasyonu da poroziteler ortadan kaldırılır. Bu şekilde hazırlanan korun üzerine alimünöz porselen uygulanır (Kern ve Knode, 1991).

**Zirkonyum Oksit Esaslı Seramik Postlar:** 1980'lerin sonlarına doğru zirkonyum esaslı postlar geliştirilmiştir. Prefabrik zirkonyum seramik post-kor materyali % 3  $Y_2O_3$  (yttrium oksit) tarafından stabilize edilen tetragonal zirkonyum polikristallerinden ( $ZrO_2$ -TZP) oluşmaktadır (Ozkurt ve ark., 2010). Seramik post-korların estetik özellikleri ve biyouyumlu olmaları en büyük avantajlarıdır. Seramik post-kor dentine benzer rengiyle, üzerine uygulanan tam seramik kronlarda daha derin translüseni sağlayarak restorasyonun estetiğinde olumlu etkiler göstermektedir (Meyenberg ve ark., 1995; Ahmad, 1998; Koutayas ve ark., 2009). Yüksek dayanıklılık, direnç ve optimal estetik görüntü kriterlerine sahiptir. Post boyunca ışık geçirgenliği mükemmeldir. Materyal oldukça rijit ve elastisite modülü paslanmaz çeliğe benzemektedir. Kompozitler ile restore edilen kron harabiyetine uğramış dişlerin kuvvet dayanımı iyi olmadığı için zirkonyum esaslı postlar zirkonyum ile güçlendirilmiş cam seramik korlarla yeterli dayanımı sağlar. Fakat en büyük dezavantajları, metal postlardan daha düşük kırılma direncine sahip olmaları ve diş ile kor materyaline bağlanmalarının daha zayıf olmasıdır (Meyenberg ve ark., 1995; Ahmad, 1998; Koutayas ve ark., 2009).

Ayrıca zirkonyum esaslı postlar kırıldıklarında kökün içinde kalan parçasını çıkarmak oldukça güçtür. Post'un kora yapışması yeterli olmadığından dolayı lösit ile güçlendirilmiş seramik kor materyalinin postun üzerine preslenmesi tekniği geliştirilmiştir. Seramik postların estetik ve optik özellikleri metal postların uygulanmasında yaşanan sıkıntıları elimine etmektedir (Ozkurt ve ark., 2010).

### **2.3.2.2. Fiberle Güçlendirilmiş Postlar**

Fiber postların fiziksel özellikleri dentine benzemektedir (Bateman ve ark., 2003; Goracci ve ark., 2007; Cagidiaco ve ark., 2008). Elastisite modülünün dentine (18.6 GPa) çok yakın olması nedeniyle dentine eşdeğer oranda esneyerek dişin kırılma direncini artmasını sağlarken, okluzal stresleri dağıtır, metal postlar gibi direkt iletmez bu şekilde zaman içerisinde biriken streslerden dolayı oluşan çatlaklar daha az görülür (King ve ark., 2003; Newman ve ark., 2003; Schmitter ve ark., 2007; Novais ve ark., 2009; Schlichting ve ark., 2010). Fiber postlar aktif yivler yerine pasif retansiyon

olukları içerirler. Kanala pasif olarak yerleştirildiğinden ve kanal duvarı ile post arasında yapıştırıcı rezin siman aracılığı ile bir hibridizasyon olduğundan kök üzerinde stres oluşmamaktadır. Fiber postlar metal içermediği için metal alerjisine neden olmaz, korozyon ürünleri oluşturmaz. Başarısızlık durumunda kanaldan çıkarılmaları kolaydır (King ve ark., 2003; Newman ve ark., 2003; Schmitter ve ark., 2007; Novais ve ark., 2009; Schlichting ve ark., 2010).

Mannocci ve ark., (1999) kuvarz fiber, karbon fiber ve zirkonyum oksit postları karşılaştırdığı çalışmalarında fiberle güçlendirilmiş postların kırılma dayanımlarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Rosentritt ve ark., (2000) yaptıkları bir çalışmada, fiberle güçlendirilmiş kompozit post ve kompozit kor sistemlerinin kırılma dayanımı açısından kontrol grubu olan altın post ve kor sistemlerinden farklı sonuçlar vermediğini bildirmişlerdir.

Sirimai ve ark.,(1999) döküm metal post, prefabrik metal post ile prefabrik fiber post sistemlerini karşılaştırdıkları ve dikey kök kırıklarının oluşması üzerine yaptıkları çalışmalarında; en düşük dikey kök kırığı oranının prefabrik fiber post grubunda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Günümüzde mevcut fiber postlar aslında kompozit materyallerdir. Bunlar bir polimer rezin matriks tarafından çevrelenmiştir. Fiber, yapıya dayanıklılık ve sertlik kazandırırken; polimer matriks, yapıyı bir arada tutar ayrıca kuvvetlerin fibere iletilmesinde rol oynar ve fiber yapıyı nemden koruyarak bozulmalarını engeller (Vallittu, 1996). Günümüzde kullanılan fiber postlar karbon, kuvars, cam veya polietilen fiberlerden oluşur. Polimer rezin matriks genellikle epoksi rezin ve dimetakrilat kompozit rezinlerdir (Martinez-Insua ve ark., 1998; Bateman ve ark., 2003; Mannocci ve ark., 2003). Fiber lifleri ve matriks bağlantısı için bağlayıcı ajan olarak silan kullanılmaktadır (Martinez-Insua ve ark., 1998).

**Karbon Fiber Postlar:** Diş hekimliği için geliştirilen ilk metal olmayan post sistemidir (Stewardson, 2001). Karbon fiberlerin mekanik özellikleri kimyasal yapıları ile oldukça değişkenlik gösterir. Genel olarak yüksek baskı ve çekme direncine sahip, korozyona direçli, metal yapılara nazaran materyal yorgunluğu daha azdır (Bateman ve ark., 2003; Goodacre, 2010). Termal genişleme katsayıları da düşük, cam fiberlerle kıyaslandığında darbe dayanımı daha az ve radyolüsenttirler. Üreticilere göre prefabrik metal post sistemlerinin çekme dayanımı 654 ile 114 MPa arasında değişirken karbon

postların çekme dayanımı 1600 MPa olarak belirtilmiştir. Karbon postların baskı dayanımı 440 MPa, makaslama dayanımı ise 170 MPa, elastisite modülü ortalaması ise 21 GPa'dır. Bu özellikleri nedeniyle diş dokusunda daha az gerilim oluşmasını sağladıkları belirlenmiştir (Purton ve Payne, 1996; Fredriksson ve ark., 1998). Yapılan çalışmalarda, karbon postların bükülme dayanımının metal postlara yakın olduğu belirtilmiştir (Purton ve Payne, 1996; Fredriksson ve ark., 1998). Ayrıca karbon postların, gerilimleri bütün kök yüzeyine eşit olarak dağıtma özelliklerinin de olduğu belirtilmiştir. Ancak siyah renginden dolayı estetik olmaması ve üretim aşamasının zorluğundan dolayı kullanımı kısıtlanmıştır (Isidor ve ark., 1996; Purton ve Payne 1996; Fredriksson ve ark., 1998).

**Cam Fiber Postlar:** Yüksek çekme dayanımı, baskı gerilimlerine ve darbelere karşı dayanıklı olması, göreceli olarak yüksek elastisite modülüne ve düşük maliyete sahip olmalarından dolayı diş hekimliğinde kullanımı artmaktadır (Vallittu ve Narva, 1997). Transparan yapısından dolayı estetik diş hekimliğinde kullanımı artmıştır. Cam fiberler kuvvet altında kırılma noktasına kadar uniform olarak eserken kuvvetin kalkması ile eski boyutlarına geri dönerler. Bu özellikleri dolayısıyla yüksek derecede stressleri absorbe edip dağıtabilirler (Vallittu ve Narva, 1997). Kimyasal yapılarına göre cam fiberler A (alkali), C (chemically resistant), D (dielectric), E (electrical), R (resistant), S (high strength) olarak ayrılırlar. Diş hekimliğinde en çok kullanılanı E-glass ve S-glass fiberlerdir. Cam fiberlerin bükülme dayanımları yaklaşık olarak 1150 MPa'dır (Lassila ve ark., 2002; Alander ve ark., 2004).

Karbon fiber ve diğer post sistemlerinin dezavantajları cam fiber postların bu postların yerini almasına neden olmuştur. Cam fiber destekli postlar ilk defa 1992 yılında geliştirilmişlerdir (Monticelli ve ark., 2006b; Stricker ve Gohring, 2006).

**Kuvars Fiber Postlar:** Estetik olmayan karbon fiber postlar, kuvars fiber postların geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. İlk defa 1998 yılında geliştirilmiştir. Kuvars fiber postlar da beyaz, translusent veya opak renkte bulunurlar (Bateman ve ark., 2003; Perdigao ve ark., 2007). Kuvars fiberler bir epoksi rezin matriksle çevrelenmişlerdir. Estetik restorasyonlarda alt yapı olarak kullanım için uygundur. Cam fiber postlardan daha yüksek çekme direncine sahiptirler (Bateman ve ark., 2003; Perdigao ve ark., 2007). Cam fiber ve zirkonyum postlara göre her bir yüzey alanına

düşen fiber lifleri miktarı daha fazla olduğu için daha yüksek kırılma direncine sahiptirler (Perdigao ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada kompozit rezinlerin kuvars fiber postlara adezyonunun karbon fiber postlardan daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Malferrari ve ark., 2003). Buna ek olarak kuvars fiber postların simantasyonu için kullanılan hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerin ışıkla polimerize olan kompozitlerden daha güçlü bir adezyon oluşturduğu gözlenmiştir (Malferrari ve ark., 2003).

**Polietilen Fiber Postlar:** Polietilen doğal polimer yapısıyla 0,97 g/cc yoğunlukta,  $3-6 \times 10^6$  kg/mol aralığında molekül ağırlığına sahip çizgisel homopolimer etilendir. Molekül ağırlığı  $10 \times 10^6$  kg/mol olduğu zaman yüksek molekül ağırlığına sahip polietilen olarak adlandırılırlar, düşük sürtünme katsayıları vardır, aşınmaya karşı dirençlidirler (Ellakwa ve ark., 2002).

## 2.4. Kor Materyalleri

Post sistemlerinde kullanılan kor materyalleri; amalgam, kompozit rezin ve cam iyonmer simanlardır (Kovarik ve ark., 1992; Robbins, 2002; Kovarik, 2009).

### 2.4.1. Amalgam Kor

Amalgam uzun bir tarihi başarıya sahiptir. Hem statik hem de dinamik yüklemeler karşısındaki dayanıklılıkları laboratuvar çalışmaları ile desteklenmiştir (Kovarik ve ark., 1992; Gateau ve ark., 1999). Amalgam, kolay manipulasyon, düşük mikrosızıntı ve yüksek basma direnci özelliklerine sahiptir. Fakat uzun sürede sertleşmeleri ve diş yapısına tutunmadaki eksiklikleri dezavantajlarıdır (Kovarik ve ark., 1992; Gateau ve ark., 1999). Özellikle aşırı madde kaybı olduğu zaman kron desteği olarak amalgam tercih edilir. Sağlam bir kor yapımı elde etmek için amalgam tamamen sertleştikten sonra diş prepare edilmelidir (Kovarik ve ark., 1992; Gateau ve ark., 1999). Hızlı sertleşen alaşımların geliştirilmesi ile birlikte, kondenzasyondan 30 dk sonra prepare edilebilen amalgamlar geliştirilmiştir (Sivers ve Johnson, 1992; Smith ve ark., 1993; Smith ve Schuman, 1997).

### **Amalgam kor'un avantajları;**

- Amalgamın korozyonu zamanla mikrosızıntıyı engelleyebilir.
- Fiziksel özellikleri çok yüksek olduğundan dikey ve yatay kuvvete karşı dirençlidir.
- Teknik, zaman ve maliyet avantajları vardır.
- Kanal dolgusuyla, amalgam kor aynı seansta bitirilebilir. Bu da zaman ve kullanılan materyalden avantaj sağlar.
- Amalgam korona-radiküler kor yeterli koronal diş yapısı olmadığında pinler ile desteklenebilir (Robbins, 2002).

### **Amalgam kor'un dezavantajları;**

- Diş yapılarına bağlanması yetersizdir.
- Diş ile arasındaki termal genişleme katsayısı farklıdır.
- Marjinal adaptasyonda bozukluklar söz konusudur.
- Manüplasyon ve kondenzasyon tam yapılamamaktadır (Robbins, 2002).

Amalgamın en önemli dezavantajı, diş yapılarına olan adezyonundaki yetersizliktir. Bunu gidermek için amalgam yapıştırma (4-META) ajanları kullanılmaktadır. Bu materyal, mikrosızıntıyı önemli ölçüde azaltır (Robbins, 2002).

### **2.4.2. Cam İyonomer Kor**

Cam iyonomer korlar, düşük termal genişlemeye sahip olmaları, florid salınımı, dişe kimyasal olarak bağlanması gibi avantajlara sahiptir. Fakat düşük kırılma sertliğine sahip olmaları en büyük dezavantajlarıdır (Schwartz ve Robbins, 2004).

Yapılan çalışmalarda cam iyonomer korların okluzal kuvvetlere karşı yeterince dirençli olmadığı gözlenmiştir (Gateau ve ark., 2001; Mollersten ve ark., 2002). Bu materyaller sadece posterior bölgede koronal diş yapısının %50'den fazlasının varlığında kullanılmalıdır. Son zamanlarda rezinle güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. Uygulanması daha kolaydır ve ağız içindeki erken nem kontaminasyonuna daha dirençlidirler. Bununla beraber, kompozit rezinlerden daha zayıftırlar ve yüksek çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıksızdırlar (Mollersten ve ark., 2002).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlarda normal asit-baz reaksiyonuna ışıkla sertleşme mekanizması eklenmiştir. Buna "dual-cure" denir. Bu yöntemde ışık ile

polimerizasyon sonucunda bir polimerizasyon matriksi oluşmakta ve oluşan bu matriks asit-baz reaksiyonunun devam edip maddenin daha iyi sertleşmesine neden olmakta ve böylece maddenin direnci artmaktadır. Bu maddenin basma ve gerilme dirençleri, geleneksel cam iyonomerlere oranla yüksektir ancak kompozite oranla düşüktür. Kayma direnci ise, geleneksel cam iyonomer siman ve kompozitlerden daha iyidir. Ancak tartışmalı olduğu diğer özellikleri ise adeziv ve su emme direnci, flor salınımı, çözünürlüğü ve biyolojik uyumluluğudur (Gateau ve ark., 2001).

### 2.4.3. Kompozit Korlar

Kompozit rezinler, stres ve deformasyona karşı oldukça dirençli olduğundan, posterior ve anterior bölge için en sık kullanılan kor materyalleridir ve amalgam restorasyonlara alternatif olarak kullanılmaktadır. Polimerizasyon süreleri kısadır. Doğal diş yapısına bağlanabilirler. Özellikle kron restorasyonu tam seramik restorasyon tercih edildiğinde doğal dişlerin translusentliği ve rengi kompozit kor kullanımı ile sağlanabilir (Engelman, 1988; Tjan ve ark., 1991; Huysmans ve ark., 1993; Christensen, 1996; Qualtrough ve Mannocci, 2003; Azer ve ark., 2006; Fischer, 2008; Toman ve ark., 2010).

Bowen'in 1958 yılında ilk kompoziti diş hekimliğine tanıtmıştı ve bu yana klinik kullanıma pek çok kompozit girmiştir (Ribbons ve Pearson, 1972). O zamandan günümüze bis-GMA kompozitler çeşitli şekillerde modifiye edilmiş başka dimetakrilatlar sentez edilip kullanılmıştır. Aynı zamanda doldurucu teknolojilerinde de büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Partikül boyutları, optimal dolduruculuk oranları matematiksel olarak hesaplanıp materyalin geliştirilmesine çalışılmıştır. Doldurucular ve matriks arasındaki bağlantıyı güçlendirmek için silanizasyon yöntemleri denenmiştir (Ribbons ve Pearson, 1972; Full ve Hollander, 1993; Pioch ve ark., 2001).

Tarihsel olarak kompozit gelişimi kısaca şu şekildedir:

1936 Metakrilat bazlı protez materyalinin patenti alınmıştır (Paladon/Kulzer).

1955 Mineye mikromekanik tutuculuk sağlanmıştır.

1962 Bowen monomeri (patentli)

1963 Kuvars dolduruculu ilk kompozit

1970 Işık ile polimerizasyon fikrinin ortaya çıkışı

1974 Mikrodolduruculu (silisyum oksit) kompozit

1977 Işık ile polimerizasyon



1980 Hibrit kompozitler

1985 Hibrit kompozitlerin günlük diş hekimliği uygulamalarına ilk girişi

1991 Hibrit tabakanın tanımının yapılışı

1993 Kompomerlerin kullanımı

1998 Ormoserlerin kullanımı

2007 Siloran kompozitlerin kullanımı

#### **2.4.3.1.Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması**

Kompozit rezinler; inorganik partikül büyüklüğüne, viskozitelerine, polimerizasyondan sorumlu fonksiyonel gruplarına ve polimerizasyon yöntemlerine göre sınıflandırılabilirler. Günümüzde sıklıkla kullanılan sınıflandırma Lutz ve Philips'in inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğüne göre yapılan sınıflandırmadır (Lutz ve Phillips, 1983).

1- Kompozit rezinlerin inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğüne göre kompozitler şu şekilde sınıflandırılması;

- Megadoldurucular; partikül büyüklüğü 100 mikrometreden daha fazla olanlar
- Makrodoldurucular; partikül büyüklüğü 10- 100 mikrometre arasında değişenler
- Mididoldurucular; partikül büyüklüğü 1-10 mikrometre arasında değişenler
- Minidoldurucular; partikül büyüklüğü 0.1-1 mikrometre arasında değişenler
- Mikrodoldurucular; partikül büyüklüğü 0.01-0.1 mikrometre arasında değişenler
- Nanodoldurucular; partikül büyüklüğü 0.005-0.01 mikrometre arasında değişenler

- 2- Viskozitelerine göre sınıflandırma;
  - Akıcı kompozitler
  - Geleneksel kompozitler
  - Kondense edilebilir kompozitler
- 3- Polimerizasyondan sorumlu fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırma;
  - Dimetakrilatlar
  - Asit modifiye metakrilatlar
  - Epoksitler (halka açılma polimerizasyon yapan monomerler)

#### **2.4.3.2. Kompozit Rezınlerin Kimyasal Yapısı**

**Organik Faz;** Kompozit rezınlerde kullanılan monomerler geleneksel kompozitler olarak adlandırılan ve genellikle aromatik veya alifatik dimetakrilatlardan oluşan monomerlerdir (Salz ve ark., 2005; Moszner ve ark., 2006;2008a). Son dönemde katyonik polimerize olan monomerler arasında siloksan bazlı sikloalifatik monomerler (Silorane) kullanılmaya başlanmıştır (Weinmann ve ark., 2005). Kompozit rezınlerde kullanılan monomerlerin sahip olması gereken en önemli özellik, adeziv içersindeki diğer monomerlerle yüksek oranda serbest radikal homopolimerizasyonu veya kopolimerizasyonu sağlamaktır. Ayrıca;

- Adeziv yapısı içersinde optimal çözünürlüğe sahip olmak,
- Aseton, etanol ve ya su bazlı çözücü solusyonlarıyla uyumlu olmak,
- Kullanıldıktan önce ve sonra yeterli stabilizasyona sahip olmak,
- Minimal su absorpsiyonu ve buna bağlı minimal hacimsel değışikliğe sahip olmak,
- Biyoyumlu olmak gibi özelliklere de sahip olmaları gerekmektedir (Salz ve ark., 2005; Moszner ve ark., 2006).

Organik matriks polimerizasyondan sorumlu fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırıldığında;

- Dimetakrilatlar
- Epoksitler (halka açılma polimerizasyon yapan monomerler)

- Asit modifiye metakrilatlar, şeklinde üç ana gruba ayrılır (Kappert ve Eichner 2008).

**Dimetakrilatlar;** Kompozitler genel olarak çapraz bağlantılı monomerlerin bir karışımından oluşur. Diş hekimliğinde çok yaygın olarak kullanılan dimetakrilatlar; bis-GMA (bis-fenolglisidilmetakrilat), UDMA (üretan dimetakrilat), TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilat) dır (Brauer ve ark., 1981; Asmussen, 1982a;1982b; Stansbury, 1992; Tarumi ve ark., 1999; Halvorson ve ark., 2003; Schwartz ve Soderholm, 2004; Sideridou ve Achilias, 2005; Floyd ve Dickens, 2006; Filho ve ark., 2008; Lehtinen ve ark., 2008; Moszner ve ark., 2008a; Shi ve Nie, 2008; Kilambi ve ark., 2009). Bu monomerler yapıya istenilen viskozite miktarına ve mekanik özelliklere göre eklenir. Yoğun çapraz bağlı yapıları sayesinde kompozitlerin mekanik dayanıklılığını artırır. Monometakrilatlarla karşılaştırıldıklarında hidrofobik yapıları nedeniyle çözücü olarak genelde suyun kullanılmasına yol açarlar (Brauer ve ark., 1981; Asmussen, 1982a;1982b; Stansbury, 1992; Tarumi ve ark., 1999; Halvorson ve ark., 2003; Schwartz ve Soderholm, 2004; Sideridou ve Achilias, 2005; Floyd ve Dickens, 2006; Filho ve ark., 2008; Lehtinen ve ark., 2008; Moszner ve ark., 2008a; Shi ve Nie, 2008; Kilambi ve ark., 2009). Bu durum su emilimini azaltsada yapı içerisindeki hidroksil grubu ve/veya polar eter bağlantılar su emilimine neden olur. Su emilimi açısından değerlendirildiği zaman monomerler arasında TEGDMA> Bis GMA> UDMA şeklinde bir ilişki vardır (Sideridou ve Achilias, 2005; Floyd ve Dickens, 2006; Goncalves ve ark., 2008; Barszczewska-Rybarek, 2009; Pfeifer ve ark., 2009; Ruttermann ve ark., 2010).

Polimerize olmamış bis-GMA oldukça visközdür. Oldukça yüksek olan moleküler ağırlığı nedeniyle düşük polimerizasyon büzülmesi ve hızlı sertleşme gösterir. Klinik olarak kullanılabilir yoğunluğa sahip olmaları için başka monomerlerle dilue edilmeleri gerekmektedir (Floyd ve Dickens, 2006; Goncalves ve ark., 2008; Barszczewska-Rybarek, 2009). (Floyd ve Dickens, 2006; Goncalves ve ark., 2008; Barszczewska-Rybarek, 2009) Katılan monomerler metakrilatlar olabilecekleri gibi genellikle TEGDMA gibi dimetakrilat monomerlerdir. Düşük molekül ağırlıklı dimetakrilatların eklenmesi polimerizasyon büzülmesini artırır bu nedenle kompozitler içindeki oranları sınırlı kalmaktadır. Dimetakrilatlar zincirler arası çapraz bağlantıyı artırır böylece yapı degradasyona daha dayanıklı hale gelir (Tanaka ve ark., 2001;

Sideridou ve ark., 2003; Sideridou ve ark., 2004; Floyd ve Dickens, 2006; Goncalves ve ark., 2008; Barszczewska-Rybarek, 2009).

**Epoksitler;** lineer veya siklik siloranların viskoziteleri düşüktür ve oldukça düşük su emilimi gösterirler (Ilie ve Hickel, 2006; Ilie ve ark., 2007; Kopperud ve ark., 2010). Polimerizasyon büzölmeleri düşük olan bu yapıların büzölmeleri lineer siloksanlar için % 0.3, siklik siloksanlar için % 0.2'dir (Weinmann ve ark., 2005; Vandewalle, 2009; Gregoire ve ark., 2010; Lien ve Vandewalle, 2010). Biyouyumlulukları dimetakrilatlara nazaran oldukça iyidir. Ancak çapraz bağılı epoksitlerin en büyük dezavantajları düşük reaktivite göstermeleridir. Epoksitlerin (kationik polimerizasyon monomerleri) başlıca dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (Weinmann ve ark., 2005; Ilie ve Hickel, 2006; Ilie ve ark., 2007; Vandewalle, 2009; Yesilyurt ve ark., 2009; Gregoire ve ark., 2010; Kopperud ve ark., 2010; Lien ve Vandewalle, 2010).

- Polimerizasyonları daha uzun sürer ve dimetakrilatlara nazaran daha çok ekzotermik ısı açığa çıkarırlar.
- Reaktiviteleri düşük olduğundan transparanlığı daha azdır. Kompozitin polimerizasyonunun kolaylıkla sağlanabilmesi için tabakalar kalın olmamalıdır.
- Serbest radikal polimerizasyonuna nazaran kationik polimerizasyonlu epoksi monomer oksijen inhibisyon tabakası oluşmaz. Ancak bu durum tabakalar arasında bağlanma dayancını olumsuz yönde etkiler.
- Saklama koşulları zordur kendi kendilerine polimerize olma oranları dimetakrilat bazlı monomerlerden daha fazladır.

**Asit modifiye metakrilatlar;** Kendi içinde poliasit modifiye metakrilatlar (kompomerler) ve Ormoserler olarak ikiye ayrılırlar.

**a-Poliasit Modifiye Dimetakrilatlar (Kompomerler);** Geleneksel bir kompozit rezin materyalinde iyon alışverişi esasına dayanan flor salımını gerçekleştirmek imkansızdır. Bunu mümkün hale getirebilmek için, kompozit rezinlerin poliasitlerle (geleneksel cam iyonomer simanlardaki poliakrilik asit gibi) modifiye edilmesi gereklidir (Kugel ve ark., 1998; Meyer ve ark., 1998; Prati ve ark., 1998). Böylece kompozit rezin basit anlamda, "flor iyonu salımı yapabilir" hale getirilmiş olur. Bu yöntemle geliştirilen materyaller, günümüzde yeni bir materyal sınıfı olan poliasitle

modifiye kompozit rezinleri teşkil etmektedir. Ancak bu jenerik ismin yerine çoğu zaman KOMPOZit ile cam iyonoMER kelimelerinden türetilen KOMPOMER terimi kullanılmaktadır (Kugel ve ark., 1998; Meyer ve ark., 1998; Prati ve ark., 1998). Kompomerlerdeki poliasit modifikasyonu, sadece flor iyonu salımını gerçekleştirebilmek amacıyla yapılmıştır. Kompomerler geleneksel cam iyonomer simanlar gibi, diş dokularına kimyasal olarak bağlanmazlar. Aksine, bir bonding ajanı ve özel primerler aracılığıyla, yani mikromekanik adezyon ile diş dokularına tutunurlar (Kugel ve ark., 1998; Meyer ve ark., 1998; Prati ve ark., 1998).

**b-Ormoserler;** Diş hekimliği uygulamalarına 1998 yılında girmiş olan ormoser "ORganically MODified CERamic" kelimelerinin ilk hecelerinden oluşur (Manhart ve ark., 2000b). Ormoserlerin en önemli özelliği, bu materyalin gelişimine kadar kompozitlerin inorganik partikül yapısı, oranı ve boyutuna yönelik değişiklikler yapılmaktayken, ormoser materyali ile birlikte kompozitlerin organik matriksinde yapısal değişiklikler oluşturulmasıdır (Manhart ve ark., 2000a; Rosin ve ark., 2003; Trushkowsky, 2003; Tagtekin ve ark., 2004; Yazici ve ark., 2004). Ormoserlerde, çok fonksiyonlu üretan ile tioeter oligo metakrilat alkoksisisilanın inorganik-organik kopolimerleri oluşur. Bu materyallerin aşınmaya karşı direnci geleneksel kompozit rezinlerden çok daha fazladır. Ormoserler ile geleneksel kompozitler arasındaki en önemli farklardan biri, organik matrikste esas komponent olarak metakrilat polisiloksan kullanılması neticesinde dimetakrilat monomerlerinin azaltılmış olmasıdır . Silanlanmış inorganik doldurucu partiküllere ilaveten ormoserler inorganik-organik kopolimer içerirler (Ajlouni ve ark., 2005; Rosin ve ark., 2007; Gerdolle ve ark., 2008; Polydorou ve ark., 2009). Ormoserlerin avatajları arasında düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyouyumlu bir materyal olması ve çürüklere karşı koruyucu olması sayılabilir (Ajlouni ve ark., 2005; Rosin ve ark., 2007; Gerdolle ve ark., 2008; Polydorou ve ark., 2009).

Organik–inorganik polimerik hibrit materyaller organik polimer yüz, inorganik camlardan veya seramiklerden meydana gelirler. Bu tür yapıları elde etmenin yolu tetraalkoksi silikatın ve organofonksiyonel metal oksitlerin sol-gel yöntemiyle üretilmesi ve bu oluşan yapının düşük moleküler ağırlıklı yada oligomerik/polimerik organik gruplar ile birbirine bağlanmasıdır (Moszner ve ark., 2008b). Organik-inorganik polimerik hibritler bu üretim sürecinden dolayı literatürlerde `ormosil`, `ormoser`,

`nanomer` olarak adlandırılmaktadır. Bu hibrit kompozitler diğerkompozitlerden farklı olarak nanoskopik yada moleküler düzeyde biraraya getirilmektedir (Moszner ve ark., 2008b).

**İnorganik Faz;** Kompozitlerin pek çok özellikleri doldurucular sayesinde iyileştirilebilir. Doldurucular kompozitlerin mekanik ve optik özelliklerini etkilerler, polimerizasyon büzülmesinin azalmasını, elastisite modülü, sertlik, basma gerilimi gibi mekanik özelliklerinin iyileştirilmesini sağlarlar (Ehrnford, 1981;1983; Khan ve ark., 1992). İnorganik doldurucular aynı zamanda termal genişleme katsayısını, kompozitin röntgen ışınlarında görünmesini, kompozitin viskozitelerini artırarak materyalin kolay manipüle edilmesini, bazı inorganik içeriklerin salınımı ile çürük önleyici etki sağlamaktadırlar (Mohsen ve ark., 1998; Debnath ve ark., 2003; Debnath ve ark., 2004; Lu ve ark., 2006; Balkenhol ve ark., 2008; Pefferkorn ve ark., 2008). Doldurucular ve bunların kimyasal yapıları büyük oranda sıvı emilimini etkiler. Su aynı zamanda zayıf asit olarak yüzeydeki doldurucuların erozyonuna neden olur. Ancak kompozit içindeki silika ve kuvars su içinde inerttir. Ancak radyopak cam içeren pek çok kompozit su ve tükürük içerisinde daha çok çözülme göstermiştir (Mohsen ve ark., 1998; Debnath ve ark., 2003; Debnath ve ark., 2004; Lu ve ark., 2006; Balkenhol ve ark., 2008; Pefferkorn ve ark., 2008). Camdaki bu bozulmanın nedeni doldurucuların organik bir tabaka ile kaplı olması özellikle silan molekülü ile çevre koşullardan korunması için çok önemlidir (Debnath ve ark., 2003). Yapılan çalışmalar doldurucu ile matriks arasındaki bağlantının kalitesinin emilim konusunda etkili olduğunu göstermiştir. Zayıf bağlar düşük enerji yolları oluşturarak çözücü moleküllerinin yapı içinde daha rahat difüze olmasına neden olur (Oysaed ve Ruyter, 1986; Khan ve ark., 1992; Debnath ve ark., 2004; Lu ve ark., 2006; Kawakami ve ark., 2007; Pefferkorn ve ark., 2008).

Kompozit rezinlere katılan inorganik doldurucuların sahip olması gereken özellikler (Sideridou ve ark., 2009; Goncalves ve ark., 2010; Leprince ve ark., 2010) ;

- Ağız ortamının kimyasal, ısısal, mekanik özelliklerine direnç gösterebilmek,
- Renksiz olmak,
- Toksik olmamak,
- Polimer matriksin refraktif indeksine uygun olmak (Günümüzde kullanılan geleneksel dental monomerlerin refraktif indeksleri 1,46-1,57

arasında değişmektedir. İnorganik doldurucuların, organik matrikse uygun refraktif indekse sahip olmaları hem kompozitin belli bir kalınlıkta ışıkla polimerizasyonuna imkan verir hem de kompozitin optik özelliklerini etkiler.)

- Organik matriksi destekleyecek kadar sert olmaktadır.

Kompozitlerin diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmasından itibaren inorganik doldurucuların büyüklüğünde, şekillerinde ve çeşidinde büyük değişimler ve gelişmeler olmuştur. Günümüzde kullanılan modern kompozit rezinler değişik doldurucuların varyasyonlarında oluşmaktadır. Kuvars ve alüminosilikat camlar sıklıkla kullanılır. Bunun yanında Baryum, Stronsiyum, Zirkonyum, Titanyum gibi ağır metallerin oksitleri, kompakt camlar, poröz doldurucular, fiber, amorf ve kolloidal silika ve bunların kombinasyonları kompozit yapıya sıklıkla eklenen dolduruculardır (Inokoshi ve ark., 1993; Kobayashi ve ark., 2000; Lee ve Um, 2001; Xu ve ark., 2002). Günümüzde kullanılan inorganik doldurucuları çeşitlerine göre sınıflayacak olursak;

- Makro doldurucular
- Mikro doldurucular
- Hibrit Kompozitler
- Sol-Gel Yöntemiyle üretilen doldurucular
- Hibrit-Prepolimerize doldurucular olarak sınıflandırılabilir (Kappert ve Eichner 2008).

**Ara Faz;** Organik ve inorganik fazın birbirine bağlantısı genellikle organosilan olan gamma-metakriloksipropil trimetoksisilan ile sağlanır. Bu yapı organik ve inorganik faz arasında streslerin iletiminde önemli rol oynar. Modern kompozit rezinlerde silika taneciklerinin yüzeyi silan bağlama ajanları ile önceden kaplanmıştır. Silika tanecikleri yüzeyinde tek moleküllü ve çift fonksiyonlu çok ince bir katman oluşturulmuştur. Bu katmandaki moleküllerin bir ucu silika taneciklerinin yüzeyinde var olan hidroksil gruplarıyla, diğer ucu organik matriksteki polimer ile bağlanır. Silan bağlama ajanları rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirir. Ayrıca rezin-tanecik ara yüzü boyunca suyun geçişini önler, hidrolitik dengeyi sağlar, rezinin çözünürlüğünü

ve su emilimini azaltır (Ozcan ve ark., 2005; Matinlinna ve ark., 2008; Ozcan ve ark., 2008; Ozcan ve Valandro, 2009).

### **2.4.3.3. Kompozit Rezinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

Kompozit rezinlerin fiziksel ve klinik özelliklerinin anlaşılmasında kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi, ısıl özellikleri, bağlanma özellikleri, mikrosızıntıları, çözülebilirlikleri, su absorpsiyonu, renk stabilitesi, radyoopasitesi, cilalanabilirliği, optik translüensitesi, yüzey özellikleri, mekanik abrazyonu, polimerizasyon oranları gibi özelliklerinin önemi büyüktür (Ferracane, 2006).

#### **Kompozit Rezinlerin Yapısı**

Polimerizasyon sırasında meydana gelen bağların yapısı ve kalitesi polimerin çevre şartlarla etkileşimini büyük oranda etkiler. Yüksek oranda çapraz bağlı polimerlerde (kompozitlerde olduğu gibi) sıvı emilimi ve buna bağlı oluşan boyutsal değişim çapraz bağlardan dolayı oluşan yapılarda daha azdır (Peutzfeldt, 1994; Arima ve ark., 1996; Peutzfeldt, 1997). Yüksek oranda çapraz bağa sahip yapılar degradasyona daha az duyarlıdır (Arima ve ark., 1996). Bunun nedeni emilecek madde için moleküller arasında yer olmaması ve bu şekilde difüzyonun az olmasıdır (Ferracane, 2006). Çalışmalarda yüksek çapraz bağ ile polimetilmetakrilatın çözünürlüğü arasında ters orantı olduğu bulunmuştur (Yiu ve ark., 2004). Ancak aynı araştırmacı çapraz bağlı yapı hidrofilik eter bağları içeriyorsa su emilimi çapraz bağın yoğunluğu ile arttığını göstermiştir. Bu nedenle çapraz bağların yoğunluğundan çok kimyası, emilim konusunda daha belirleyici olabilmektedir (Yiu ve ark., 2004; Ito ve ark., 2005; Yiu ve ark., 2005). Ancak bağların içerisindeki porozite ve boşluklar sıvı emilimini daha da artırabilir (Ferracane, 2006).

#### **Kompozit Rezinlerin Hidrolitik ve Hidroskopik Özellikleri**

Kompozit rezinler buldukları çevreden su ve kimyasallar absorbe edebilirler. Dental polimerler de bulunduğu çevreden ötürü şişerek volümetrik değişikliklere, yumuşama gibi fiziksel değişikliklere, oksidasyon ve hidrolize olmak gibi kimyasal değişikliklere uğrayabilir (Ortengren, 2000; Drummond, 2008). Polimerin içinde bulunduğu ortam bu polimeri etkileyip tamamıyla değiştirebilir. Genel olarak kabul



edilen görüş her polimerin zaman içerisinde belli ölçülerde degradasyona uğramasıdır (Ortengren, 2000; Drummond, 2008).

### **Kompozit Rezinlerde Hidrofiliklik**

Polimer yapının hidrofilikliği büyük oranda monomerin kimyasal yapısına ve polimerizasyon bağlarına bağlıdır (Venz ve Dickens, 1991). Günümüzde sıklıkla kullanılan monomerler heteroatomdurlar. Yapılarında karbon, oksijen, veya nitrojen içeren iskeletleri vardır. Ayrıca içlerinde hidroksil, ester, ürean, eter bağları gibi hidrolize meyilli yapılar içerirler (Yiu ve ark., 2004; Ito ve ark., 2005; Chan ve ark., 2006; Nishitani ve ark., 2006; Cadenaro ve ark., 2008). Bu monomerlerin oluşturduğu polimer yapılar aslında hidrofilik olarak adlandırılmasalar bile mutlaka su absorbe ederler. Günümüzde sıklıkla kullanılan polimerlerin su emilimi büyükten küçüğe TEGDMA, bis-GMA ve UDMA şeklindedir. Bu değişiklik TEGDMA'da eter, bis-GMA'da hidroksil grup ve UDMA'da ürean grupları nedeniyle olmaktadır (Yiu ve ark., 2004; Wadgaonkar ve ark., 2006). Su bu yapılar arasındaki porozite ve intermoleküler aralıklar sayesinde içeri sızar. Su emilim miktarı polimerin yoğunluğuna, hidrojen bağlarına ve polar etkileşime bağlıdır (Ferracane, 2006).

### **Kompozit Rezin Yapının İçinde Bulunduğu Ortam**

Polimer yapının içinde bulunduğu ortamın şartlarının özellikle kimyasının bu yapının üzerinde büyük etkisi vardır (Ferracane, 1994; De Maeyer ve Verbeeck, 2001). Tükürük sulu ortamda pek çok kimyasal molekülün bir karışımıdır. Çalışmalarda polimerlerin stabilitesi genellikle su, yapay tükürük, alkol, asidik ve bazik çözücü gibi ortamlarda yaşlandırıldıktan sonra değerlendirilir. Bu kimyasalların her birinin etkisi farklıdır ancak genellikle belli bir dereceye kadar yapının bozulması ve reaksiyona girmeyen komponentlerin ortama salınması gibi çeşitli derecelerde etkiler ortaya çıkar (Ferracane, 1994; De Maeyer ve Verbeeck, 2001).

### **Kompozit Rezinlerde Absorbsiyon**

Yapılan çalışmalarda polimerizasyon derecesi ile su emilimi arasında minimal ilişki olduğu bildirilmektedir (Ferracane, 2006). Bu oran genellikle %1 ile %1.6

arasında bulunmuştur. Başka çalışmalarda su emilimi değerlendirildiğinde günümüzde kullanılan kompozit rezinlerde  $3.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ , rezin modifiye cam iyonomerlerde ise  $6-7 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  olarak belirtilmektedir (Ferracane, 2006) .

Musanje ve ark., (2001) su emilimini 9. ayın sonunda rezin modifiye cam iyonomerlerde %7 olarak bulurken bu oranı kompozitlerde %1.2, kompozitlerde % 0.17 olarak bulmuştur. Etanol/su karışımı çözücülerde emilim yalnızca suyun çözücü olarak kullanıldığı çalışmalardan daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ortengren ve ark., (2001) kompozit ve rezin simanların su emilimi üzerine yaptıkları 6 ay süren bir çalışmada materyallerin doygunluk süresine 7-60 gün içinde ulaştığını bulmuşlardır. Ferracane (2006) ise doldurucu oranı yüksek kompozitlerin daha az su emilimi gösterdiğini ancak doygunluk noktasına ulaşma zamanını neredeyse eşit olarak bulmuşlardır. Kısaca tipik bir kompozit restorasyonunun içinde bulunduğu çözücünün tipine bağlı olarak aşağı yukarı 1 ya da 2 ay içinde doygunluk noktasına ulaştığı söylenebilmektedir. Su emiliminin bağlı olduğu en büyük faktör monomerin kimyasal yapısıdır. Yapılan çalışmalar bis-GMA rezinlerin üretan rezinlerden daha büyük oranda su emilimi yaptığı bulunmuştur (Yiu ve ark., 2004; Wadgaonkar ve ark., 2006). bis-EMA rezinlerde daha az su emilimi olmuştur. Aynı şekilde eğer TEGDMA oranı fazla ise TEGDMA içindeki yüksek hidrofilik eter bağlarından ötürü su emilimi de fazladır (Yiu ve ark., 2004; Wadgaonkar ve ark., 2006).

### **Kompozit Rezinlerin Boyutsal Değişimleri**

Su emilimi kompozit rezinlerde şişmeye neden olabilirler (Kalachandra ve Turner, 1987;1989). Çözücü rezin içine nüfuz ettiği zaman zincirleri ayırarak genişlemeye neden olabilir (Chutinan ve ark., 2004). Ancak polimerlerde zaten iç yapılarında poroziteler ve özellikle çapraz bağlantı bölgelerinde zincirler arasında serbest hacim bölgelerine sahip olduklarından teorik olarak su emilimi olsa dahi hacimde değişiklik olmayabilir (Hermesch ve ark., 2003). Ayrıca su emilimi reaksiyona girmemiş elemanların kaybına neden olabilir ve bu şekilde hacimlerinde bir küçülme dahi gerçekleşebilir (Hermesch ve ark., 2003). Bu nedenle çözücüye bağlı hacim değişikliklerinin sebebi her zaman net olarak ortaya çıkarılamaz.

## **Kompozit Rezinlerin Bükülme Dayanımları**

Kompozit rezinlerin bükülme dayanımının ISO 4049 standartlarına göre en az 50 MPa olması gerekmektedir. Bükülme dayanımı genellikle üç nokta ve dört nokta bükülme testleri ile ölçülürken bir aksiyal bükülme dayanımı da literatürlerde bildirilmiştir (Ferracane ve Mitchem, 1994; Kakuta ve ark., 2002; Ramos Lloret ve ark., 2008).

Kompozit rezinin yüzeyinde olan boşluklar, çatlaklar, düzensizlikler gibi yüzey kusurları, organik ve inorganik fazın homojen olmayan dağılımı kompozitin mekanik özelliklerini etkileyerek kırık oluşmasına neden olabilmektedir (Manhart ve ark., 2002; Hernandez ve ark., 2004; Magne ve Knezevic, 2009; Quinn ve Quinn, 2010; Schultz ve ark., 2010). Genel olarak mikrofil dolduruculu kompozit rezinler hacimsel olarak daha az doldurucu oranına sahip olduklarından, hibrit veya nanofil dolduruculu kompozit rezinlerden daha az kırılma dayanımına sahiptirler (Cook ve ark., 1985; van Dijken, 2000; Baran ve ark., 2001). Mikrohibritlerin ve nanofil dolduruculu kompozitlerin bükülme dayanımı materyal tipine göre değişse de, su ile yapılan yaşlandırma sonrasında aralarında bir fark olmadığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Beun ve ark., 2007; Kotche ve ark., 2009). Kompozit rezinlerde dayanım büyük oranda doldurucunun büyüklüğüne ve morfolojisine bağlıdır (Beun ve ark., 2007; Kotche ve ark., 2009). Doldurucu içeriğinin özellikleri dışında doldurucu-organik matriks etkileşimi, organik matriksin degradasyonu da kompozit rezinin dayanımını büyük oranda etkiler (Adabo ve ark., 2003). Organik matriksin ya da inorganik-organik matriks arayüzünün hidrolitik degradasyonu kompozitin bükülme dayanımını inorganik doldurucudan bağımsız olarak sınırlamaktadır (Adabo ve ark., 2003). Silanlanmış inorganik doldurucuların herhangi bir işlem görmemiş doldurucularla kıyaslandığında bükülme dayanımlarının inorganik-organik faz ara yüz bağlantısını artırdığından dolayı daha iyi olduğu bilinmektedir (Debnath ve ark., 2004). Aynı durum etanol-su karışımı (50/50 veya 75/25) ile hazırlanan çözücüler içinde, yapay tükürük ile yapılan yaşlandırmalar sonrasında da dayanımın daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ferracane 2006). Yapay tükürükte dayanımda meydana gelen azalmanın nedeni doldurucuların koroziv degradasyonuna atfedilmektedir (Ferracane 2006).

## 2.5. Adeziv Sistemler

Güncel adeziv sistemler uygulama tekniği ve etki mekanizmasına göre (Swift, 2002);

- Asidi yıkanan (Etch&rinse) sistemler
- Kendinden asitli (Self-etch) sistemler olmak üzere 2' ye ayrılmaktadır.

**Asidi yıkanan adezivler;** iki basamakta ve üç basamakta uygulanan sistemler olmak üzere temelde 2' ye ayrılırlar (Armstrong ve ark., 2003; Ceballos ve ark., 2003). Asidi yıkanan sistemler ayrı bir asitle pürüzlendirme ve asitin yıkanması aşaması gerektirirler. Bu sistemlerde diş yüzeyine öncelikle asit uygulanarak (çoğunlukla %30-40' lık fosforik asit) smear tabakası kaldırılır ve yüzey koşulları değiştirilir (Armstrong ve ark., 2003; Ceballos ve ark., 2003). Üç aşamalı sistemlerde sırasıyla önce primer ve daha sonra adeziv rezin uygulanmaktadır. İki aşamalı asidi yıkanan adezivlerde ise primer ve adeziv tek bir şişede birleştirilmiş ve klinik uygulamalardaki basamak sayısı azaltılmıştır (Perdigao ve ark., 2003; Featherstone, 2004; Papazian, 2004). Bu sistemlerde demineralize kollajen ağı bağlantıya katıldığı için nemli bağlanma tekniği uygulanarak kollajen ağının tam olarak genişmesi sağlanmalıdır (Perdigao ve ark., 2003; Tay ve Pashley, 2003; Papazian, 2004). Ancak aşırı nemli bir yüzey olmamasına dikkat edilmelidir. Böyle bir durumda monomer içeriğinde seyrelme, polimerizasyon düzeyinde düşme, adeziv tabaka içerisinde su içeren kusurlu bölgelerin oluşması gibi sorunlarla karşılaşılabilir (Perdigao ve ark., 2003; Featherstone, 2004; Papazian, 2004). Bununla birlikte aşırı kurutulan dentin yüzeyinde kollajen ağın çökmesi rezin infiltrasyonunun tam olarak gerçekleşmesini engellemektedir. Bu durum ise korunmasız demineralize kollajenin açıkta kalmasına, zamanla hidrolize yatkın hale gelmesine ve rezin infiltrasyonunun eksikliği nedeniyle postoperatif duyarlılığa neden olabilir (Perdigao ve ark., 2003; Featherstone, 2004; Papazian, 2004).

Karmaşık kavite preparasyonlarında yüzeyel ve derin dentindeki hidrolik basınçlardaki farklılıklarından ya da sklerotik dentinde tübüller kısmen ya da tamamen tıkanmış olabileceğinden kavite duvarlarının eşit ölçüde nemlenmesi olanaksızdır (Van Meerbeek ve ark., 2005; Van Landuyt ve ark., 2008). Buna bağlı olarak aynı diş yüzeyinde aşırı ıslak ya da kurutulmuş alanlar kalabilmekte ve sonuçta bu sistem aşırı teknik hassasiyet gerektiren bir yöntem haline gelmektedir (Van Meerbeek ve ark.,

2005; Van Landuyt ve ark., 2008). Asidi yıkanan sistemlerde asitle pürüzlendirme işlemine bağlı olarak dentin tübüllerini tıkayan smear tıkaçları kaldırıldığı için dentin sıvısının hareketine karşı direncin düşmesi ve dentin geçirgenliğinin artması nedeniyle postoperatif duyarlılık gelişebilir (Browning ve ark., 2007). Ayrıca asidi yıkanan adezivlerde fosforik asit için önerilen 15 saniye pürüzlendirme süresi aşıldığında, rezinin demineralize dentin boyunca kollajen ağa tamamen penetre olamaması nedeniyle, rezin-dentin bağlantısının zayıfladığı da bildirilmiştir (Guzman-Armstrong ve ark., 2003; Burrow ve ark., 2005; Di Hipolito ve ark., 2005; Frankenberger ve Tay, 2005; Fukegawa ve ark., 2006; Yesilyurt ve Bulucu, 2006; Browning ve ark., 2007; Perry, 2007; Erickson ve ark., 2009). Asidi yıkanan adeziv sistemlerde karşılaşılan klinik uygulamalardaki güçlük, uygulamanın fazla zaman gerektirmesi ve postoperatif duyarlılık gibi sorunlar nedeniyle kendinden asitli adeziv sistemler geliştirilmiştir (Guzman-Armstrong ve ark., 2003; Burrow ve ark., 2005; Di Hipolito ve ark., 2005; Frankenberger ve Tay, 2005; Fukegawa ve ark., 2006; Browning ve ark., 2007).

**Kendinden asitli adezivler;** tek basamakta ve iki basamakta uygulanan sistemler olmak üzere temelde 2'ye ayrılırlar (Frankenberger ve ark., 2001; Frankenberger ve ark., 2005b; Frankenberger ve Tay, 2005; Furukawa ve ark., 2008). İki basamakta uygulanan adezivler 2 şişe halinde hekimlerin kullanımına sunulmuştur. Bu sistemlerde öncelikle asidik primer içeren hidrofilik solüsyon yüzeye uygulanır ve böylece asitle pürüzlendirme ve yüzey koşullarının değiştirilmesi işlemleri aynı anda gerçekleştirilmiş olur. Daha sonra bağlanma için hazırlanan yüzeye hidrofobik adeziv rezin uygulanır. Uygulama öncesi iki ayrı solüsyonun karıştırılmasını gerektirenler ve karıştırma işlemi gerektirmeyen tek basamaklı sistemler ('All-in-One' adezivler) adeziv sistemlerdeki daha güncel yaklaşımlardır (Frankenberger ve ark., 2001; Frankenberger ve ark., 2005b; Frankenberger ve Tay, 2005; Furukawa ve ark., 2008). Bu adezivlerde tek bir uygulama ile bağlanma yüzeyinin pürüzlendirilmesi (etching), bağlanmaya hazırlanması (priming) ve bağlanma işlemi (bonding) sağlanmış olur. Bu adezivler yüksek konsantrasyonlarda iyonik ve hidrofilik monomerler içerdikleri için son derece hidrofilik sistemlerdir (Perdigao ve ark., 2003; Tay ve Pashley, 2003; Papazian, 2004; van Dijken ve ark., 2007).

## 2.6. Post Simantasyonunda Kullanılan Simanlar

Post-kor restorasyonlarında simantasyon, diş ve post arasındaki tutuculuk, stres dağılımı ve sızıntının önlenmesinde en önemli faktördür (Turner, 1981).

Post simantasyonunda kullanılan simanlarda istenilen özellikler:

- Düşük viskozite ve film kalınlığı,
- Uzun çalışma zamanı,
- Ağız ısısında çabuk sertleşme,
- Su ve asit ataklarına karşı direnç,
- Plastik deformasyon direnci,
- Diş ve restorasyona bağlanabilme özelliği (adezyon),
- Çürük önleyici özellik,
- Pulpa ve diş çevre dokuları ile biyouyumluluk,
- Translusensi,
- Radyoopasite,
- Pseudoplastisite,
- Isısal ve galvanik izolasyon sağlayabilme özelliğidir (McCabe ve Walls, 1998 ; Craig ve ark., 2004; Zaimoğlu ve Can, 2004).

Simantasyon sırasında kanalda, hidrostatik basınca bağlı olarak stres miktarında bir artış meydana gelmektedir. Bu stres artışı, postun tam olarak yerleşmesine kadar artmakta hatta bazen dişte kırık ve çatlaklara yol açmaktadır (Peters ve ark., 1983; Fernandes ve Dessai, 2001). Bu stres artışı postun uygun yerleştirilmesi ve özellikle post üzerine açılan *vent* adı verilen siman kaçış yolu ile engellenebilir. Özellikle konik postlar şekilleri itibariyle siman kaçışına olanak vermektedirler. Basınç oluşumu simanın akıcılığına da bağlıdır; daha visköz bir siman daha fazla basınç oluşumuna neden olur. Bu nedenle kullanılan simanlar uygun bir akıcılığa sahip olmalıdır (Rosenstiel ve ark., 1998).

Çinko fosfat, çinko polikarboksilat, cam iyonomer ve rezin simanlar post yapıştırmak için sıklıkla kullanılan simanlardır (Zaimoğlu ve Can, 2004).

### 2.6.1 Çinko Fosfat Siman

İçeriği:

Toz: %90 çinko oksit, %2-10 magnezyum oksit

Likit: %45-60 fosforik asit, %38,5 su içerir.

Basma dayanıklılığı 80-110 MPa ve çekme dayanıklılığı 5-7 MPa'dır. Elastisite modülü 13 GPa'dır (Shillingburg ve ark., 1997; O'Brien, 2002).

1879 yılında Pierce tarafından geliştirilen çinko fosfat siman 1900 yılında Evans tarafından post yapıştırılması için önerilmiştir (Haddix ve ark., 1990).

Bu simanın en önemli dezavantajı ağız sıvılarında çözünmesi ve adeziv özelliğinin olmamasıdır. Post ve dentindeki düzensizliklere mekanik kilitlenme yolu ile bağlanır. Çinko fosfat simanlar; prefabrike veya döküm post, metal inley, onley, konvansiyonel sabit kron, köprü restorasyonları ile aluminöz veya zirkonyum esaslı tam seramik kronların simantasyonunda kullanılır (Stockton, 1999).

### 2.6.2 Polikarboksilat Siman

İçeriği:

Toz: %90 çinko oksit, %10 magnezyum oksit

Likit: Poliakrilik asit solüsyonu içerir.

Polikarboksilat simanların, çinko fosfat simanlara göre basma dayanıklılıkları (55-85 MPa) daha düşüktür. Ancak çekme dayanıklılıkları (8-12 MPa) daha yüksektir. (Shillingburg ve ark., 1997; O'Brien, 2002).

Diş yüzeyine, serbest karboksilik asit gruplarının kalsiyumla etkileşmesi yolu ile iyi bir kimyasal adezyonla bağlanır. Dentine bağlanma dayanıklılığı 2.1 MPa'dır. Adeziv bir simanın mikrosızıntı ihtimalinin daha düşük olması hipotezine rağmen yapılan çalışmalarda çinkofosfat siman ile eşdeğer sızıntı değeri göstermiştir (Zaimoğlu ve Can, 2004).

### 2.6.3 Cam İyonomer Siman

İçeriği:

Toz: Kalsiyum florür sodyum alimosilikat cam

Likit: Poliakrilik asit veya akrilik asit/itakonik asit kopolimer içerir.

Cam iyonomer simanın diş bağlanması, yapısındaki karboksilik asit grubunun, dişin yapısındaki kalsiyum ile reaksiyona girmesi ile oluşmaktadır. Dentine bağlanma dayanıklılığı 3-5 MPa'dır (McCabe ve Walls, 1998).

Cam iyonomer yapıştırma simanlarının; kolay karıştırılma, restorasyonun yerine kolay yerleştirilmesini sağlayan uygun akıcılığı, dişin sert dokularına direkt bağlanması, translüsent olmaları, kariostatik özellikleri ve pahalı olmaması klinik kullanım yaygınlığının önemli nedenleridir (Christensen, 1994). Ancak tüm bu özelliklerine rağmen ideal yapıştırma simanı olarak kabul edilmezler. Çünkü kimyasal reaksiyon 2 hafta kadar daha devam etmektedir bu arada nem ataklarına karşı oldukça hassas olması, çinko fosfat ve polikarboksilat simanlardan daha çözünür olması, asit/baz reaksiyonunu takiben erken düşük mekanik direnci gibi dezavantajları vardır. Çinkofosfat ve polikarboksilat simana göre daha yüksek basma dayanıklılığına sahipken çiğneme kuvvetinin yüksek olduğu bölgelerde elastik deformasyon potansiyeli vardır (Dayangaç, 2000; O'Brien, 2002). Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini iyileştirmek için geliştirilen rezin modifiye cam iyonomer simanların bazı avantajları olsa da simanın genişlemesine bağlı kök kırıkları oluşturma potansiyeli olduğundan post simantasyonunda kullanımları tavsiye edilmez (Shillingburg ve ark., 1997; O'Brien, 2002).

#### 2.6.4 Rezin Siman

İnorganik taneciklerin, yumuşak dimetakrilat polimerine bağlandığı sert yapıdaki karışımlardır. Bu maddeler doldurucu faza bağlı olarak, doldurucusuz rezinlerden daha iyi mekanik özelliklere sahiptir (O'Brien, 2002; Blatz ve ark., 2003). Günümüzde dişhekimliğinde çeşitli tipleri, çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Kompozit rezinlerin yapısında üç ayrı faz vardır. Bunlar:

- Organik faz (*continious phase*)
- İnorganik faz (*dispersed phase*)
- Ara faz (*silane cuopling agent*)

Organik polimer matriks faz, bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bisglisidil metakrilattır (bis-GMA). Son yıllarda ise, iyi adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA) polimer matriks olarak kullanılmaktadır. Hem Bis-GMA hem de UDMA oligomerleri aşırı derecede visközür. Bu nedenle viskoziteyi azaltmak için trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) matrikse ilave edilir (Dayangaç, 2000; O'Brien, 2002).

İnorganik faz ise matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuvars, borosilikat cam, stronsiyum, baryum, çinko ve itriyum cam, baryum alüminyum



silikat gibi inorganik doldurucu taneciklerden oluşur. Stronsiyum, baryum, çinko ve itriyum rezine radyoopasite sağlar. Silika tanecikleri karışımın mekanik niteliklerini güçlendirir, ışığı geçirir ve yayar. Saf silika, kristalin (kristobalit, trimidit ve kuartz) ve kristalin olmayan silika cam formlarında bulunur. Kristalin formları serttir ancak kompozit rezinin bitirme ve polisaj işlemini güçleştirir. Bu nedenle kompozit rezinler günümüzde silikanın kristalin olmayan formu kullanılarak üretilir (Dayangaç, 2000; O'Brien, 2002).

Ara faz organik silisyum bileşiği olan silanlardan oluşur. Modern kompozit rezinlerde silika taneciklerinin yüzeyi silan bağlama ajanları ile önceden kaplanmıştır. Silika tanecikleri yüzeyinde tek moleküllü ve çift fonksiyonlu çok ince bir katman oluşturulmuştur. Bu katmandaki moleküllerin bir ucu silika taneciklerinin yüzeyinde var olan hidroksil gruplarıyla, diğer ucu organik matriksteki polimer ile bağlanır. Silan bağlama ajanları rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirir. Ayrıca rezin-tanecik ara yüzü boyunca suyun geçişini önler, hidrolitik dengeyi sağlar, rezinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır (Dayangaç, 2000; O'Brien, 2002).

Dişhekimliğinde kullanılan rezinler polimerlerdir ve polimerler küçük moleküllü monomerlerin oluşturduğu çok daha büyük bir molekül olarak tarif edilebilir. Dental polimerler kullanılan rezin tipine, içine katılan dolduruculara ve sertleşme mekanizmasına göre farklılıklar gösterirler. Resinlerin polimerizasyonu esnasında kaçınılmaz olarak bir büzülme gözlenir. Bu büzülme azaltmak için resinlerin içerisine farklı inorganik doldurucular ve bir ön polimerizasyon işlemine tabi tutulup sonra toz haline getirilen polimer tozları ilave edilir (Philiphs, 1991).

Bu simanlar yüksek dayanım, ağız ortamında düşük çözünürlük, renk uyumundaki üstünlük gibi özelliklerinden dolayı, inley, onley, lamina ve kron-köprü uygulamaları gibi tam seramik sabit protetik restorasyonlar ile indirekt rezin kompozit restorasyonların ve postların simantasyonunda tercih edilirler. Resin siman, dişe, metal, seramik ve fiberle güçlendirilmiş kompozit postlara çok iyi bağlanmaktadır (Monticelli ve ark., 2008). Basma dayanıklılıkları 100 ile 200 MPa arasındadır. Çekme dayanıklılıkları 20 - 50 MPa arasındadır. Bu değerler geleneksel simanlardan oldukça yüksektir. Başarıları çok aşamalı işlemler gerektirmelerinden dolayı kullanım tekniğine doğrudan bağlıdır (Diaz-Arnold ve ark., 1999).

Polimerizasyon mekanizmalarına göre rezin simanlar üç grup altında toplanabilirler.

- Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar
- Işıklı polimerize olan rezin simanlar
- Hem ışıkla hem de kimyasal olarak (dual) polimerize olan rezin simanlar (Craig ve ark., 2004).

### **Kimyasal Olarak Polimerize Olan Rezin Simanlar**

Kimyasal yolla polimerize olan simanlar baz ve katalizör olmak üzere çift pat sisteminde üretilirler. Patlardan her biri hacimsel olarak yarı yarıya organik monomer ve doldurucu içerir. Katalizörde organik amin, baz olanında benzol peroksit bulunur. Bu materyallerin içerdiği tersiyer aromatik aminlerin ağızda kimyasal değişikliğe uğraması ile amin renklenmesi görüldüğünden renk stabilitesi iyi değildir. Kimyasal sertleşen simanlar, renk stabilitesinin iyi olmamasının ötesinde sınırlı çalışma zamanı ve karıştırmaya bağlı porozite gibi dezavantajlara sahiptirler. Ancak bu dezavantajlara rağmen post sistemlerinin ve kronların yapıştırılmasında sıklıkla kullanılırlar (Rosenstiel ve ark., 1998; Craig ve Powers, 2002; O'Brien, 2002; Zaimoğlu ve Can, 2004).

### **Işıklı Polimerize Olan Rezin Simanlar**

Işıklı polimerize olan rezinler, tek pat sisteminde üretilmiş olup, polimerizasyonları ışık kaynakları ile başlatıldığı için 'light-cured' olarak da adlandırılırlar.

Monomerler direkt olarak halojen, plazma ark, lazer veya LED (Light Emitting Diod) ışık kaynakları ile aktive edilerek polimerize olabilirler. Bu reaksiyonda, ışığa duyarlı reaksiyon başlatıcı kamforokinon veya luserin gibi reaksiyon başlatıcıların yapısının bozulup serbest radikaller oluşması prensibiyle polimerizasyon reaksiyonu başlar (Özel ve Soyman, 2003).

Işıklı polimerize olan rezin simanların; farklı kıvam ve renk seçenekleri sunması, uzun çalışma süresi ve renk stabilitesinin iyi olması nedeniyle özellikle tam seramik restorasyonların simantasyonunda büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Bu materyallerin dezavantajı restorasyonun kalınlığının fazla olduğu durumlarda

polimerizasyon derinliğinin yetersiz olmasıdır (O'Brien, 2002). Simana ulaşan ışık gücünde herhangi bir değişim, simanın bütün fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir (El-Badrawy ve El-Mowafy, 1995). Işık ile polimerizasyon; ışık kaynağının türü, ışık yoğunluğu ve ışık kaynağının kompozit rezin materyale uzaklığı gibi birden fazla faktöre bağlıdır (Chan ve Boyer, 1989).

### **Hem Işıkla Hem de Kimyasal Olarak (Dual) Polimerize Olan Rezin Simanlar**

Işıkla polimerize olan yapıştırma simanlarında, restorasyonun altında tam polimerizasyon sağlanamama olasılığı nedeniyle geliştirilmiş olan yapıştırma simanlarıdır. Baz ve katalizör olmak üzere iki pattan oluşurlar. Baz yapının içerisinde ışıkla sertleşme reaksiyonunu başlatan kamforokinon, katalizörün içerisinde ise amin/peroksit vardır. Baz tek başına ışıkla sertleştirilerek kullanılabilmesi gibi katalizör ile karıştırılarak da kullanılabilir. Işık derinliğinin yada geçirgenliğinin yetersiz olduğu durumlarda, tam polimerize olamayan yapının kimyasal olarak polimerizasyonunun tamamlanmasına olanak tanır ve bunun için geçen süre yaklaşık 24 saattir. Hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan rezin simanların çoğu sertleşme reaksiyonu için hala büyük ölçüde ışığa bağımlıdır ve ışık kullanılmadığı durumlarda mekanik özelliklerinde düşme gözlenir (Blatz ve ark., 2003).

Post-kor restorasyonların simantasyonunda kullanılacak simana karar verirken kullanılan postun ışık geçirme kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Işık geçişine izin vermeyen postların simantasyonunda ışıkla polimerize olan rezin simanların yerine kimyasal polimerize olabilen rezin simanlar ya da geleneksel simanlar tercih edilmelidir. Işık geçişine izin veren postların (transludent) simantasyonunda ise ışıkla yada dual polimerize olabilen rezin simanlar tercih edilebilir (Boschian ve ark., 2002).

Özellikle kısa postlar ve retansiyonun zor sağlanacağı durumlarda, post yapıştırılmasında tercih edilecek ilk seçenek rezin simanlar olmalıdır. Bu tip adezivlerle vidalı postların pasif olarak yerleştirilmesi de mümkündür. Ancak kompozit rezinler ve adeziv bonding sistemler çok hassas teknikler kullanılarak yerleştirilmektedir. Uygulama tekniği sırasında yapılacak bir hata, tüm restorasyonun başarısızlığı ile sonuçlanabilmektedir (Ingle ve Bakland, 1994).

Zayıf ve kırılğan bir siman endodontik tedavili dişin kırılma direncini etkileyecektir. Normal oklüzal kuvvetler, kron ve postta mikro hareketlere neden olur. Bu mikro hareketlerin koronal bölgede kırılğan siman tabakasında bir ayrılmaya neden olabileceği, özellikle apikal bölgede bu nedenle stres yoğunlaşması olabileceği ve kaldıraç kolunun uzaması nedeniyle kök kırıkları görülebileceği bildirilmiştir (Cohen ve ark., 1996). Rezin simanlar çok yüksek basma (180-265 MPa) ve çekme dayanımına (34-37 MPa) sahiptirler ve yüksek bağlantı dayanımı gereken durumlarda ihtiyacı karşılayacak şekilde, dentinle güçlü bir mikro mekanik bağlantı (18-30 MPa) oluştururlar (Stockton, 1999).

Endodontik tedavili dişlerde fiber postların rezin simanlarla birlikte kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Dentin, rezin siman ve fiber postun elastisite modüllerinin birbirine yakın oluşu bir bütünlük oluşturur ve restorasyonun başarısının diğer sistemlerden yüksek olmasını sağlar. Fiber postlarda en sık karşılaşılan başarısızlık tipi postun yerinden çıkmasıdır. Yapılan çalışmalarda kök kanalına yapışmanın simantasyon öncesi uygulanan endodontik işlemler, intraradiküler dentindeki çeşitlilik, rezin simanın dentin adezivlerle uyumluluğu ve siman film kalınlığı gibi faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir. Fiber postlarla elde edilen başarı rezin simanlarla birlikte kullanımına bağlıdır (Torbjorner ve Fransson, 2004).

Kompozit sistemlerin polimerizasyonları süresince oluşan polimerizasyon büzülmesi ve çekme (kontraksiyon) gerilimleri ilk olarak geliştirildikleri 1970 yılından beri en önemli problem olarak literatürde belirtilmiştir. Materyal içerikleri ve uygulanan polimerizasyon yönteminin polimerizasyon büzülmesini etkilediği ve düşük dolduruculu rezin simanların yüksek doldurucu içerenlerden daha fazla hacimsel büzülme gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca ışıkla polimerizasyon yöntemine göre kimyasal polimerizasyon yöntemiyle daha yavaş dönüşüm sağlandığı için ve daha akışkan olduğu için polimerizasyon büzülmesine uğrayan bölgelere siman akarak durumu kompanse edebileceği rapor edilmiştir. Polimerizasyon büzülmesinde önemli olan diğer bir faktörün de rezin simanın kalınlığı ve kavitenin geometrik yapısı (C faktör) olduğu belirtilmiştir. Feilzer ve arkadaşları (1993) tarafından C faktör, restorasyonun bağlandığı yüzeylerin serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanmıştır. Kök kanalının çok derin ve tek yüzlü olması C faktörünün ve dolayısıyla çekme gerilimlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Fiber postlarda yüzeyde herhangi bir işleme ihtiyaç duyulmazken, zirkonyum postlarda yüzeyde mikro retantif bölgeler hazırlamak gereklidir (Oblak ve ark., 2004). İn-vitro çalışmalarda, zirkonyum postun rezinle bağlantısının yorgunluk kuvvetleri altında yeterli olmadığı ve ani stresler karşısında çok kolay kırılabileceği belirtilmiştir (Dietschi ve ark., 1997).

Rezin simanların kullanımı diğer geleneksel simanların kullanımına göre teknik hassasiyet gerektirir. Bu teknik hassasiyet ile ilgili aynı işlemi uygulayan farklı kişilerin yapıştırma işlemi sonucunda elde edilen farklı sonuçları rapor eden çalışmalar mevcuttur (Drummond ve ark., 1999).

## **2.7. Ağız Boşluğunun Kimyasal ve Mekanik Yapısı**

Kompozitlerin ağız içindeki bozulmaları tükürük yapısındaki enzimatik hidrolizis, ısı değişimleri, mineralizasyon demineralizasyon süreçleri, pH değişimleri, oksidasyon, tükürük tipi nedeniyle olabilir (Duke ve Lindemuth, 1990; Geurtsen ve Leyhausen, 2001; Groger ve ark., 2006; Gregson ve ark., 2008; Kotche ve ark., 2009). Ağız içine yerleştirilen materyaller ağız içinde su veya başka kimyasalları absorbe edebildikleri gibi materyalden ağız ortamına bazı yapılar salınabilir (Geurtsen ve Leyhausen, 2001). Yiyecekler ile alınan asidik, bazik, tuzlu, alkollü yiyecek ve içeceklerle de restorasyon materyalleri çeşitli kimyasallarla etkileşim içine girmektedir. Kompozitlerin çeşitli kimyasallar içinde gösterdikleri davranış özellikleri ise polimerin hidrofilikliği, polimerizasyon esnasında oluşan ağ yapısının kalitesi, polimer içindeki doldurucu miktarı ve çeşidine bağlıdır (Geurtsen ve Leyhausen, 2001). Ağız içi yapısının bu karmaşıklığı in vitro koşullarda tamamen taklit edilememektedir. Su, yapay tükürük, alkol, asidik veya bazik çözücüler gibi çeşitli ortamların polimer yapının özelliklerine etkisi literatürde incelenmiştir (Lee ve ark., 1996; Ravindranath ve ark., 2007; Zhang ve Xu, 2008; Drummond ve ark., 2009). Polimerin bulunduğu ortamdaki sıvı emilimi hidrolitik bozulma, ve polimerin renklenmesi, mikrosızıntı açısından önemlidir. Restorasyonun kullanımını olumsuz etkileyebilecek bu durumda polimer yapının şişmesi gibi hacimsel, yapının plastisizasyonu ve yumuşaması gibi fiziksel, oksidasyon ve hidrolizis gibi kimyasal değişimlere uğramasına neden olabilir (Lee ve ark., 1996; Yap ve ark., 2002; Martin ve ark., 2003; Drummond ve ark., 2004; Ravindranath ve ark., 2007; Zhang ve Xu, 2008; Drummond ve ark., 2009). Ayrıca

biyoyumluluğunu olumsuz etkileyebilir (Lee ve ark., 1996; Ravindranath ve ark., 2007; Zhang ve Xu, 2008; Drummond ve ark., 2009).

Ağız içinde oluşan başarısızlıklar genellikle materyalin düşük kuvvetlere sürekli maruz kalması ile oluşan yorulma stresleri sonrasında gerçekleşmektedir (Heintze, 2006). Normal oklüzal kuvvetler 5 ile 20 Mpa arasında değiştiği düşünülmektedir. Parafonksiyonel alışkanlıklar ile bazen oklüzal kuvvetler 100 MPa veya daha fazla olabilir (Heintze, 2006). Çiğneme döngüsünün tekrarlayan yapısı nedeniyle restorasyonda ve doğal dişlerde aşınma, çatlak oluşma, restorasyonun kayıplarına kadar varabilen değişimler olabilmektedir (Heintze 2006).

## **2.8. Mikrosızıntı ve Mikrosızıntı Belirleme Yöntemleri**

Mikrosızıntı, bakterilerin, sıvıların, molekül ve iyonların, kavite duvarı ile kavite duvarına uygulanan restoratif materyal arasından geçişidir (Kidd, 1976).

Kole bölgesindeki mikrosızıntı, endodontik tedavilerin en önemli başarısızlık nedenidir. Torabinejad ve ark., (1990) lateral kondenzasyon metodu uygulayarak, guta perka ve sealer ile doldurulmuş ve 19-42 gün boyunca bakteriye maruz bırakılmış dişlerin kanallarının kontamine olduğunu göstermişlerdir. Endodontik tedavi görmüş dişlerde uygun restorasyon yapılmadığında koronal mikrosızıntı meydana geldiği kanıtlanmıştır (Khayat ve ark., 1993).

### **2.8.1. Boyama Yöntemi**

En çok kullanılan yöntemlerden biridir (Taylor ve Lynch, 1992; Raskin ve ark., 2001; Heintze, 2007). Daha önceleri organik boyalar kullanılırken, floresan boya geliştirilmesi ile tekniğin kullanımı da artmıştır. Bu boya dezavantajı, laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda klinikte olduğundan daha az kenar sızıntısı göstermeleridir (Taylor ve Lynch, 1992; Raskin ve ark., 2001; Heintze, 2007). Bu yöntemde, kenar sızıntısı tespiti yapılacak örneğin sızıntı olması istenilen kısmı hariç diğer bölümleri izolatör bir madde ile kaplanarak boya solüsyonu içerisine bırakılır, istenilen zaman periyotlarında, boya solüsyonlarından çıkarılan örnekler, kesit alınmak suretiyle ışık mikroskobu altında değerlendirilir (Taylor ve Lynch 1992). Bu yöntemle kullanılan boya maddeleri ve oranları genel olarak şunlardır: %0.2-%2 Metilen mavisi, %20 Floresan, %37 Fosforikasit, %0.1 Akridin orange, %0.25 Toluidin mavisi, %2 Eritrosin, %0.5-%2 Bazik fuksin, %0.05 Kristal violet, %2 Anilin mavisi (Grobler ve ark., 1999).

### **2.8.2. Bakteri Yöntemi**

Bakteri penetrasyonu 1929 yılında, mikosızıntı, çürük yapısı ve tekrarlayan çürükler arasında ilişki kurularak bildirilmiştir. Bu teknik, klinik durumlara uyumludur, fakat kantitatif olmaktan çok, kalitatif veriler sunmaktadır. Ancak, 2 µm veya daha büyük boşluklardan bakterilerin sızması mümkün olabildiğinden, daha küçük olan boşluklar toksinlerin ve diğer bakteriyel ürünlerin sızmasına imkan vermesine rağmen, bakterilerin geçişi mümkün olmayacaktır (Kidd, 1976; Browne ve Tobias, 1986; Deveaux ve ark., 1999; Raskin ve ark., 2001).

### **2.8.3. Hava Basıncı Yöntemi**

İkinci sınıf amalgam restorasyonlarda, hava basıncı kullanılmak suretiyle, kenar uyumunun bozulmasıyla, hava kabarcıklarının ortaya çıkması şeklinde sunulmuştur. Suya batırılan örneğin kenarından salınan hava kabarcıklarının, mikroskopik olarak incelenmesi, kenar uyumunun subjektif durumunu ortaya çıkarmaktadır. Bu yöntem, kantitatif sonuçlar vermektedir. Ancak, ayrıntılı cihazların gerekliliği, çalışmanın zor ve zaman alıcı olması ve klinik çalışmalar için uygun olmaması nedeniyle eleştirilmektedir (Kidd, 1976).

### **2.8.4. SEM Yöntemi**

Bu yöntemle, iki yüzey arasında oluşan bağlantıda, yüzeyler arasında bulunan mesafeyi ölçmek mümkündür. Bu yöntemin dezavantajı, kesit alınarak oluşturulan yüzeylerde kesit alma esnasında yaratılabilecek bozuklukların yanılığa yol açabilmesidir (Kidd, 1976; Alani ve Toh, 1997; Raskin ve ark., 2001).

### **2.8.5. Elektrokimyasal Yöntem**

Bu yöntemde ise, çekilmiş bir dişin kök bölümünün içine restorasyonun tabanı ile temas edecek şekilde bir elektrot yerleştirilir. Diş, elektrik sızıntısını engelleyecek şekilde izole edilir. Daha sonra elektrolit solusyonuna daldırılır ve elektrik akımı uygulanır. Sızıntı sonucu meydana gelen akım değişimi, özel cihazlar yardımıyla ölçülür. Bu teknik, metalik yapılar için uygun değildir (Kidd, 1976; Alani ve Toh, 1997; Raskin ve ark., 2001).

### 2.8.6 Kimyasal Ajanların Kullanımı

Radyoaktif olmayan kimyasal ajanlar, sızıntı çalışmalarında 1953 yılından beri kullanılmaktadır. Bu yöntemde, çoğunlukla iki renksiz bileşik kullanılarak bunların reaksiyona girmeleri ile opak bir görüntü elde edilmektedir. Her iki kimyasal ajanın da penetre olabilme yeteneğine sahip olmaları gerekir. Fotografik tekniklerde, gümüş tuzları en çok tercih edilen işaretleyicilerdir. Bunlardan %50'lik gümüş-nitrat tuzları sıklıkla kullanılmaktadır (Kidd, 1976; Alani ve Toh, 1997; Raskin ve ark., 2001).

### 2.8.7. Nötron Aktivasyon Yöntemi

İn vivo olarak manganez gibi kimyasal işaretleyicinin restorasyonun kenarlarından sızması sağlanmakta ve daha sonra diş çekilmek suretiyle bir nükleer reaktör çekirdeğine yerleştirilip nötron enerjisiyle bombardıman edilmektedir. Ancak bu teknikte, sızıntının restorasyonun hangi kısmında olduğu tespit edilememektedir (Kidd, 1976).

### 2.8.8. Sıvı İnfiltrasyon Yöntemi

Kantitatif olarak ölçüm olanağı sağlayan bir tekniktir. Sürekli sabit basınç altında sıvı akışının hareketi değerlendirilir. Apikal sızıntı çalışmaları için modifiye edilmiş olan bu model ile örneklerin zarar görmemesi, tekrarlanabilir ölçümler yapılabilmesi, kantitatif sonuçların elde edilmesi, pozitif basınç kullanıldığı için hapsolmuş hava veya sıvının neden olabileceği problemlerin elimine edilebilmesi gibi avantajlar elde edilmektedir (Pashley ve ark., 1992; Prati ve ark., 1992; Cobankara ve ark., 2002; Camps ve Pashley, 2003).

### 2.8.9. Radyoaktif İzotop Yöntemi

İzotopların çok derinlere penetre olabilmeleri sayesinde, kenar sızıntısı miktarı çok kısa bir süre içerisinde, doğru ve kantitatif verilerle saptanabilir. Diş hekimliği araştırmalarında kullanılan bazı radyoaktif elemanlar,  $Ca^{45}$ ,  $P^{32}$ ,  $Na^{24}$ ,  $F^{18}$ ,  $I^{131}$ ,  $Ga^{67}$ ,  $S^{35}$  -dür. Radyoaktif izotopların ölçülmesi üç yöntemle sağlanır:

- İyonizasyon yöntemi
- Otoradyografik yöntem
- Geri dönüşümlü radyoaktif emilim yöntemi



Özel cihaz ve bilgi gerektirmesi, insan sağlığı yönünden olumsuz etkilerinin bulunması ve pahalı olması bu yöntemin dezavantajlarıdır. Restorasyon içerisinde meydana gelebilecek herhangi bir boşluk veya diş dokusunun radyoaktif maddeyi emmesi gibi nedenlerden dolayı yöntem tam olarak güvenilir değildir (Crisp ve Wilson, 1980; Powis ve ark., 1988; Alani ve Toh, 1997; Haikel ve ark., 2000; Demirel ve ark., 2007). Kenar sızıntısının belirlenebilmesi için çok fazla seçenek olması, araştırmacılar arasında bir standardizasyon sağlanmasını zorlaştırmaktadır.

Nükleer tıp teknolojilerinin gelişmesi ile tıpta diagnostik amaçlı kullanılan farklı özellikteki radyoaktif izotoplar diş hekimliği mikrosızıntı deneylerinde de kullanılmaktadır (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006). Nükleer tıpta görüntüleme işlemi, radyofarmasotiğin hastaya uygulanmasını müteakip salınan ışınların etkin bir dedeksiyon sistemi tarafından algılanması prensibine dayanmaktadır. Bu amaçla, bilgisayarlı tek foton emisyon (SPECT) ve pozitron emisyon tomografileri (PET) kullanılmaktadır (Henkin, 2006). Dünyada halen yaklaşık 17000 gama kamera kullanılmaktadır. SPECT izotoplarının dünyadaki kullanımında büyük pay talyum-201'dedir ve payı yaklaşık % 20' dir.

Tl-201 bir potasyum analogudur ve biyolojik özellikleri potasyuma benzer. İntravenöz olarak verildiğinde K<sup>+</sup> gibi aktif olarak Na-K ATP'az transport sistemi ile kısmen de kolaylaştırılmış difüzyon ile hücre membranını geçerek hücre içerisine girer (Henkin, 2006). Yarı ömürleri 73 saattir Talyum-201 klorid solüsyonun izotonik olması nedeniyle emilen dokuları harap etmemesi, yarı ömrünün yeterli olması, görüntüleme işleminin ileri teknoloji ürünü cihazlarla yapılması gibi avantajları nedeniyle diş hekimliğinde mikrosızıntı deneylerinde kullanılmaya başlanmıştır (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006). Ancak Talyum-201 ile yapılan mikrosızıntı çalışmasının en büyük dezavantajı mikrosızıntının izlediği yolu takip edilememesidir.

Talyum izotopu ile ilk mikrosızıntı çalışması Sarac ve ark., (2004) tarafından yapılmıştır. Talyum-201 izotopunun 40 nm olan büyüklüğünden dolayı ortalama boyutu 120 nm olan boya partiküllerinin penetrasyonundan daha iyi sonuçlar elde edilebileceği aynı zamanda yüksek teknoloji ürünü dedektörlerin kullanımı ile mikrosızıntının sayısal değerlerle beraber görüntülerinin elde edildiğini bildirmişlerdir (Sarac ve ark., 2004; Sarac ve ark., 2006).

Talyum 201 izotopunun kullanıldığı, akrilik rezinler ve silikon esaslı yumuşak astar maddeleri arasındaki mikrosızıntı ve yapışma dayanımının incelendiği bir başka çalışmada da gama kamera kullanılarak talyum-201 izotopunun görüntülenmesi ile elde edilen mikrosızıntı değerlerinin kantitatif olması en büyük avantajı olarak bildirilmiştir (Sarac ve ark., 2006).

## **2.9. Post -kor Restorasyonlarında Kırılma Dayanımının Değerlendirilmesi**

Post uygulanmış dişler basma kuvvetlerine maruz kaldıklarında kırılma eğilimi gösterirler. Post kor sistemini In vitro koşullarda kırılma testleriyle postlardaki başarısızlıklar değerlendirilmektedir. Basma testleri sonucunda araştırmacılar kırılma dayanımı değerlerinin yanı sıra başarısızlık tiplerini de incelemişler ve sınıflamışlardır (Sirimai ve ark., 1999). Sirimai ve ark (1999) tarafından post korlara uygulanan kırılma dayanımı testi sonucunda sistemlerde oluşan başarısızlıklar 6 farklı grupta incelenmiştir. Bunlar kökün vertikal bukkal kırıkları, kökün vertikal lingual kırıkları, apeks 1/3 kırıkları, servikal ve ferrule kırıkları, post kırığı ve post'un ayrılması olarak sınıflamışlardır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

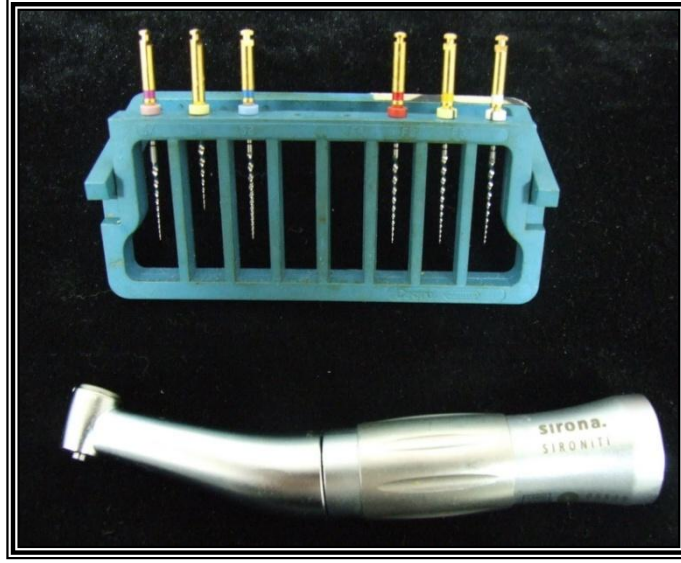
Kuvars fiber ile desteklenmiş post üzerinde şekillendirilmiş beş farklı kompozit kor materyalinin, çift akslı çiğneme simülatörü ile termomekanik yaşlandırma işleminin ardından, diş ve kompozit kor materyali arasındaki mikrosızıntıya ve restore edilen dişin kırılma dayanımına etkisini inceleyen bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarı, Albert-Ludwig Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarı ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi.

#### 3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu in vitro çalışmada, periodontal veya ortodontik nedenlerle çekilen, tek kanallı küçük azı dişleri kullanıldı. Toplam 150 adet diş, üzerlerindeki doku artıkları temizlendikten sonra oda sıcaklığında % 0.9'luk NaCl (sodyum klorür) solüsyonu içerisinde ağızı kapalı plastik kaplar içerisinde bekletildi.

#### 3.2. Kök-Kanal Preparasyonu

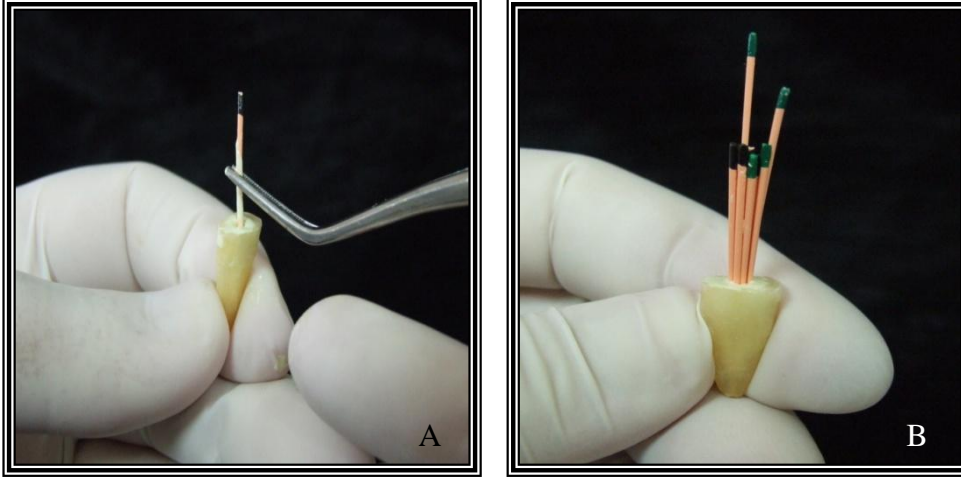
Dişlerin anatomik kronları köklerinden mine sement birleşiminin 2 mm koronalinden elmas separe (Komet, Cebr Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo, Germany) kullanılarak su soğutması altında kesildi ve kök kısımlarının pulpa dokusu kanal içinden tirnerf (Vereinigte Dentalwerke GmbH&Co.KG, Germany) ile çıkarıldı. Kök kanallarının genişletilmesinde nikel-titanyum döner aletler (SironaNiTi, Sirona Dental, Germany) kullanıldı (Şekil 3.2.1). Kök kanalları apikal genişletme 40 numara olacak şekilde step-back tekniği ile genişletildi. Kök kanalları genişletme işlemi sırasında kullanılan her bir eğeden sonra % 0.9'luk NaCl solüsyonu ile genişletme işleminin tamamlanmasının ardından da distile su ile yıkayıp basınçlı hava ile kurutuldu. Kanalların kurutulmasında kağıt kon (Gapadent, Germany) kullanıldı.



Şekil 3.2.1 Kanal tedavisinde kullanılan döner alet

### 3.3. Kök Kanallarının Doldurulması

Çalışmada rezin esaslı kanal dolgu patı (AH Plus, Dentsply, Germany, 0509001792) üretici firmanın talimatları doğrultusunda, eşit orandaki patların siman camı üzerinde siman spatülü ile 30 sn süre ile karıştırılarak hazırlandı. 30 numaralı K-file (Dentsply, Almanya) kanal aleti ile bir miktar kanal dolgu patı saatin ters yönündeki hareketle apekse itildi ve yavaşça döndürme hareketi yapılarak kanal duvarının bu pat ile sıvanması sağlandı. Ardından guta perka (Anteos Endoline, VDV, Germany, 16795) ana kon başta olacak şekilde dolgu patına daldırıldıktan sonra kanala yerleştirildi (Şekil 3.3.1.A). Daha sonra kök kanalı lateral kondenzasyon tekniği ile kanal dolgusu tamamlandı (Şekil 3.3.1.B). Guta perka fazlalıkları ısıtılmış spatülle kesildi ve kanal ağızları mum ile izole edildi.



**Şekil 3.3.1**

- A. Ana konun kanala yerleştirilmesi
- B. Kanal dolgusunun yapılması

### **3.4. Deney Gruplarının Oluşturulması**

Dişler rastlantısal olarak her bir gruba farklı kompozit kor materyali uygulanacak şekilde önce 30'ar dişten oluşan 5 gruba daha sonra her bir grup uygulanan yaşlandırma işlemine göre 3 alt gruba ayrıldı ve toplamda 10 dişten oluşan 15 grup oluşturuldu. Kullanılan adeziv sistemler, kompozit kor materyalleri, uygulanan termomekanik yaşlandırma devir sayısı Tablo 3.4.1' de gösterildi.

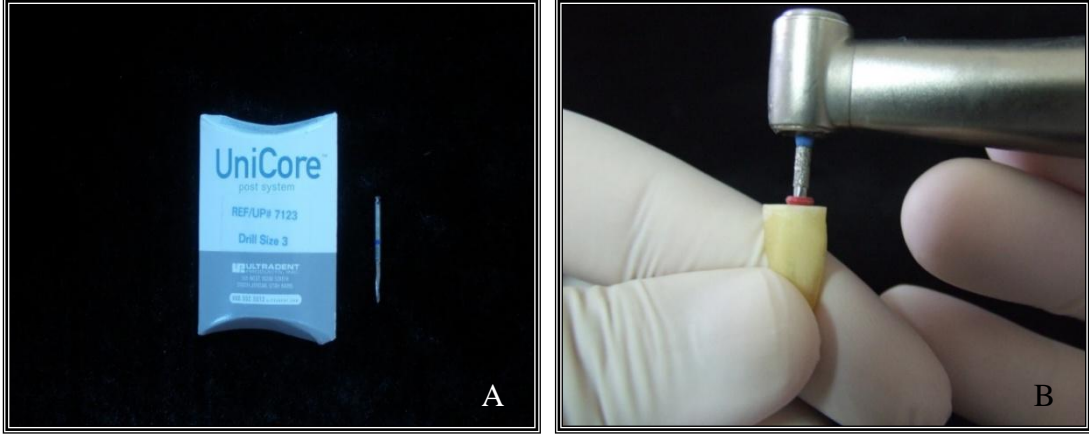
**Tablo 3.4.1** Deneyde kullanılan gruplar ve uygulanan işlemler

Adeziv sistemler	Kompozit	Yaşlandırma testi	Grup kodu	n
AdheSE	Ti-Core Auto E	kontrol	TK	10
		250000 devir	T1	10
		1200000 devir	T2	10
Xeno V	Quixfill	kontrol	QK	10
		250000 devir	Q1	10
		1200000 devir	Q2	10
All-bondSE	Light-Core	kontrol	LK	10
		250000 devir	L1	10
		1200000 devir	L2	10
Xeno V	CeramX Duo	kontrol	CK	10
		250000 devir	C1	10
		1200000 devir	C2	10
Filtek Silorane	Filtek Silorane	kontrol	SK	10
		250000 devir	S1	10
		1200000 devir	S2	10

### 3.5. Post Boşluklarının Hazırlanması

Kanal dolgu patının sertleşmesi için 1 hafta % 0.9'luk NaCl solusyonu içinde beklendikten sonra post boşlukları hazırlandı. Post boşluğunun hazırlanması sırasında apikalde en az 3-4 mm tıkama amaçlı kanal dolgusu bırakılacak şekilde önce ısıtılmış el aleti, daha sonra peeso reamer dril kullanılarak kanal dolgusu çıkarıldı. Post boşluğu önce % 0.9'luk NaCl solusyonu ve ardından distile su ile yıkandı. Kullanılan postların uzunluğu 10 mm olarak belirlendi. Çapı 1.5 mm olan post hazırlık frezi (Unicore Drill, Ultradent, USA, B36JM) (Şekil 3.5.1.A) ile post boşluklarına son şekil verildi (Şekil

3.5.1.B). Post boşluklarının hazırlığı kanalların % 0.9'luk NaCl solüsyonu ile yıkanıp, ardından kağıt kon kullanılarak kurutulması ile tamamlandı.

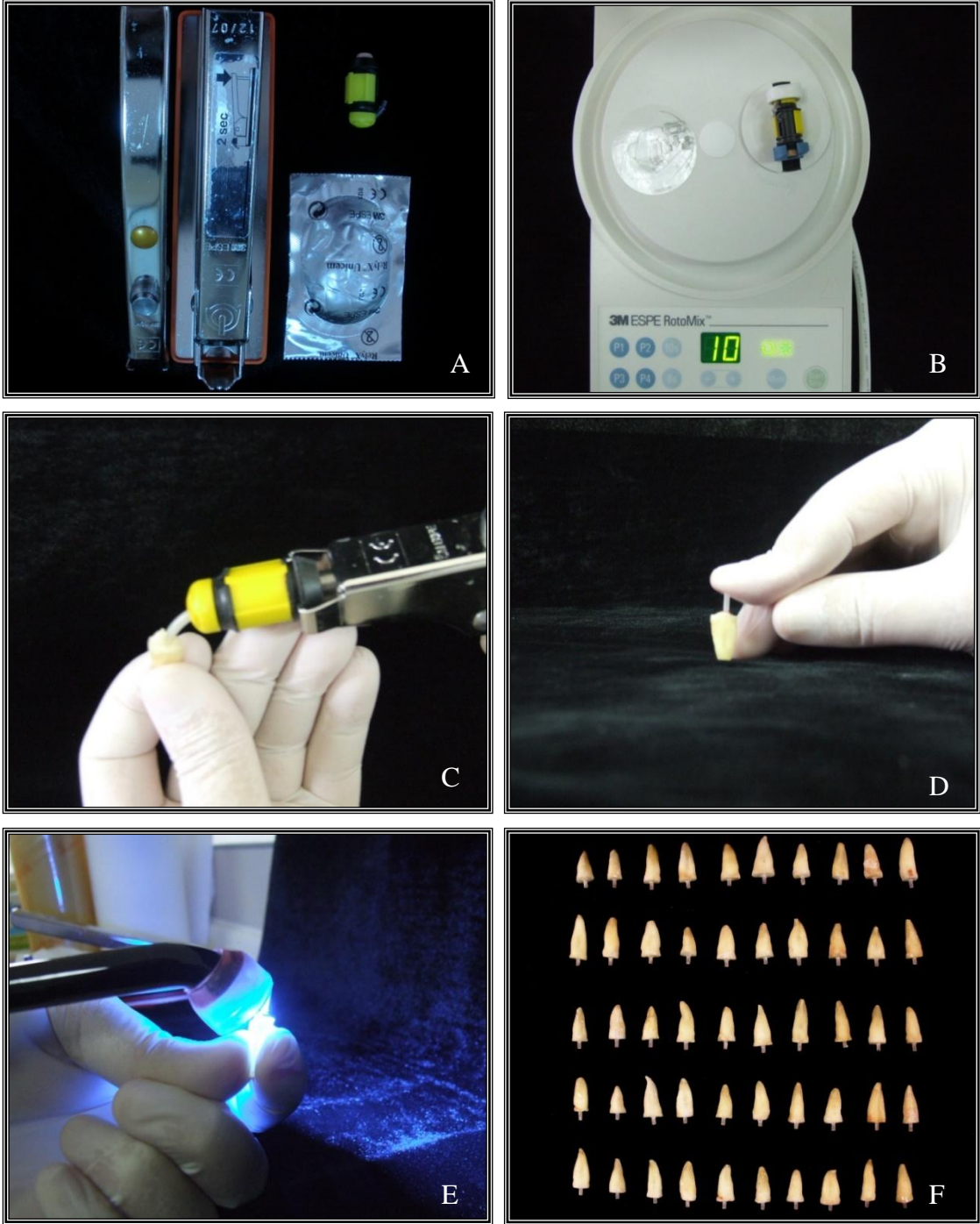


Şekil 3.5.1

- A. Post sistemine ait drill
- B. Post boşluğu hazırlanışı

### 3.6. Postların Simantasyonu

Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, post yüzeyleri alkole emdirilmiş pamuk peletler kullanılarak dezenfekte edildikten sonra 40 sn basınçlı su ile yıkanıp, 20 sn hava ile kurutuldu. Diş kanalları önce % 5.25'lik NaOCl (sodyum hipoklorit) ardından distile su ile yıkanıp basınçlı hava ve kağıt kon kullanılarak kurutuldu. Postların (Unicore, Ultradent, USA, B36JM) simantasyonunda bir self adeziv resin siman (Rely X Unicem, 3M Espe, Germany, 341325) kullanıldı (Şekil 3.6.1.A). Self adeziv resin simanın kapsülü set içerisindeki aktivator içine yerleştirilip 4 sn boyunca bastırıldıktan sonra kapsül karıştırıcıda (RotoMix, 3M Espe, Germany) 10 sn boyunca içeriğinin karışması sağlandı (Şekil 3.6.1.B). Hazırlanan siman kapsül tabancası ile kanallara dolduruldu (Şekil 3.6.1.C). Postlar kanallara yerleştirildikten sonra parmak basıncı altında 60 sn bekletildi (Şekil 3.6.1.D) ve ardından fazla siman pamuk peletler kullanılarak uzaklaştırıldı. Siman 40 sn boyunca çıkış gücü 1000 mW/cm<sup>2</sup> olan LED ışık cihazı (Hilux, Ledmax550, Sirona, Germany) ile polimerize edildi (Şekil 3.6.1.E). Örnekler otopolimerizasyon işleminin tamamlanması için oda sıcaklığında 1 saat boyunca bekletildi. Postları simante edilen örneklerin son hazırlığı, açıkta kalan kısımlarının 3 mm kalacak şekilde kesilmesi ile tamamlandı (Şekil 3.6.1.F).



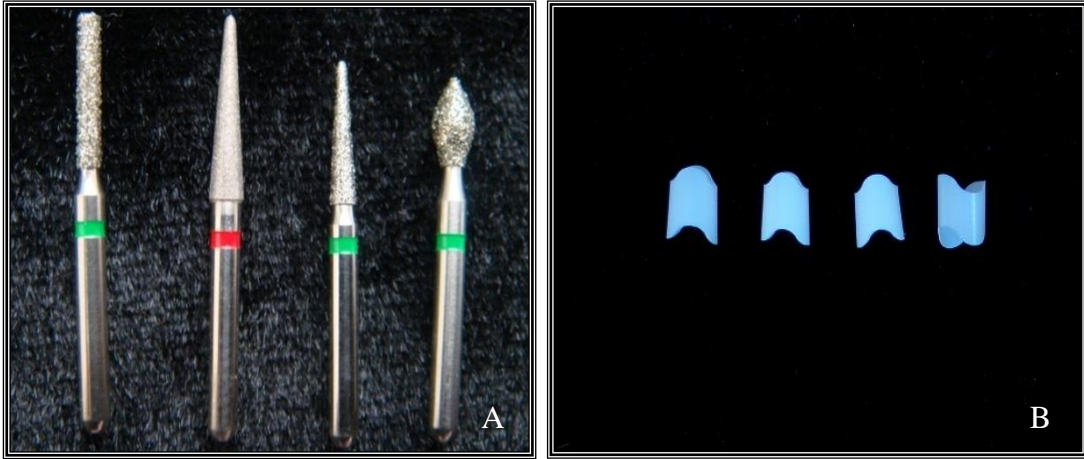
Şekil 3.6.1

- A. RelyX Unicem self adeziv siman seti
- B. Kapsül karıştırıcı
- C. Simanın kanala uygulanışı
- D. Fiber posta parmak basıncı uygulanışı
- E. Yapıştırma simanının ışıkla polimerizasyonu
- F. Fiber postun 3 mm'lik kor retansiyonu sağlayan kısmı



### 3.7. Dentin Yüzeylerinin Hazırlanışı

Açıkta kalan dentin yüzeylerinden artık simanların uzaklaştırılması için önce 50  $\mu\text{m}$  (yeşil bantlı) ile sonra 30  $\mu\text{m}$  (kırmızı bantlı) gren büyüklüğündeki frezler (Komet, Germany) kullanıldı (Şekil 3.7.1.A). Hazırlanan dentin yüzeyleri distile su ile yıkandı. Örneklerin kor kısımları her bir kor materyali üretici firma talimatlarına uygun olarak ve kor bandı kullanılarak şekillendirildi (Şekil 3.7.1.B).



Şekil 3.7.1

- A. Çalışmada kullanılan frezler
- B. Çalışmada kullanılan kor bandı

### 3.8. Kompozit Resin Korların Hazırlanması

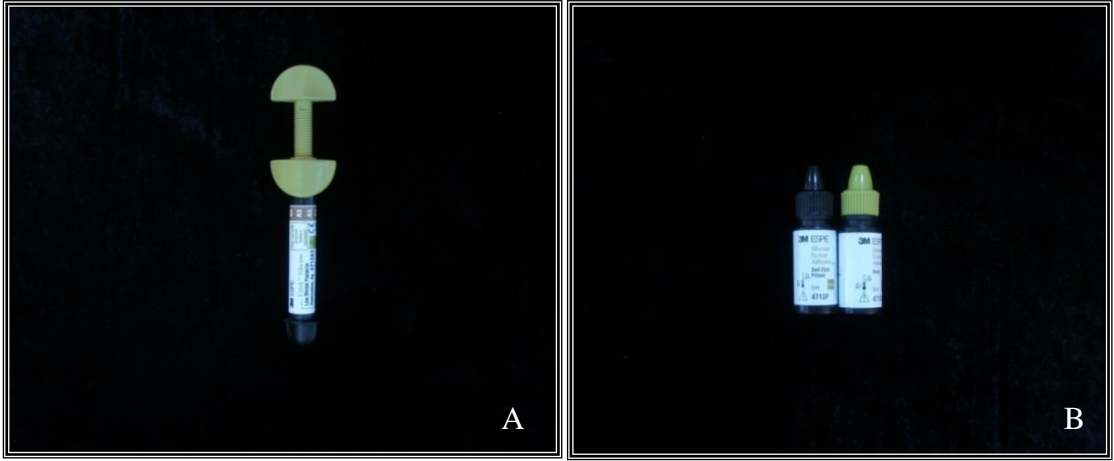
#### 3.8.1. Filtek Silorane Kompozit Rezini

**Filtek siloran kompozit:** Siloran rezin, kamforokinon, iyodonyum tuzu, elektron verici, kuvars doldurucu, yitrium florid, stabilize ediciler, renk pigmentleri içermektedir (Şekil 3.8.1.1.A).

**Siloran kendinden asitli (self-etch) primer:** fosforile edilmiş metakrilat, vitrebond™ kopolimer, bis-GMA, HEMA, su, etanol, silanlanmış silika doldurucular, başlatıcılar, stabilize ediciler içermektedir (Şekil 3.8.1.1.B). pH değeri 2.7'dir.

**Siloran Bond:** Hidrofobik dimetakrilat, fosforile edilmiş metakrilat, TEGDMA, silanlanmış silika doldurucuları, başlatıcılar, stabilize ediciler içermektedir (Şekil 3.8.1.1.B).

Primer (Filtek Silorane Primer, 3M ESPE, Germany, 8AW) şişesi kullanmadan önce 5 sn çalkalandı ve bonding fırçası ile 15 sn boyunca yuvarlak hareketler ile diş yüzeyine uygulandı. Beş saniye boyunca hava ile inceltildikten sonra 10 sn ışık ile polimerize edildi. Ardından bond şişesi (Filtek Silorane Adhesive, 3M ESPE, Germany, 8AW) 5 sn çalkalandı, fırça yardımı ile 15 sn diş yüzeyine uygulandı, hava ile inceltildikten sonra 10 sn ışık ile polimerize edildi. Kompozit rezin (Filtek Silorane, 3M ESPE, Germany, 8BL) 2mm'lik tabakalar halinde dentin yüzeyine yerleştirilirken herbir uygulama sırasında kompozit rezin yüzeyi çıkış gücü 1000 mW/cm<sup>2</sup> olan LED ışık cihazı ile 40 sn polimerize edildi.



Şekil 3.8.1.1.

- A. Silorane kompozit rezin
- B. Silorane Primer ve Bond

### 3.8.2. Ti- Core Auto E Kompozit Rezini

Ti-Core titanyum ile güçlendirilmiş, radyoopak, çift polimerizasyon moduna (hem ışıkla hem de kimyasal polimerizasyon) sahip bir kompozit rezindir (Şekil 3.8.2.1.A). Ti-Core'un içeriği bis-GMA ve titanyumdan oluşmaktadır. Üretici firma tarafından özellikle belirtilmiş herhangi bir yapıştırma ajanı önerisi yoktur. Bu nedenle diğer gruplar ile uyumlu olması açısından kendinden asitli yapıştırma ajanı AdheSE (Ivoclar, Liechtenstein, H36141) kullanıldı (Şekil 3.8.2.1.B).

İki komponentli ve iki basamaklı olan AdheSE yapıştırma ajanının pH değeri 1.7'dir.

İçeriği:

**AdheSE Primer;** akrilik eter fosforik asit, bisakrilamid, su, kamforkinon, stabilize ediciler,

**AdheSE Bond;** bis-GMA, GDMA, HEMA, tersiyer amin, stabilize edicilerden oluşmaktadır.

AdheSE primer 30 sn boyunca dentin yüzeyine uygulandı. 5 sn boyunca hava ile inceltildikten sonra AdheSE Bond 10 sn boyunca dentin yüzeyine yuvarlak hareketler ile uygulandı ve 10 sn boyunca çıkış gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile ışık uygulandı. Ardından karıştırma ucu kompozit rezinin tüpüne yerleştirilerek kompozitin homojen bir şekilde karışması sağlandı. 2 mm kalınlığında kompozit rezin (Essential Dental System, H7310-1) tabakalar halinde şekillendirildi ve herbir yüzeye çıkış gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile 40 sn süreyle ışık uygulandı. Ti-Core kompozit rezininin intra oral şartlarda sertleşme zamanı 6 dk olduğu için elmas frezlerle son şekil verilmeden önce oda koşullarında 1 saat beklendi.



Şekil 3.8.2.1.

- A. Ti-Core kompozit rezini
- B. Adhese Primer ve Bond

### 3.8.3. Light-Core Kompozit Rezini

Radyoopak, ışıkla sertleşen, fiber ile güçlendirilmiş kompozit kor materyali olan Light-Core'un içeriğinde bis-GMA, bis-EMA ve cam fiber mevcuttur (Şekil 3.8.3.1 A).

İki komponentli ve tek aşamalı kendinden asitli olan All-BondSE (Şekil 3.8.3.1.B) etanol/su bazlı olup pH değeri 2.2'dir.

Eşit miktarda karıştırılan All-BondSE (Bisco, USA, 0900005917) 15 sn boyunca dentine yuvarlak hareketlerle uygulandıktan sonra 5 sn hava ile incetilmiştir. Daha sonra 10 sn boyunca çıkış gücü 1000 mW/cm<sup>2</sup> olan LED ışık cihazı ile polimerize edildikten sonra 2 mm kalınlığında kompozit rezin (Bisco, USA, 0900003281) tabakalar halinde şekillendirildi ve her bir yüzey çıkış gücü 1000 mW/cm<sup>2</sup> olan LED ışık cihazı ile 40 sn ışık uygulandı.



Şekil 3.8.3.1

- A. Light-Core kompozit rezini
- B. All-BondSE yapıştırma ajanı

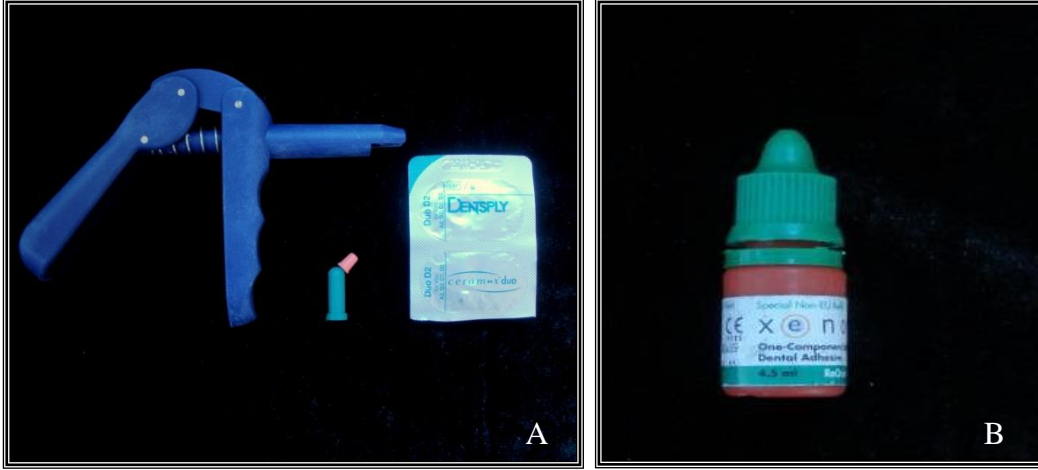
### 3.8.4. CeramX Duo Kompozit Rezini

Ormoser içerikli nanokompozit olan CeramX Duo'nun içeriğinde, metakrilat ile modifiye edilmiş polisiloksan (organik olarak modifiye edilmiş seramik; ormoser), dimetakrilat rezin, fluorasan pigment, UV stabilize ediciler, stabilize ediciler, kamforkinon, etil-4 (dimetilamino) benzoat, baryum-aliminyum-borosilikat camları, metakrilat ile modifiye edilmiş silikon dioksit nano doldurucular, renk pigmentleri bulunmaktadır. (Şekil 3.8.4.1.A).

Tek basamaklı kendinden asitli bir yapıştırma ajanı olan XenoV yapıştırma ajanının (Şekil 3.8.4.1.B) içeriği; bifonksiyonel akrilik rezin, akriloamino alkilsülfonik asit, fosforik asit esteraz, akrilik asit, kamforkinon, butilize benzendiol, su, tersiyer butanolden oluşur. XenoV'in pH değeri 2.26'dır.

XenoV (Dentsply, Germany, 0801002439) yapıştırma ajanı 15 sn boyunca dentine yuvarlak hareketlerle uygulandıktan sonra 5 sn hava ile inceltildi. Daha sonra 20

30 sn boyunca gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile polimerize edildi. Daha sonra 2 mm kalınlığında kompozit rezin (Dentsply, Germany, 0707000986) tabakalar halinde şekillendirildi ve her bir yüzeye çıkış gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile 40 sn ışık uygulandı.



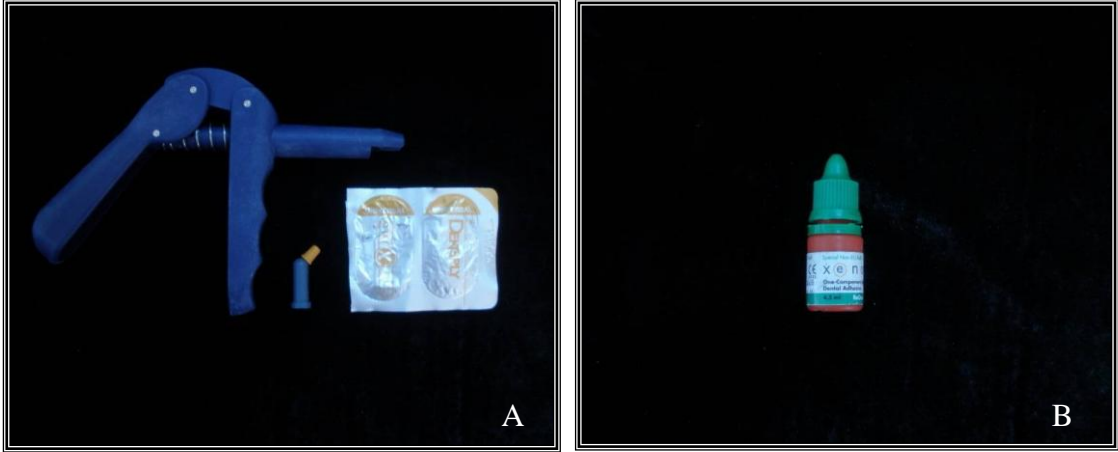
Şekil 3.8.4.1

- A. CeramX kompozit rezini
- B. XenoV Bond

### 3.8.5. Quixfill Kompozit Rezini

Yüksek doldurucu oranı ile düşük polimerizasyon özelliği kazandırılmış Quixfill kondense edilebilir kompozit rezindir (Şekil 3.8.5.1.A). İçeriğinde UDMA, TEGDMA, di- ve trimetakrilat rezin, karboksilik asit modifiye dimetakrilat rezin, butilize edilmiş hidroksi toluen (BHT), UV stabilize ediciler, stabilize ediciler, kamforkinon, etil-4 (dimetilamino) benzoat, silane edilmiş stronsiyum sodyum florid fosfat silika camları bulunmaktadır.

XenoV (Dentsply, Germany, 0801002439) yapıştırma ajanı (Şekil 3.8.5.1.B) 15 sn boyunca dentine yuvarlak hareketlerle uygulandıktan sonra 5 sn hava ile inceltildi ve daha sonra 20 sn boyunca gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile polimerize edildi. Ardından 2 mm kalınlığında kompozit rezin (Dentsply, Germany, 0802000231) tabakalar halinde şekillendirildi ve her bir yüzey çıkış gücü  $1000 \text{ mW/cm}^2$  olan LED ışık cihazı ile polimerize edildi.



Şekil 3.8.5.1

- A. Quixfill kompozit rezini
- B. XenoV Bond

### 3.9. Kompozit Resin Korların Preparasyonu

Dişler 4 mm boyunda tepe açışı  $6^\circ$  olacak şekilde 50  $\mu$ m gren büyüklüğünde (yeşil bantlı) frez ile bıçak sırtı formunda kesildi. Kesimden sonra örneklerin açısı paralelometrede kontrol edildi (Şekil 3.9.1).



Şekil 3.9.1 Örneklerin paralelometrede açısının kontrol edilmesi

### 3.10. Örneklerin Çiğneme Simülatörü İçin Hazırlanması

Örnekler oblik kuvvetlerin taklit edilebilmesi için horizontal düzleme göre  $45^\circ$  eğimle örnek tutucusuna yerleştirildi. Bu işlem için örnek tutucular vazelinlendikten sonra pembe mum (Cavex Regular, Hollanda) ile yüzeyi bombeli kalacak şekilde dolduruldu ve bir iletke yardımı ile örnek, mumun içine  $45^\circ$  açı ile yerleştirildi (Şekil



3.10.1.A). Mum sertleştikten sonra her bir diş için silikon ölçü materyali (Twin Duo, Picodent, Germany, 14619) kullanılarak silikon anahtar hazırlandı (Şekil 3.10.1.B-C). Daha sonra diş anahtardaki yuvasına yerleştirildi. Fizyolojik diş hareketlerinin taklit edilebilmesi amacıyla dişin açıkta kalan kök yüzeyine yumuşak bir polimer olan yapay periodontal membran (Anti-Rutsch Lack, Wenko-Wenselaar GmbH, Hilden, Germany, 5046) uygulandı (Şekil 3.10.1.D). Oda ısısında kuruduktan sonra silikon anahtar diş ile beraber örnek tutucuya yerleştirilip, poliester rezin (Technovit 4000, Kulzer, Wehrheim, Germany, 258) ile sabitlendi (Şekil 3.10.1.E). Yirmidört saatlik bekleme süresinden sonra örnek tutucular çığneme simülatöründeki küçük odacıklara yerleştirildi.



**Şekil 3.10.1**

- A. 45°'lik açıyla dişlerin örnek tutucuya yerleştirilmesi
- B. Silikon anahtar hazırlanışı
- C. Silikon anahtar
- D. Yapay periodontal membran uygulaması
- E. Dişlerin poliester rezin içerisine gömülmesi

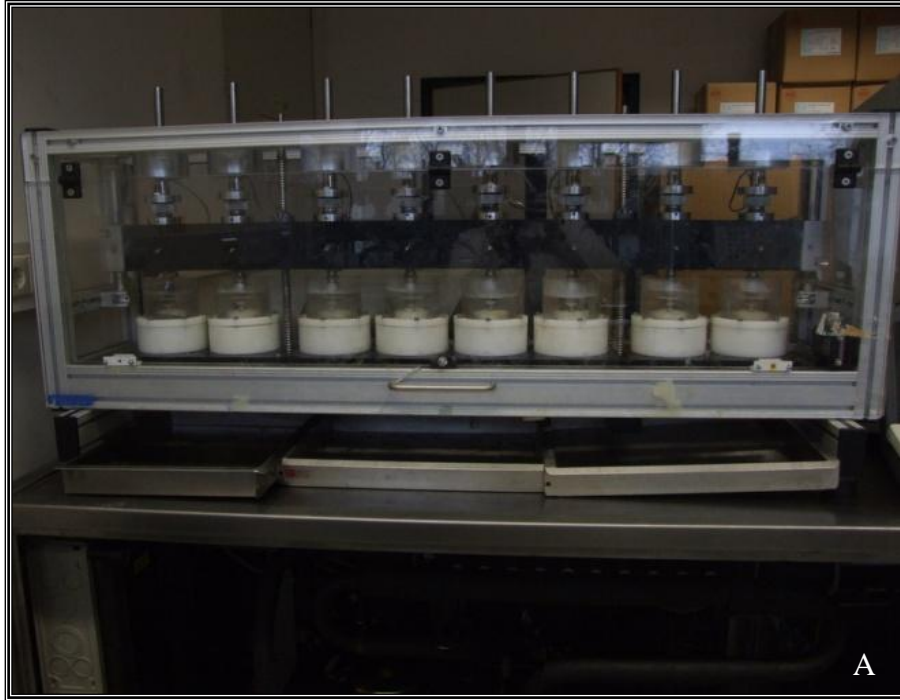
**3.11. Çiğneme Simülatörü ile Dinamik Yükleme**

Örnekler 8'erli gruplar halinde bilgisayar kontrollü çift akslı çiğneme simülatörü (Willytech, Munich, Germany) ile termomekanik yorulma işlemine tabi tutuldu (Şekil 3.11.1.A). Çiğneme simülatörü 8 ayrı deney odacığı ve bu odacıkların içinde örneğin yatay ve dikey hareketlerini kontrol eden iki motordan oluşmaktadır. Çiğneme simülasyonu 0.5 mm'lik yatay hareket ile 6mm'lik dikey hareketin kombinasyonu ile sağlanmaktadır. Isıyı ve su seviyesini elektronik olarak kontrol eden sistem sayesinde termal devirlendirme işlemi yatay ve dikey hareketlerle eş zamanlı gerçekleştirildi. Bütün örneklerin termal devirlendirme işlemi bilgisayar kontrolü (Şekil 3.11.1.B) ile 60 sn'lik daldırma süresi boyunca 5°C ve 55°C sıcaklığındaki distile su ile 12 sn'lik aralar verilerek yapıldı. Örneklerin yaşlandırılmasında karşıt diş temsil eden, sertliği diş minesi ile benzer özellik gösteren 6 mm çapında steatit (yarı poröz kristalin seramik) toplar kullanıldı. Örneklerle uygulanan kuvvet herbir odaya ait 5 kg'lık diskler aracılığı ile toplamda 49 N'luk çiğneme kuvveti sabit tutularak uygulandı. Çiğneme simülatörüne ait parametreler Tablo 3.11.1'de verilmektedir. Çiğneme simülatörü ile dinamik yükleme işlemi tamamlanan örnekler mikrosızıntı deneyine kadar 37°C inkübatör içinde distile su emdirilmiş pamuk peletler aracılığıyla nemli ortamda bekletildi.



**Tablo 3.11.1** Çift akslı çığneme simülatörünün parametreleri

Sıcak-Soğuk Su Isısı	5°C/ 55°C
Yükselme Hızı	55mm/sn
İnme hızı	55mm/sn
İlerleme hızı	60mm/sn
Gerileme hızı	60mm/sn
Siklus Frekansı	1.3 Hz
Herbir örnek için ağırlık	5 kg
Kinetik Enerji	$7.563.10^{-6}$ J





Şekil 3.11.1

- A. Çiğneme simülasyonu
- B. Çiğneme simülasyonunun bilgisayar ünitesi

### 3.12. Dişlerin Mikrosızıntı Deneyi İçin İzolasyonu

Örnekler kole bölgesinde 2 mm çapındaki flaster şeritler ile bantlandıktan sonra (Şekil 3.12.1.A) geri kalan kök ve kor kısımları pembe mum (Şekil 3.12.1.B) ile izole edildi. Daha sonra şeritler dikkatli bir şekilde çıkarıldı (Şekil 3.12.1.C).



Şekil 3.12.1

- A. Restorasyon sınırının flasterlenmesi
- B. Restorasyon sınırı dışındaki alanların mum ile izolasyonu
- C. Açıkta kalan restorasyon sınırı

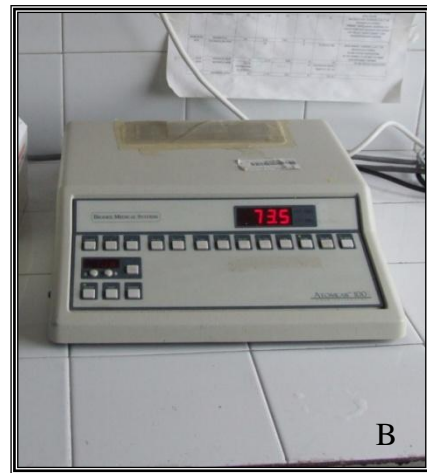
### 3.13. Mikrosızıntı Deneyi

Yüksek çözünürlüklü gama kamera nükleer tıp alanında sıkça kullanılmaktadır. Pek çok radyoizotopun geliştirilmesi ile diş hekimliğinin de kullanım alanına girmiştir. Talyum periyodik cetvelde IIIA grubunda bulunan metalik bir elementtir. Yarı ömrü 72 saat olan, biyolojik ortamlardaki davranışları potasyuma benzeyen Talyum 201 klorid sulu ortamlarda kolaylıkla dokulara difüze olabilir (Henkin, 2006).

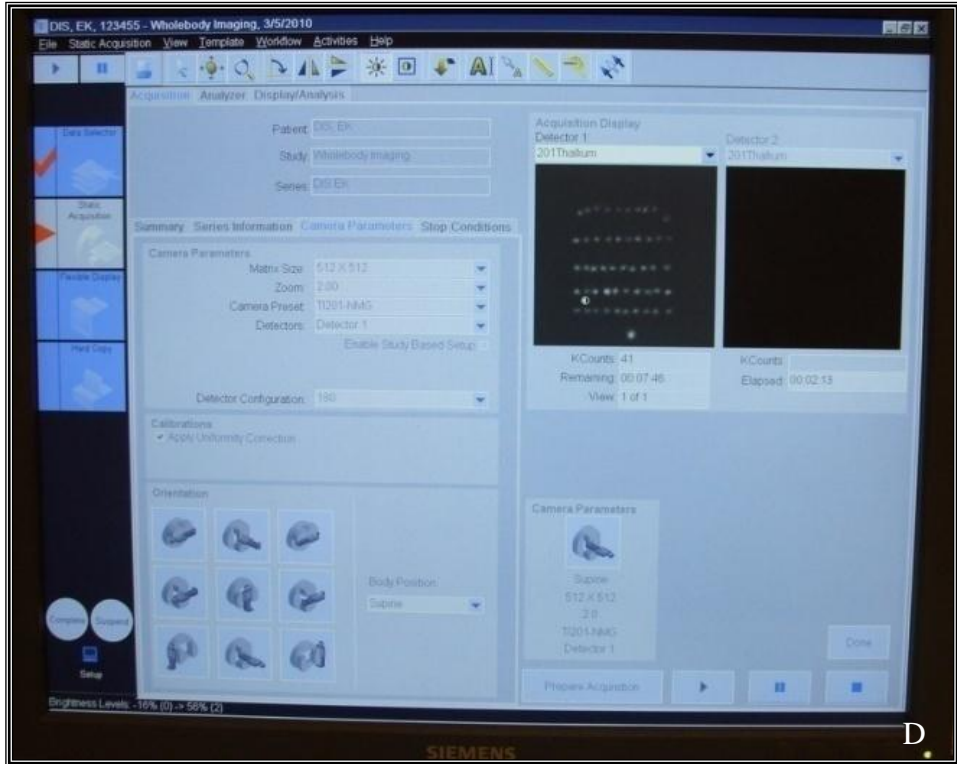
148 MBq talyum 201 klorid solüsyonu (Monrol, Eczacıbaşı, Türkiye) (Şekil 3.13.1.A) 1000 ml çeşme suyu ile karıştırılarak 0,148 MBq/ml konsantrasyonunda bir çözelti elde edildi (Şekil 3.13.1.B). Bütün örnekler ayrı plastik kaplarda 24 saat boyunca bu çözelti içinde bekletildi. Yirmidört saat sonra dişler dış yüzeylerindeki talyum 201 izotopundan arındırılması için deterjanlı su ile (Cif Lux, Unilever, Türkiye) 1 dk boyunca akan su altında yıkandı. Oda sıcaklığında kendi kendine kurumaya bırakılan bütün örnekler daha sonra üzerlerindeki mumlar çıkarılarak beyaz bir tabla üzerinde gama kamera dedektörünün altına yerleştirildi. Gama kamera (Symbia TruePoint SPECT-CT, Siemens, USA) dedektörünün (Şekil 3.13.1.C) altına yerleştirilen örnekler 512x512 matris, X2 zoom ile 10 dk boyunca talyum-201 ışımalarının ölçümü yapıldı (Şekil 3.13.1.D). Bütün örneklerin ölçümü sırasında standardizasyonu sağlamak amacıyla büyüklüğü 440 piksel ( $158.5 \text{ mm}^2$ ) olan dikdörtgen bir çerçeve kullanılarak sayısal değerler kayıt edildi.



A



B



Şekil 3.13.1

- A. Talyum-201 klorid solüsyonu
- B. Talyum-201 klorid solüsyonunun konsantrasyonunun ölçümü
- C. SPECT cihazı (gama kamera)
- D. SPECT cihazının bilgisayar ünitesi

### 3.14. Baskı Testi

Örnekler, baskı testinde kullanılacak metal tutucu içine sabitlenmesi için akrilik kalıba alındı. Bu işlemden önce kök yüzeylerine doğal dişin periodonsiyumunu oluşturmak amacıyla, yapay periodontal membran uygulandı. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda katalizörü ile karıştırılan akrilik rezin (Vertex-Dental, Zeist, Netherlands, 500) 25 mm yüksekliğinde, 25 mm çapındaki plastik silindir kalıpların içerisine dolduruldu. Deney örnekleri yatay düzlemle dik açı oluşturacak ve mine sement sınırının 2 mm altında kalacak şekilde bu akrilik blokların içine gömüldü (Şekil 3.14.1).



Şekil 3.14.1 Akrilik rezin içine gömülmüş örnek

Deney örneklerinin kırılma dayanımlarının ölçülmesi için Universal test cihazı (Lloyd Instruments PIC., England) ve ona uygun hazırlanan 45° eğimli olan metal bir tutucudan yararlanıldı (Şekil 3.14.2). Metal tutucu, yükleme cihazının tablasına sabitlendi. Akrilik rezin kalıplar bu metal tutucu üzerinde yer alan silindirik metal blok içine yerleştirildikten sonra silindirik metal blok içinde hareket etmelerini engellemek için vida ile sabitlendi. Örnekler Universal test cihazına uzun eksene 45° lik açı ile yük uygulanacak şekilde metal tutucuya yerleştirildi (Şekil 3.14.2). Deney örneklerine Universal test cihazında 1 mm/dak hızla baskı kuvveti uygulandı. Uygulanan yük karşısında örneklerdeki kırılma anındaki değerler Newton cinsinden Universal test cihazına bağlı bilgisayar ekranından kaydedildi.



Şekil 3.14.2. 45° açılık örnek tutucu ve örnek tutucuda konumlandırılmış örnek

### 3.15. İstatistiksel Analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi. İnceleme altına alınan gruplar arasında homojenlik ve normal dağılım söz konusu olmadığından ve örneklem sayısı her bir grup için 30'dan az olduğundan verilerin istatistiksel analizinde Kruskal-Wallis varyans analizi kullanıldı ( $\alpha=0.05$ ). Gruplar arasında farkın hangi gruplar nedeni ile oluştuğunun saptanmasında ise Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U analizi kullanıldı. Mikrosızıntı ve kırılma dayanımı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizi uygulandı.

## 4. BULGULAR

Deney gruplarında termomekanik yaşlandırma işlemi esnasında örnek kayıpları oldu. Kayıp örnek sayısı ve kalan örnek sayısı Tablo 4.1’de görülmektedir.

**Tablo 4.1.** Deney gruplarının termomekanik işlem sonrası örneklem sayısı

Gruplar	Kayıp örnek sayısı	Kalan örnek sayısı
T1	1	9
T2	1	9
S1	1	9
S2	1	9
C1	1	9
C2	2	8
Q1	0	10
Q2	0	10
L1	0	10
L2	0	10

### 4.1. Mikrosızıntı Testi Bulguları

Çalışmamızda beş farklı kompozit kor materyali ile diş arasındaki mikrosızıntıya iki farklı sürede yaşlandırma işleminin etkisini incelemek amacıyla yapılan gamma görüntüleme değerlendirilmesi sonucunda elde edilen x-ışını ışıma değerlerinin ortanca, minimum ve maksimum (tanımlayıcı istatistiksel bulgular) sayısal değerleri Tablo 4.1.1’de görülmektedir.

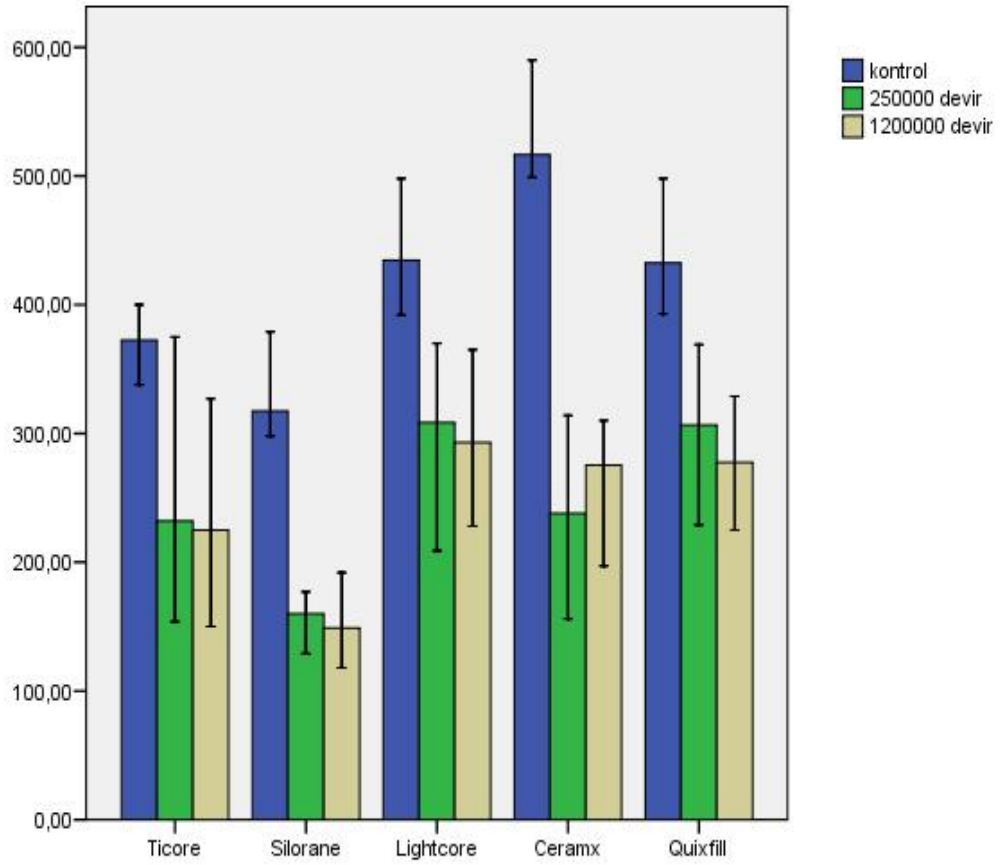


**Tablo 4.1.1** Gruplara ait mikrosızıntı testi bulguları (x ışını/saniye)

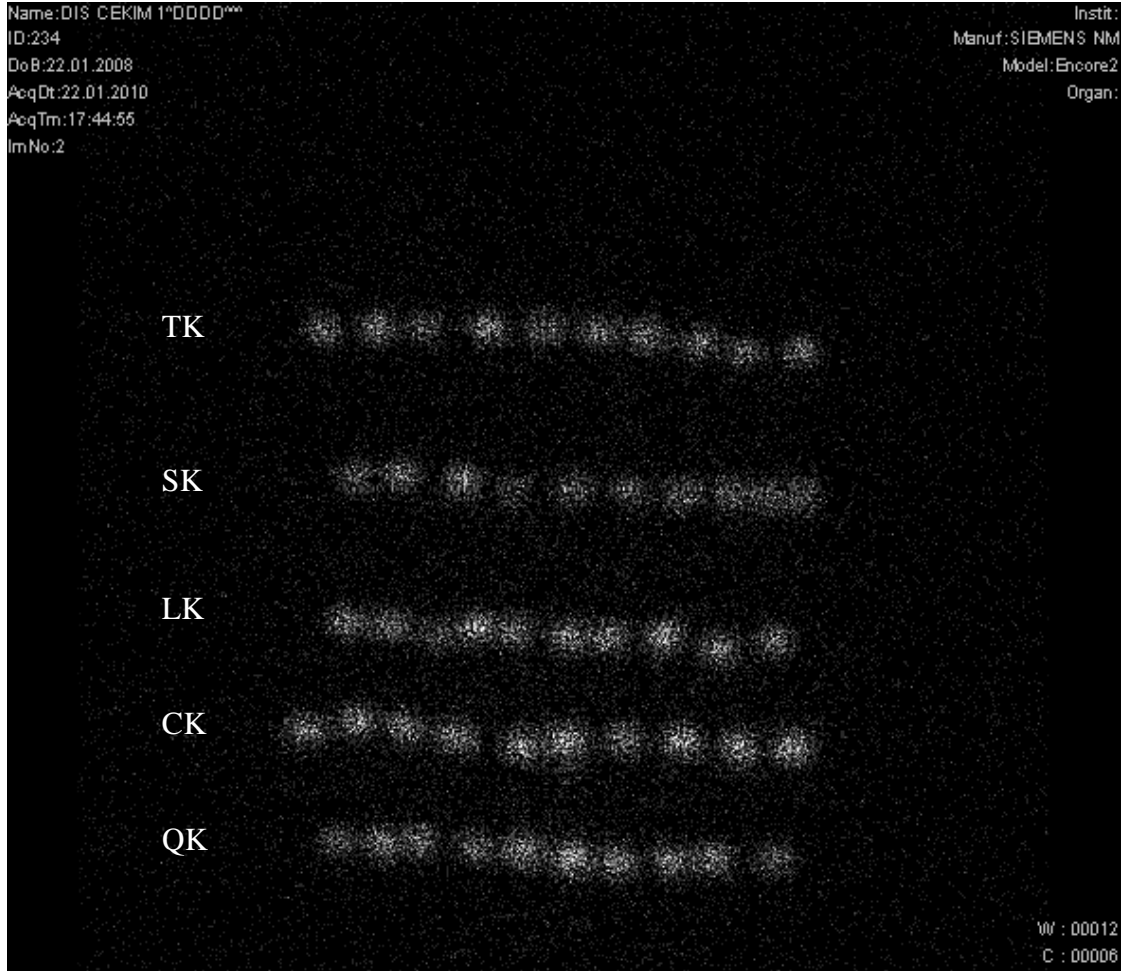
<b>Gruplar</b>	<b>Ortanca</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>TK</b>	372.50	301.00	423.00
<b>T1</b>	232.00	132.00	425.00
<b>T2</b>	225.00	135.00	372.00
<b>SK</b>	317.50	298.00	401.00
<b>S1</b>	160.00	100.00	183.00
<b>S2</b>	149.00	114.00	206.00
<b>LK</b>	434.50	388.00	509.00
<b>L1</b>	308.50	190.00	400.00
<b>L2</b>	293.00	215.00	376.00
<b>CK</b>	516.50	478.00	602.00
<b>C1</b>	238.00	113.00	329.00
<b>C2</b>	275.50	197.00	310.00
<b>QK</b>	432.50	387.00	508.00
<b>Q1</b>	306.50	199.00	418.00
<b>Q2</b>	277.50	204.00	426.00

Mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde en yüksek ortanca değerinin kontrol grupları arasında CeramX kompozit kor materyali (516 x-ışını/saniye) ile, en düşük ortanca değeri 1.200.000 devir ile termomekanik olarak yaşlandırılan gruplar arasında Silorane kompozit kor materyali (149 x-ışını/saniye) ile elde edildi. Bütün grupların mikrosızıntı değerleri ortalamaları ve standart sapmaları Grafik 4.1.1'de, ve gamma kamera görüntüleri Şekil 4.1.1-3'de verildi.

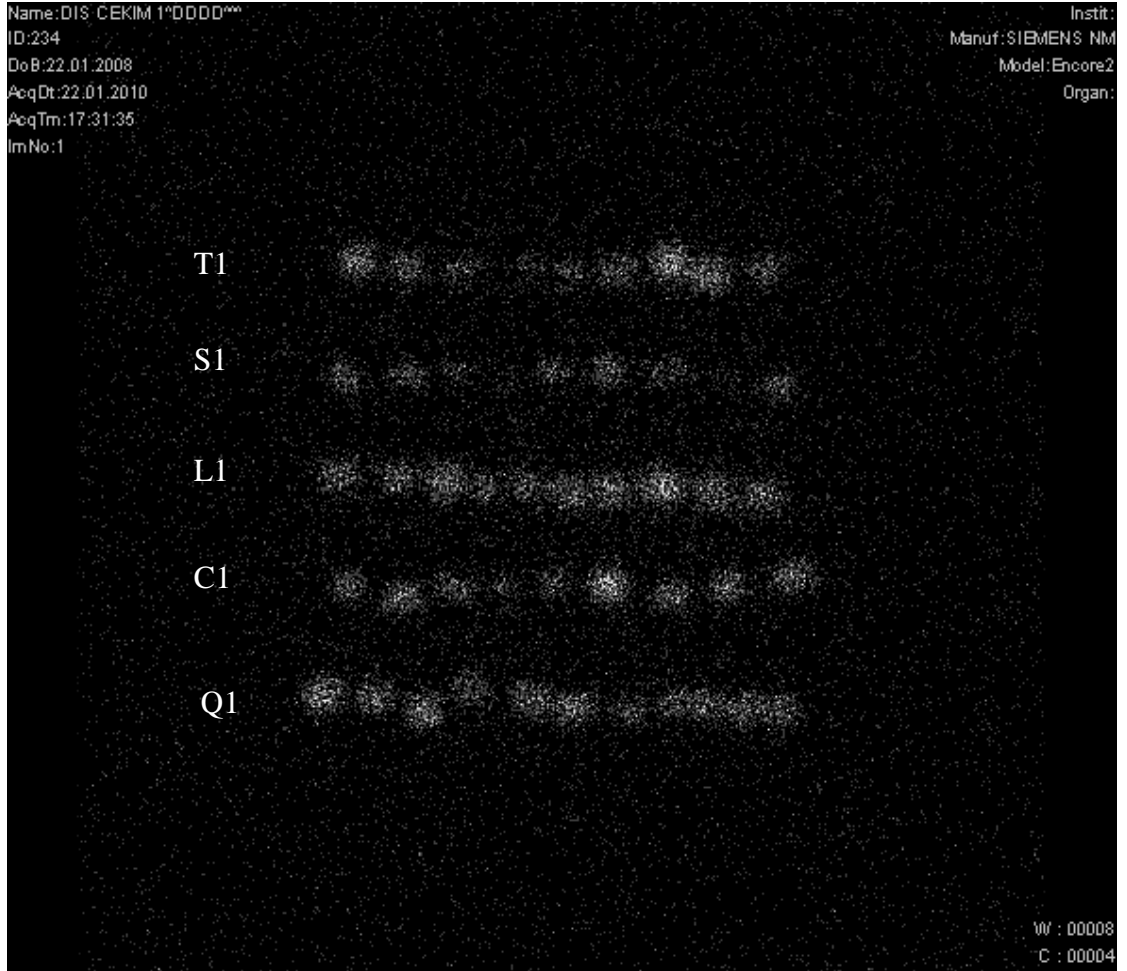




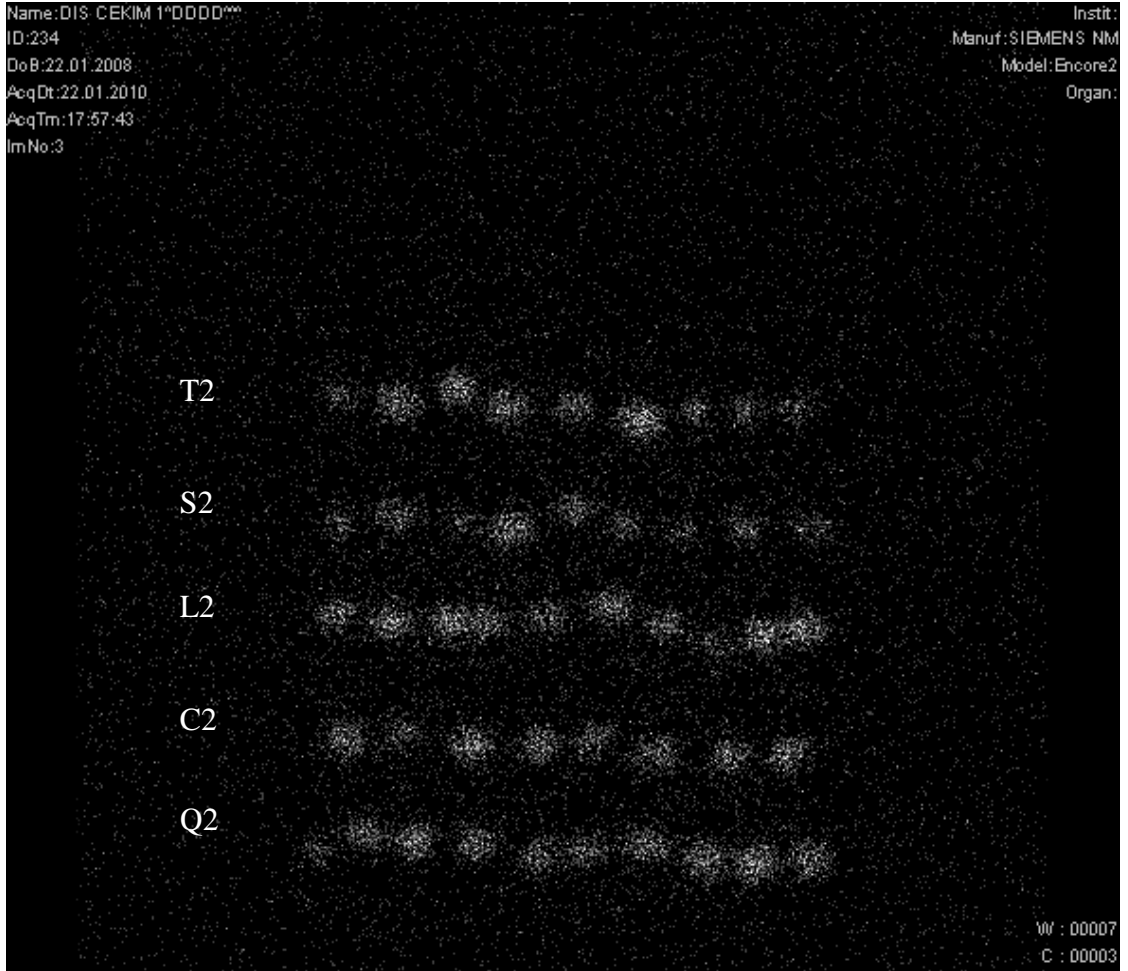
**Grafik 4.1.1.** Mikrosızıntı verilerine ait ortalama değerleri ve standart sapmaları



Şekil 4.1.1 Kontrol gruplarının gama kamera görüntüleri



Şekil 4.1.2. 250.000 devir yaşlandırılan grupların gama kamera görüntüleri



Şekil 4.1.3. 1.200.000 devir yaşlandırılan grupların gama kamera görüntüleri

Yapılan Kruskal Wallis Varyans Analizi testi sonucunda yaşlandırmanın ve kompozit kor materyalinin farklılığının mikrosızıntıda istatistiksel olarak fark oluşturduğu saptandı ( $p<0.05$ ). Kompozit kor materyali ile yaşlandırmanın etkili olduğunu gösteren önemlilik sonuçları tablo 4.1.2’de görülmektedir.

**Tablo.4.1.2** Kruskal Wallis Varyans Analizi önemlilik değerleri

<b>Deney Değişkenleri</b>	<b>P</b>
<b>Kompozit</b>	0.0002
<b>Yaşlandırma</b>	0.0007

Kompozit kor materyallerinin mikrosızıntıya etkisi değerlendirildiğinde (Tablo 4.1.3) en yüksek mikrosızıntı değeri CeramX kompozit rezin (516 x-ışını/saniye) ile elde edilirken, bu grubun Light-Core (434 x-ışını/saniye) ve Quixfill (432.50 x-ışını/saniye) kompozit rezinleri ile istatistiksel fark oluşturmadığı görüldü ( $p>0.05$ ). En düşük mikrosızıntı değerleri Silorane kompozit rezin (149 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve Silorane ile Ti-Core (225 x-ışını/saniye) kompozit rezinleri arasında istatistiksel fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).

**Tablo.4.1.3** Mikrosızıntı açısından kompozit kor materyalleri arasında önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q-T</b>	$p<0.005$
<b>Q-L</b>	$p>0.005$
<b>Q-S</b>	$p<0.005$
<b>Q-C</b>	$p>0.005$
<b>C-T</b>	$p<0.005$
<b>C-L</b>	$p>0.005$
<b>C-S</b>	$p<0.005$
<b>S-T</b>	$p>0.005$
<b>S-L</b>	$p<0.005$
<b>L-T</b>	$p<0.005$

Termomekanik yaşlandırmanın mikrosızıntıya etkisi değerlendirildiğinde (Tablo 4.1.4) gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görüldü ( $p<0.001$ ). En yüksek

mikrosızıntı değerleri kontrol gruplarında tespit edildi. En düşük mikrosızıntı 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplarda elde edilirken, bu grupların 250.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplar ile arasında fark bulunmadı ( $p>0.01$ ).

**Tablo 4.1.4** Mikrosızıntı açısından termomeknik yaşlandırma grupları arasında önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Kontrol- 250.000 devir</b>	$p<0.001$
<b>Kontrol- 1.200.000 devir</b>	$p<0.001$
<b>250000 devir- 1.200.000 devir</b>	$p>0.01$

Gruplar arasında oluşan farkın hangi gruplar arasında olduğunun tespit edilmesinde Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi kullanıldı. Grup içi karılaştırmaların yapıldığı istatistiksel test sonucu elde edilen önemlilik durumları Tablo 4.1.5-7’de görülmektedir.

**Tablo 4.1.5** Kontrol gruplarının mikrosızıntı açısından ikili karılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>QK-TK</b>	$p<0.005$
<b>QK-LK</b>	$p>0.005$
<b>QK-SK</b>	$p<0.005$
<b>QK-CK</b>	$p<0.005$
<b>CK-TK</b>	$p<0.005$
<b>CK-LK</b>	$p<0.005$
<b>CK-SK</b>	$p<0.005$
<b>SK-TK</b>	$p>0.005$
<b>SK-LK</b>	$p<0.005$
<b>LK-TK</b>	$p<0.005$

Yaşlandırma uygulanmayan kontrol grupları mikrosızıntı açısından karılaştırıldığında en düşük mikrosızıntı değeri Silorane kompozit rezini (317.50 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve Ti-Core kompozit rezini (372.50 x-ışını/saniye) ile arasında fark bulunmadı ( $p>0.005$ ). En yüksek mikrosızıntı değerleri CeramX

kompozit rezini (516.50 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve diğer gruplar ile karşılaştırılmasında istatistiksel fark tespit edildi ( $p<0.005$ ). Quixfil (432.50 x-ışını/saniye) ve Light-Core (434.50 x-ışını/saniye) kompozit rezinleri ile aralarında anlamlı fark oluşturmayacak şekilde birbirine yakın mikrosızıntı değerleri elde edildi ( $p>0.005$ ).

**Tablo.4.1.6** 250.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların mikrosızıntı açısından ikili karşılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q1-T1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>Q1-L1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>Q1-S1</b>	$p<0.005$
<b>Q1-C1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C1-T1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C1-L1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C1-S1</b>	$p<0.005$
<b>S1-T1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>S1-L1</b>	$p<0.005$
<b>L1-T1</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>

250.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplar arasında en düşük mikrosızıntı değeri Silorane kompozit rezini (160 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve Ti-Core kompozit rezini (232 x-ışını/saniye) ile arasında fark bulunmadı ( $p>0.005$ ). En yüksek mikrosızıntı değerleri Light-Core kompozit rezini (308.50 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve Quixfil kompozit rezini (306.50 x-ışını/saniye) ile arasında fark oluşturmayacak şekilde birbirine yakın mikrosızıntı değerleri elde edildi ( $p<0.005$ ).

**Tablo 4.1.7** 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların mikrosızıntı açısından ikili karşılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q2-T2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q2-L2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q2-S2</b>	p<0.005
<b>Q2-C2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C2-T2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C2-L2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C2-S2</b>	p<0,005
<b>S2-T2</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>S2-L2</b>	p<0.005
<b>L2-T2</b>	<b>p&gt;0.005</b>

1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların değerlendirilmesinde, en düşük mikrosızıntı değeri Silorane kompozit rezini (149 x-ışını/saniye) ile elde edildi ve bu grup ile Ti-Core kompozit rezini (225 x-ışını/saniye) arasında fark bulunmadı (p>0.005). En yüksek mikrosızıntı değerleri sırasıyla Light-Core (293 x-ışını/saniye) Quixfil (277.50 x-ışını/saniye) CeramX (275 x-ışını/saniye) kompozit rezinleri ile elde edildi ve bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0.005).

## **4.2. Kompozit Kor Materyallerinin Mikrosızıntı Açısından Grup İçi Karşılaştırılması**

### **4.2.1. Silorane Kompozit Rezın**

Silorane kompozit rezininin alt grupları karşılaştırıldığında termomekanik yaşlandırma uygulanmayan kontrol grubunda (317.50 x-ışını/saniye) en yüksek mikrosızıntı değeri elde edilirken, en düşük değer 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemine tabi tutulan grup (149 x-ışını/saniye) ile elde edildi. Yaşlandırma uygulanan iki grup arasında istatistiksel fark bulunmadı (p>0.005) (Tablo 4.2.1.1).



**Tablo 4.2.1.1** Silorane kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>SK-S1</b>	p<0.001
<b>SK-S2</b>	p<0.001
<b>S1-S2</b>	<b>p&gt;0.05</b>

#### 4.2.2. Ti-Core Kompozit Rezini

Ti-Core kompozit rezini ile en yüksek mikrosızıntı değerleri kontrol grubunda (372.50 x-ışını/saniye) elde edilirken, en düşük değerler 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemi uygulanan grup (225 x-ışını/saniye) ile elde edildi. Yaşlandırma uygulanan iki grup arasında istatistiksel fark bulunmadı (p>0.005) (Tablo 4.2.2.1).

**Tablo 4.2.2.1** Ti-Core kompoziti rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>TK-T1</b>	p<0.001
<b>TK-T2</b>	p<0.001
<b>T1-T2</b>	<b>p&gt;0.05</b>

#### 4.2.3. Light-Core Kompozit Rezini

Light-Core kompozit rezin ile kontrol grubunda en yüksek mikrosızıntı değerleri kontrol grubunda (434.50 x-ışını/saniye), en düşük değerler 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemine tabi tutulan grup (293 x-ışını/saniye) ile elde edildi. Yaşlandırma uygulanan iki grup arasında istatistiksel fark bulunmadı (p>0.005) (Tablo 4.2.3.1).

**Tablo 4.2.3.1** Light-Core kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>LK-L1</b>	p<0.001
<b>LK-L2</b>	p<0.001
<b>L1-L2</b>	<b>p&gt;0.05</b>

#### 4.2.4. CeramX Kompozit Rezini

En yüksek mikrosızıntı değerleri kontrol grubu (516.50 x-ışını/saniye) ile elde edildi. En düşük mikrosızıntı değerleri 250.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemi uygulanan grupta (238 x-ışını/saniye) elde edildi ve 1.200.000 devir yaşlandırma uygulanan grup ile arasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.2.4.1).

**Tablo.4.2.4.1** CeramX kompoziti rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>CK-C1</b>	$p<0.001$
<b>CK-C2</b>	$p<0.001$
<b>C1-C2</b>	$p>0.05$

#### 4.2.5. Quixfill Kompozit Rezini

Quixfill kompozit rezin gruplarında en yüksek değerler kontrol grubu ile (432.50 x-ışını/saniye) en düşük değerler 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemi uygulanan grup (277.50 x-ışını/saniye) ile elde edildi. Yaşlandırma uygulanan iki grup arasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).

**Tablo 4.2.5.** Quixfill kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>QK-Q1</b>	$p<0.001$
<b>QK-Q2</b>	$p<0.001$
<b>Q1-Q2</b>	$p>0.05$

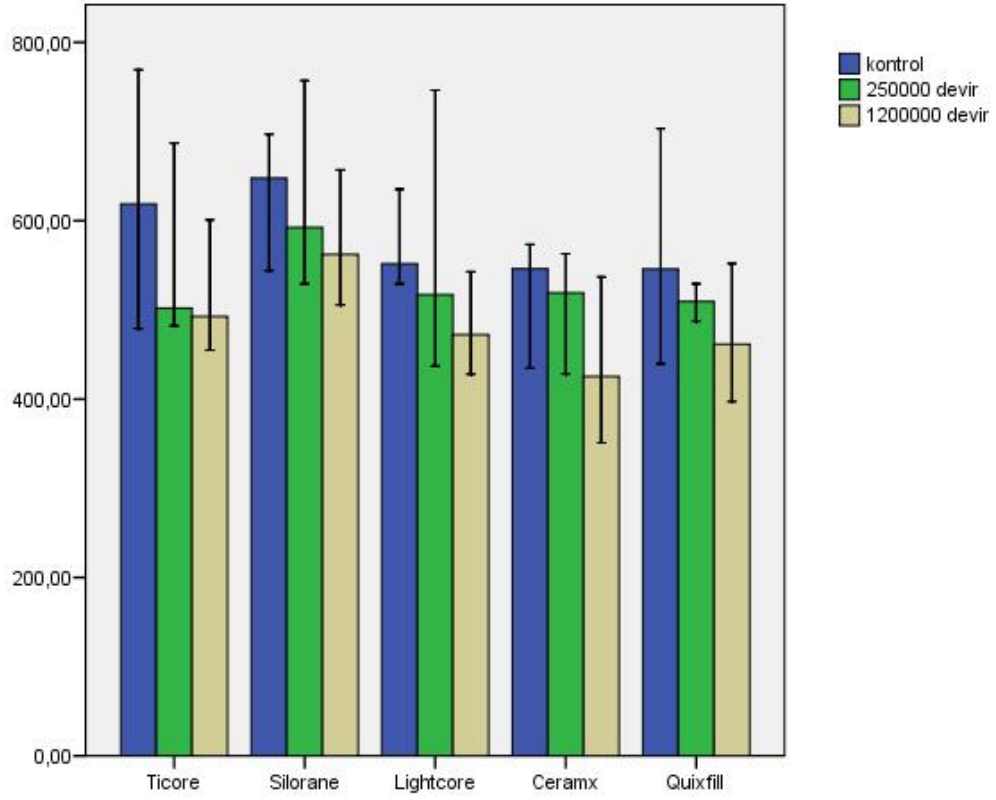
### 4.3. Baskı Testi Bulguları

Baskı testi sonucu elde edilen kırılma dayanımı değerlerinin ortanca, minimum ve maksimum sayısal değerleri Tablo 4.3.1' de görülmektedir.

**Tablo 4.3.1** Gruplara ait baskı testi bulguları (N)

<b>Gruplar</b>	<b>Ortanca</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>TK</b>	632.50	467.00	957.00
<b>T1</b>	584.70	468.20	879.00
<b>T2</b>	516.70	438.40	602.10
<b>SK</b>	647.70	403.00	892.00
<b>S1</b>	626.70	448.80	792.00
<b>S2</b>	585.50	480.80	764.00
<b>LK</b>	569.80	492.00	711.90
<b>L1</b>	564.10	356.80	759.00
<b>L2</b>	474.50	309.80	601.90
<b>CK</b>	521.50	425.00	638.00
<b>C1</b>	504.10	233.60	750.70
<b>C2</b>	442.20	351.00	537.20
<b>QK</b>	545.00	371.20	432.00
<b>Q1</b>	509.40	472.80	539.20
<b>Q2</b>	468.20	371.20	572.00

Kırılma dayanımı açısından değerlendirildiğinde en yüksek ortanca değerinin kontrol grupları arasından 647.70 N'luk değer ile Silorane kompozit kor materyaline, en düşük ortanca değerinin 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırılan gruplar arasından 442.20N'luk değer ile CeramX kompozit kor materyaline ait olduğu görüldü. Bütün grupların baskı testi sonucu oluşan kırılma dayanımı değerleri ortalamaları ve standart sapmaları Grafik 4.3.1'de görülmektedir.



**Grafik 4.3.1.** Kırılma dayanımı verilerine ait ortalama ve standart sapmaları

Kompozit kor materyallerinin kırılma dayanımına etkisi açısından değerlendirildiğinde (Tablo 4.3.2) en yüksek kırılma dayanımı Silorane kompozit kor materyali (647.70 N) ile elde edildi ve Ti-Core kompozit rezini (632.50 N) ile arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ( $p>0.005$ ). En düşük değerler CeramX kompozit rezin (442.20 N) ile elde edilirken bu grupta, Quixfill (468.20 N), Light-Core (474.50 N) grupları arasında anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.005$ ).

**Tablo 4.3.2.** Kırılma dayanımı açısından kompozit kor materyalleri arasında önemlilik durumu

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q-T</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q-L</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q-S</b>	<b>p&lt;0.005</b>
<b>Q-C</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C-T</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C-L</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C-S</b>	<b>p&lt;0.005</b>
<b>S-T</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>S-L</b>	<b>p&lt;0.005</b>
<b>L-T</b>	<b>p&gt;0.005</b>

Termomekanik yaşlandırmanın kırılma dayanımına etkisi incelendiğinde, gruplar kırılma dayanımları açısından farklılık gösterdi (Tablo 4.3.3). En yüksek kırılma dayanımı değerleri kontrol gruplarında tespit edildi. En düşük kırılma dayanımı 1.200.000 devir ile termomekanik yaşlandırma işlemine tabi tutulan gruplarda görülürken, 250.000 devir ile yaşlandırılan gruplar ile arasında istatistiksel fark bulunmadı ( $p>0.005$ ).

**Tablo 4.3.3** Kırılma dayanımı açısından termomekanik yaşlandırma işlemleri arasında önemlilik durumu

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Kontrol- 250000 devir</b>	<b>p&gt;0.01</b>
<b>Kontrol- 1200000 devir</b>	<b>p&lt;0.01</b>
<b>250000 devir-1200000 devir</b>	<b>p&gt;0.01</b>

Gruplar arasında oluşan farkın kaynağını belirlemek üzere karşılaştırma yapmak için Benferroni düzeltilmeli Mann Whitney U testi uygulandı. Söz konusu farklılığı yaratan grup ya da gruplar için belirlenmiş çoklu karşılaştırma test istatistiklerinin sonuçları Tablo 4.3.4-6'de görülmektedir.

**Tablo 4.3.4.** Kontrol gruplarının kırılma dayanımı açısından ikili karşılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>QK-TK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>QK-LK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>QK-SK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>QK-CK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>CK-TK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>CK-LK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>CK-SK</b>	<b>p&lt;0.005</b>
<b>SK-TK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>SK-LK</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>LK-TK</b>	<b>p&gt;0.005</b>

Kontrol grupları kırılma dayanımı açısından değerlendirildiğinde en yüksek kırılma dayanımı değerleri Silorane kompozit rezini (647.70 N) ile, en düşük değerler de CeramX kompozit rezini (521.50 N) ile elde edildi ( $p<0.005$ ). Ti-Core (632.50 N), Light-Core (569.80 N) Quixfil (545.90 N) kompozit rezinleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0.005$ ).

**Tablo.4.3.5.** 250.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların kırılma dayanımı açısından ikili karşılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q1-T1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q1-L1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q1-S1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>Q1-C1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C1-T1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C1-L1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>C1-S1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>S1-T1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>S1-L1</b>	<b>p&gt;0.005</b>
<b>L1-T1</b>	<b>p&gt;0.005</b>

250.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplar arasında kırılma dayanımı açısından istatistiksel fark bulunmadı ( $p>0.005$ ).

**Tablo 4.3.6.** 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların kırılma dayanımı açısından ikili karşılaştırmalarının önemlilik durumları

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>Q2-T2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>Q2-L2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>Q2-S2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>Q2-C2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C2-T2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C2-L2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>C2-S2</b>	<b><math>p&lt;0.005</math></b>
<b>S2-T2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>S2-L2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>
<b>L2-T2</b>	<b><math>p&gt;0.005</math></b>

1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grupların kırılma dayanımları değerlendirildiğinde, en yüksek kırılma dayanımı Silorane kompozit rezini (585.50 N) ile elde edilirken, Ti-Core (516.70 N), Light-Core (474.50 N) ve Quixfil (468.20 N) kompozit rezinleri arasında fark bulunmadı ( $p>0.005$ ). En düşük kırılma dayanımı değerleri CeramX kompozit rezini (442.20 N) ile elde edildi ve sadece Silorane kompozit rezini ile arasında istatistiksel fark tespit edildi ( $p<0.005$ ).

#### **4.4.Kompozit Kor Materyallerinin Kırılma Dayanımı Açısından Grup İçi Karşılaştırmaları**

##### **4.4.1. Silorane Kompozit Rezini**

Silorane kompozit rezininin alt grupları karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel fark bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.1.1).

**Tablo 4.4.1.1** Silorane kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>SK-S1</b>	<b>p&gt;0.05</b>
<b>SK-S2</b>	<b>p&gt;0.05</b>
<b>S1-S2</b>	<b>p&gt;0.05</b>

#### 4.4.2. Ti-Core Kompozit Rezini

Ti Core kompozit rezininin grup içi karşılaştırılmasında istatiksels olarak anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.2.1).

**Tablo. 4.4.2.1** Ti-Core kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>TK-T1</b>	<b>p&gt;0.05</b>
<b>TK-T2</b>	<b>p&gt;0.05</b>
<b>T1-T2</b>	<b>p&gt;0.05</b>

#### 4.4.3. Light-Core Kompozit Rezini

Light-Core kompozit rezini kırılma dayanımı açısından grup içi karşılaştırmasında kontrol grubu ile 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma uygulanan grup arasında istatiksels fark bulundu ( $p<0.05$ ). Termomekanik olarak yaşlandırılan deney grupları arasında anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.3.1).

**Tablo. 4.4.3.1** Light-Core kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

<b>Karşılaştırılan Gruplar</b>	<b>P</b>
<b>LK-L1</b>	<b>p&gt;0.05</b>
<b>LK-L2</b>	<b>p&lt;0.05</b>
<b>L1-L2</b>	<b>p&gt;0.05</b>



#### 4.4.4. CeramX Kompozit Rezini

CeramX kompozit rezininin kırılma dayanımı açısından grup içi karşılaştırılmasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.4.1).

**Tablo. 4.4.4.1** CeramX kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

Karşılaştırılan Gruplar	P
CK-C1	$p>0.05$
CK-C2	$p>0.05$
C1-C2	$p>0.05$

#### 4.4.5 Quixfill Kompozit Rezini

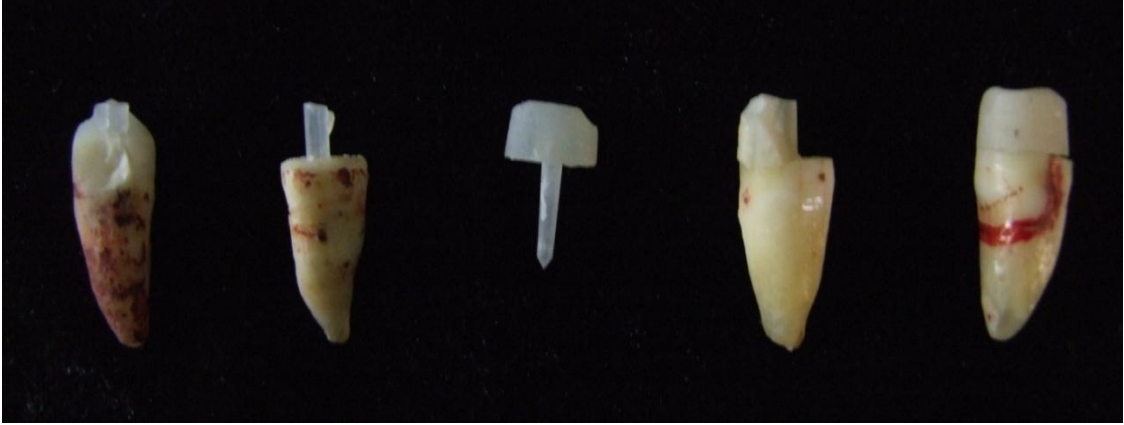
Quixfill kompozit rezini ile de grup içi karşılaştırmalarda istatistiksel farklılık görülmedi ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.5.1).

**Tablo.4.4.5.1** Quixfill kompozit rezininin grup içi karşılaştırması

Karşılaştırılan Gruplar	P
QK-Q1	$p>0.05$
QK-Q2	$p>0.05$
Q1-Q2	$p>0.05$

#### 4.5. Baskı Testi Sonucu Oluşan Kırık Tipleri

Baskı testi sonucunda görülen kırık tipleri kor yapının dişten ve posttan ayrılması, kole bölgesinin 1/3' lük kısmında görülen kırıklar, post desimantasyonları, dişin 2/3 kök kırıkları şeklinde sınıflandırıldı. Kırık tipleri Şekil 4.5.1'de, kırık tiplerinin sayıları Tablo 4.5.1'de görülmektedir.



Şekil 4.5.1. Örnek kırık tipleri

Tablo 4.5.1 Gruplara ait kırık tipleri

Gruplar	Kor yapının ayrılması	1/3 boyun kırıkları	Post desimantasyonu	2/3 kök kırıkları
TK	9	-	-	1
LK	8	1	1	-
OK	8	2	-	-
CK	10	-	-	-
SK	4	5	-	1
T1	4	2	3	-
L1	5	3	2	-
Q1	8	2	-	-
C1	9	-	-	-
S1	8	-	1	-
T2	7	2	-	-
L2	9	1	-	-
Q2	9	1	-	-
C2	7	1	-	-
S2	9	-	-	-

#### 4.6. Korelasyon Analizi

Sonuçlar mikrosızıntı ve kırılma dayanımı arasında bir ilişki olup olmadığı açısından değerlendirildiğinde, yapılan korelasyon analizi (Tablo 4.6.1) bu iki parametre arasında bir korelasyonun olmadığını gösterdi ( $r = -0.002$ ,  $p > 0.05$ ).

**Tablo 4.6.1** Korelasyon analizi

Korelasyon Analizi		Mikrosızıntı	Kırılma Dayanımı
Mikrosızıntı	Pearson Korelasyonu	1	-0.002
	Önemlilik		$p > 0.05$
	N	143	143
Kırılma Dayanımı	Pearson Korelasyonu	-0.002	1
	Önemlilik	$p > 0.05$	
	N	143	143

## 5. TARTIŞMA

Beş farklı kompozit rezinin kullanıldığı post-kor restorasyonlarında termomekanik yaşlandırma işleminin diş ile kompozit arasında oluşturduğu mikrosızıntıya ve dişin kırılma dayanımına etkisini araştırdığımız bu çalışmanın sonuçları kompozit rezinin ve yaşlandırma işleminin mikrosızıntıda ve dişin kırılma dayanımında etkili olduğundan çalışmamızın hipotezi reddedilmiştir.

Doğal dişler anatomik yapı, yaş, çekim sonrasındaki bekleme süre ve koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermelerine rağmen, elastiklik, restorasyona bağlanma, termal iletkenlik, geçirgenlik ve dayanıklılık özellikleri düşünüldüğünde klinik ortamın taklit edilebilmesi amacı ile denek olarak sıklıkla tercih edilirler (Gale ve Darvell, 1999a; Nergiz ve ark., 2002a). Ancak mikrosızıntı ve kırılma dayanımı deneylerinde çekim esnasında oluşabilecek mikro çatlakların deney sonuçlarını etkileyebileceği göz ardı edilmemelidir (Gale ve Darvell, 1997;1999a; Federlin ve ark., 2002). Bu amaçla çalışmamızda kullanılan doğal dişler x7 büyütme bir stereo mikroskop altında incelendikten sonra denek olarak seçilmiştir. Ayrıca doğal dişlerin kullanıldığı kırılma dayanımı testlerinde diş mobilitesinin kırılma dayanımı üzerinde etkili olduğu da belirtilmektedir (Kelly, 1995). Daha doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için fizyolojik diş mobilitesini ve periodontal membranı taklit edebilen yapay bir periodontal membran kullanımı önerilmiştir. (Kern ve ark., 1999; Kheradmandan ve ark., 2001; Steiner ve ark., 2009). Bu çalışmada da doğal dişlerin mine-sement birleşiminin 2 mm altına kadar yapay membran uygulanmıştır. Yapılan bir çalışmada kullanılan yapay periodontal membranın 5 N'luk kuvvet altında horizontal yönde  $100\pm 30$   $\mu\text{m}$ , vertikal yönde ise  $65\pm 21$   $\mu\text{m}$  hareket edebildiği bildirilmiş ve bu değerlerin Mühlemann (1979) tarafından belirtilen fizyolojik diş mobilitesi değerlerine oldukça yakın olduğu belirtilmiştir (Kern ve ark., 1999).

Ağız yapısının karmaşık kimyasal ve mekanik özelliklerinden dolayı in vitro koşullarda birebir taklit edilmesi mümkün değildir. Ağız ortamının taklit edilebilmesi amacıyla kullanılan yaşlandırma işlemlerinden biri de termomekanik yaşlandırma yöntemidir. Mekanik yükleme esnasında post-kor restorasyonuna kuvvet uygulanması posta, kora ya da kor üzerine uygulanmış kron restorasyonuna yapılabilmektedir (Isidor ve Brondum, 1992; Isidor ve ark., 1996; Yang ve ark., 2001; Hsu ve ark., 2002; Goto ve ark., 2005; Hayashi ve ark., 2006; Stricker ve Gohring, 2006). Kron simantasyonunda

kullanılan simanın, sabit restorasyon materyalinin ve yapım tekniğinin, sabit restorasyonunun kenar uyumunun etkilerinin ortadan kaldırılması amacı ile çalışmamızda kuvvet direkt olarak kompozit rezin kora uygulanmıştır.

Mekanik yükleme esnasında dişin hangi açıyla konumlandırılacağı farklılık göstermektedir. Bu açı kesici dişler referans alınarak genellikle 30° ve 60° arasında değişmektedir, sıklıkla 45°'lik açı kullanılmaktadır (Isidor ve ark., 1996; Dietschi ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2006). Dişin uzun eksenine 90°'lik açı yapacak şekilde uygulanan mekanik yükleme de en kötü ağız şartlarını taklit etmek amacıyla kullanılmıştır (Cormier ve ark., 2001). Çalışmamızda da, literatüre uygun olarak oblik kuvvetlerin taklit edilebilmesi amacıyla yükleme esnasında 45°'lik açı kullanıldı.

Ağız içinde oklüzal kuvvetler genellikle yıkıcı olmayan boyutlarda ve tekrarlayan döngüler sonucunda oluşmaktadır (Krejci ve ark., 1994; Kelly, 1999). Krejci ve ark., (1994) çiğneme simülatörlerinin, çiğneme hareketlerini ve ısıl değişimleri aynı anda oluşturması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda termomekanik yaşlandırma işleminde kullanılan çiğneme simülatörünün parametreleri Krejci ve ark.'nın (1994) hesaplamalarına uygun olarak 1 yıllık kullanım süresine eş değer 250.000 devir, 5 yıllık kullanım süresine eş değer 1.200.000 devir uygulanmıştır. Bu süreler farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Sakaguchi ve ark., 1986; Kern ve ark., 1999).

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda değişik gıdaların çiğnenmesi esnasında normal çiğneme kuvvetlerinin 20-120 N arasında değiştiği görülmüştür (Krejci ve ark 1994). Haşlanmış bir patates çiğnendiğinde 20 N, beyaz ekmeğin çiğnenmesi esnasında ise 60 N, havuç çiğnendiğinde 100 -120 N'luk kuvvetlerin olduğu bulunmuştur. Gıda sertliğinin çiğneme paternini ve çiğneme kuvvetlerini etkilediği bildirilmiştir (Krejci ve ark 1994). İnsanlara silikon bir lastik ısırtılarak ve çiğnetilerek oluşan çiğneme kuvvetlerinin ölçüldüğü bir çalışmada molarlar bölgesinde 100-140 N, küçük azılar ve kesiler bölgesinde 25-45 N'luk kuvvetlerin olduğu görülmüştür (Kelly 1999). Çalışmamızda kullandığımız cihazın parametrelerine uygun olarak örneklere fizyolojik sınırlar içerisinde olan 49 N'luk kuvvet uygulanmıştır.

Termal devirlendirme işlemi materyalleri test etmekte sıklıkla başvurulan bir yöntemdir (Kern ve ark., 1993; Krejci ve ark 1994; Beschmidt ve Strub, 1999). Ağız içi ısı değişimleri 1°C ile 58.5°C arasında değiştiği ve bu nedenle in vitro çalışmalarda

termal devirlendirme işlemi 0 - 67°C arasında gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür (Palmer ve ark., 1992). Ayrıca termal devirlendirme işleminin sayısı hakkında kesin bir fikir birliği olmamakla birlikte, sayının 1 ile 1.000.000 arasında değiştiği ortalama olarak 10.000 ortanca değer olarak 500 kez devirlendirmenin uygun olduğu bildirilmiştir (Gale ve Darvell, 1999b). Termal devirlendirme işleminde diş ve restoratif materyallerin ısıl genleşme katsayısındaki farklılıklar nedeniyle oluşan mekanik gerilimlerin, diş ve restorasyon yüzeyi arasında bağlantının azalmasına ve bu yüzeyler arasında mikrosızıntı oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir (Torstenson ve Brannstrom, 1988a;1988b; Mair, 1989a;1989b; Palmer ve ark., 1992). Mikrosızıntıyı etkileyen bir faktör olarak termal devirlendirme işlemi 5°C ile 55°C arasında çalışmamızdaki deney gruplarına mekanik yaşlandırma ile eş zamanlı olarak 1000 ve 3000 devir olacak şekilde uygulandı.

Kompozit kor materyallerine bağlanma dayanımlarının daha yüksek olması (Vichi ve ark., 2002; Malferrari ve ark., 2003; Aksornmuang ve ark., 2006; Dietschi ve ark., 2006; Monticelli ve ark., 2006c) ve cam fiber postlara da oranla daha yüksek bükülme dayanımına sahip olmaları (Mannocci ve ark., 2001b; Galhano ve ark., 2005; D'Arcangelo ve ark., 2007) açısından ayrıca güncel post sistemleri içerisinde sıklıkla kullanılmaları nedeniyle kuvars fiber postlar çalışmamızda tercih edildi. Klinik uygulamalarda post uzunluğunun retansiyonu direkt olarak etkilediği, kısa postun daha az retatif olduğu görülmektedir (Bolhuis ve ark., 2001; Cheung, 2005). Yapılan çalışmalarda 8, 9 ve 10 mm'lik post uzunluklarında maksimum makaslama stresleri kök-siman ara yüzünde oluşurken, 6, 7 mm'lik post uzunluklarında ise streslerin apikal bölgede yoğunlaştığı gösterilmiştir (DeSort, 1983; Nissan ve ark., 2001; Toksavul ve ark., 2006). Post uzunluğunun artması dentinde oluşan gerilme stresinde düşük bir etkiye sahipken, makaslama stresinin düşmesine neden olmaktadır (Asmussen ve ark., 2005). Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada kök içinde kalan post uzunluğunu 10 mm olarak belirlendi.

Günümüzde fiber postların simantasyonunda asidi yıkanan (etch-rinse) sistemler, kendinden asitli (self-etch sistemler), ve ayrı bir adeziv sistem içermeyen (self-adeziv) sistemler sıklıkla kullanılmaktadır (Grandini ve ark., 2005a; Goracci ve ark., 2007). Ayrı bir adeziv sistem içermeyen rezin simanların herhangi bir dentin hazırlığı gerektirmemeleri, kolay uygulanabilmeleri, optik özelliklerinin iyi olması,

boyutsal stabilitelerinin iyi olması, mikromekanik tutuculuklarının olması, özellikle teknik hassasiyetlerinin olmaması nedeniyle fiber postların simantasyonunda kullanımları artmıştır (Grandini ve ark., 2005a; Goracci ve ark., 2007). Çalışmamızda postların simantasyonunda, diş ile kimyasal ve mikromekanik bağlantı yapması, teknik hassasiyetlerinin olmaması ve diğer rezin simanlarla karşılaştırıldığında benzer yapışma dayanımı göstermeleri nedeniyle ayrı bir adeziv sistem içermeyen rezin siman (RelyX Unicem, 3M Espe) kullanılmıştır. Bu siman fosforik asit içeren multifonksiyonel monomer yapısıyla diş dokularını demineralize ederek doku içine difüze olurken, ışıkla polimerizasyonu sonrasında monomer yapı yüksek molekül ağırlıklı polimer yapıya dönüşür. Yapının kök dentinine adezyonu mikromekanik ve hidroksiapatit kristalleri ve asidik monomer arasındaki kimyasal bağlantı sonucu oluşur (Radovic ve ark., 2008).

Kor materyali ile diş arasındaki bağlantıyı oluşturmak amacı ile bu çalışmada kullanılan tüm kompozit kor materyallerinin uygulanmasından önce bağlantı ajanı olarak üretici firma önerileri doğrultusunda kendinden asitli adezivler kullanıldı. Kendinden asitli adezivler eş zamanlı olarak demineralizasyon ve hibridizasyonun sağlanabilmesi için yıkanmayan asidik monomerlerin kullanılmasını esas alan bir yaklaşımdır. Bu sistemlerde asit yıkama aşaması kaldırılarak hem klinik uygulama süresi kısaltılmış, hem de teknik hassasiyet, yani uygulama sırasındaki hata riski büyük ölçüde azaltılmıştır (Christensen, 2002a;2002b; Perdigao ve ark., 2004b; Perdigao ve ark., 2004a). Bu adeziv sistemler dentin yüzeyini kısmen çözerek hibrit tabaka içerisinde önemli miktarda hidroksiapatit kristali kalmasını sağlar. Fonksiyonel monomerlerin özel karboksil ve fosfat grupları ise bu arta kalan hidroksiapatit ile reaksiyona girer (Yoshida ve ark., 2004). Bu çifte bağlantı mekanizmasının (mikromekanik ve kimyasal bağlanma) restorasyonun başarısında etkili olduğu düşünülmektedir. Kendinden asitli adezivler mikromekanik bağlantı sayesinde ani streslere karşı direnç gösterirken, kimyasal bağlantıyla hidrolitik bozunmaya daha iyi direnç gösterecek bağlar oluşturabilir ve böylece daha uzun süreyle restorasyon kenarlarında tıkanma sağlayabilirler (Van Meerbeek ve ark., 2003b; Yoshida ve ark., 2004). Bir araştırmada TEM ve SEM incelemesi sonucunda oluşan rezin uzantıların sadece saf rezin değil, rezinle çevrelenmiş hidroksiapatit kristalleri içerdiği ve diş ve rezin arası bağlantının rezin uzantılarından daha çok, kristaller arası ve kristallerin

içerisindeki hibridizasyona bağlı olduğu bildirilmiştir (Hannig ve ark., 2002)(Hannig ve ark., 2002).

Post-kor restorasyonlarında kor materyali olarak kompozit rezinler tercih edilmektedir. Mikrohibrit kompozit rezinlerden akışkan kompozitlere kadar her tip kompozit rezin kor yapımında kullanılmaktadır (Dietschi ve ark., 2006; Cheleux ve ark., 2007). Bununla birlikte kor yapımına uygun en iyi performansı gösterebilecek kompozit rezin tipinin ne olduğu tam olarak tespit edilememiştir. Bu amaçla çeşitli materyaller ile güçlendirilerek, doldurucuların cinsi ve miktarı değiştirilerek farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, özellikle kor yapımı için kullanılabilir çeşitli kompozit rezin materyaller üretilmektedir. Kompozit rezin korların estetik olmaları, dentine yakın elastisite modülüne sahip olmaları gibi avantajları da bulunmaktadır (Craig ve Powers 2002). Çalışmamızda özellikle kor materyali olarak üretilen ve farklı doldurucu tipine sahip dimetakrilat-fiber dolduruculu Light-Core ve dimetakrilat-titanyum ile güçlendirilmiş Ti-Core kullanılırken, farklı monomer yapısına sahip dimetakrilat-cam silikat doldurucu içeren Quixfill, ormoser-cam doldurucu içeren CeramX ve epoksit-kuvars doldurucu içeren Silorane kompozit rezinleri kullanıldı.

Kompozit rezin ile diş dokusu arasındaki bağlantı bölgesinin restorasyonun en zayıf noktası olduğu, mikrosızıntının bu iki yapı arasında oluşabilecek açıklık nedeniyle oluştuğu ve bunun sonucunda restorasyonun başarısız olabileceği bilinmektedir. Post-kor restorasyonlarında sıklıkla gözlenen başarısızlıklardan biri olan mikrosızıntının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında boyama yöntemi, radyoaktif izotop yöntemi, sıvı infiltrasyon yöntemi, elektrokimyasal yöntemler, SEM incelemesi bulunmaktadır (Kidd, 1976; Browne ve Tobias, 1986; Alani ve Toh, 1997; Raskin ve ark., 2001). Boyama yöntemleri mikrosızıntı çalışmalarında en sık kullanılan yöntemdir (Ferrari ve ark., 1994; Gale ve ark., 1994; Raskin ve ark., 2001; Federlin ve ark., 2002). Ancak deney koşullarından kullanılan boyayıcı yada kimyasal solüsyonun tipi, konsantrasyonu, bu solüsyonun içinde bekletme zamanı, dişlerden kesit alınması, alınan kesidin sayısı, mikrosızıntı değerlendirilirken kullanılan skorlama veya metrik ölçüm yöntemleri gibi faktörlerin farklılık göstermesiyle deney sonuçları büyük oranda değişmektedir (Going, 1972; Kidd, 1976; Jodaikin, 1981; Ferrari ve ark., 1994; Gale ve ark., 1994; Raskin ve ark., 2001; Federlin ve ark., 2002). Örneğin metilen mavisi % 0.5, % 2, % 5 gibi konsantrasyonlarda kullanılırken, bazik



fuksin % 0.5 veya % 2 oranlarında kullanılabilir. Literatürde her boyanın farklı şekillerde veya oranlarda penetre olduğu gösterilmiştir (De Almeida ve ark., 2003). Örneklerin solüsyonda bekletme süresi ise oldukça değişkendir. Bu süre 10 saniye ile 180 gün arasında değişen zamanlara sahiptir (Alani ve Toh, 1997). Özellikle kendinden asitli adezivler araştırılacaksa hidrofilik yapılarından dolayı az daldırma süreleri tercih edilmektedir (Alani ve Toh, 1997). Mikrosızıntı yöntemlerinde karşılaşılan bir problem de 3 boyutlu bir olgunun 2 boyutta incelenmeye çalışılmasıdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için Gale ve ark., (1994) aynı diş üzerinden aldıkları pek çok kesit ile mikrosızıntının bilgisayarda 3 boyutlu şeklini çizmeye çalışmışlardır. Iwami ve ark., (2007) 5. sınıf kavitelere kenar uyumunu incelemek için boyama yapılmaksızın dişlerden aldığı ince kesitlerde diş ile kompozit rezinin arasındaki aralığın haritasını üç boyutlu olarak çıkarmaya çalışmışlardır. Sıklıkla kullanılan diğer bir yöntem radyoaktif izotop yöntemidir. Diş hekimliği araştırmalarında kullanılan bazı radyoaktif elemanlar,  $Ca^{45}$ ,  $P^{32}$ ,  $Na^{24}$ ,  $F^{18}$ ,  $I^{131}$ ,  $Ga^{67}$ ,  $S^{35}$  dir. Dişlerin birkaç saat izotop solüsyonunda bekletilmesinden sonra kesitler alınıp otoradyografi yöntemi ile kalitatif tespitine dayanan bu yöntem ilerleyen görüntüleme teknolojileri sayesinde tamamen farklı bir boyut kazanmıştır. Çalışmamızda kullanılan radyoaktif izotop yönteminde radyoaktif izotop olarak  $Tl^{201}$  ve mikrosızıntı değerlerini tespit etmek için yüksek çözünürlüklü gama kamera (SPECT) kullanıldı. Yarı ömrü 72 saat olan, biyolojik ortamlardaki davranışları potasyuma benzeyen  $Tl^{201}Cl$  izotoniktir ve sulu ortamlarda kolaylıkla difüze olabilir. Talyumun izotopunun kısa bir sürede difüze olması ve mikrosızıntı değerlerinin kantitatif olarak vermesi ve herhangi bir şekilde örneğin preparasyonunu gerektirmemesi, solüsyonun izotonik olması, testin tekrarlanabilmesi açısından tercih edilmiştir (Sarac ve ark., 2004).

Bu çalışmanın sonuçları test edilen kompozit rezin kor materyalleri ile tam bir sızdırmazlık sağlanamadığını gösterdi. En düşük mikrosızıntı değerleri Silorane ile elde edilirken, en yüksek mikrosızıntı değerleri CeramX ile elde edildi. Silorane ile Ticore arasında ve Quixfill, Lightcore ve CeramX arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ( $p>0.05$ ). Hooshmand (2009) dimetakrilat, ormoser, silorane içerikli 5 farklı kompozit rezinin 5. sınıf kavitelere, gümüş nitrat kullanılarak mikrosızıntısını incelediği araştırmada epoksit yapılı kompozitin en düşük mikrosızıntı değerlerine, ormoser yapılı kompozit rezinin en yüksek mikrosızıntı değerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu

sonuç çalışmamızı desteklemektedir. Epoksit yapılı kompozitlerin daha düşük mikrosızıntı göstermeleri, düşük polimerizasyon büzülmelerine ve dimetakrilat yapılı kompozit rezinlerden daha az hidrofilik olmalarına bağlanmıştır (Weinmann ve ark., 2005; Eick ve ark., 2006; Ilie ve ark., 2007; Ernst ve ark., 2008; Sauro ve ark., 2008). Çalışmamızda da epoksit yapılı kompozit rezin olan Silorane ile daha düşük mikrosızıntı değerleri elde edildi. Yamazaki ve ark., (2006) yaptıkları çalışmada epoksit yapılı, nanofil doldurucu, mikrohibrit kompozit rezinlerin 1. sınıf kaviteelerde, 200.000 devirlik mekanik yükleme sonrasında, % 1'lik metilen mavisi kullanarak mikrosızıntısını incelemişler ve en düşük mikrosızıntı değerlerinin epoksit yapılı kompozitlerle elde edildiğini ve bu kompozit rezinin mekanik yüklemeye sonra mikrosızıntı değerlerinin artmadığını bildirmişlerdir. Kompozit rezinin hidrofiliği, doldurucu oranı, doldurucu çeşidi farklı kompozitlerde farklı mikrosızıntı değerleri oluşmasına neden olmaktadır (Yamazaki ve ark., 2006). Hidrofilik gruplar kompozit rezinin su emilim derecesini etkilemektedir. Genellikle düşük doldurucu yüksek rezin içeren materyallerin su emilimi daha yüksektir (Yamazaki ve ark., 2006).

Bagis ve ark., (2009) yaptıkları bir çalışmada dimetakrilat yapılı nanohibrit kompozit ve epoksit yapılı Silorane kompozit rezinlerini, MOD kaviteelerde, 1000 devir termal devirlendirme işleminden sonra, % 0.5'lik bazik fuksinle yaptıkları mikrosızıntı deneyinde Silorane kompozit rezininde skorlama yöntemi ile mikrosızıntı tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Dimetakrilat yapılı kompozit rezinlerin yüksek doldurucu oranları nedeniyle polimerizasyon büzülmeleri azaltılmasına rağmen, polimerizasyon büzülmesi hacimsel olarak % 1.5-6 arasında değişmektedir (Losche, 1999; Kleverlaan ve Feilzer, 2005). Buna karşılık Silorane kompozit rezininin polimerizasyon büzülmesi % 1'den daha azdır (Weinmann ve ark., 2005; Puckett ve ark., 2007). Bu durum dimetakrilat yapılı kompozit rezinlerin serbest radikal polimerizasyonuna, silorane yapılı kompozitlerin de halka açılma reaksiyonlu polimerizasyonuna bağlanmıştır. Silorane yapılı kompozit rezinlerin kenar uyumlarının dimetakrilatlardan daha iyi olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Thalacker ve ark., 2004; Palin ve ark., 2005; Thalacker ve ark., 2005).

Erdilek ve ark., (2009) yaptıkları bir çalışmalarında dimetakrilat yapılı hibrit kompozit rezini ve ormoser yapılı iki kompozit rezinin 2. Sınıf kaviteelerde, 50.000 devir termomekanik yaşlandırma sonrası %10'luk metilen mavisi ile mikrosızıntısını

incelemişler ve dimetakrilat yapılı kompozit rezin ve ormoser yapılı kompozit rezinler arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel fark bulamamışlardır.

Bu çalışmanın sonuçları ormoser yapılı CeramX ile, dimetakrilat yapılı Quixfill ve fiber doldurucu ve dimetakrilat yapılı Light-Core arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel fark olmadığını gösterdi. İstatistiksel fark olmamakla birlikte elde edilen mikrosızıntı değerleri incelendiğinde CeramX'in Light-Core ve Quixfill'e oranla daha yüksek değerler verdiği, bu kompozitler arasında en düşük değerlerin Quixfill ile elde edildiği görüldü. Değerler arasındaki bu farklılıkta doldurucu oranlarının etkili olduğu düşünülmektedir. CeramX % 76 oranında, Light-Core % 80.5 oranında ve Quixfill % 86 oranında doldurucu içermektedir. Doldurucu oranları ile mikrosızıntı değerleri arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Doldurucu oranı arttıkça mikrosızıntı değerlerinin düştüğü görüldü. Doldurucu oranlarının artırılması ile organik matriksin ve buna bağlı olarak polimerizasyon büzülmesinin azalmasına neden olur (Roulet ve ark., 1991a; 1991b; Ferracane, 2005;2006). Al-Harbi ve Farsi (2007) yaptıkları çalışmalarında ormoser ve dimetakrilat yapılı kompozitleri in-vivo mikrosızıntılarını karşılaştırdıkları çalışmalarında bu iki kompozit arasında istatistiksel fark bulamamışlardır. Yazıcı ve ark., (2004) yaptıkları bir çalışmada, dimetakrilat içerikli hibrit, kondense edilebilir, akışkan kompozit ve ormoser içerikli 4 farklı kompozit rezinin, 5. sınıf kaviteelerde, 200 devir termal devirlendirme işleminin uygulanmasının ardından % 0.5 basık fuksin kullanarak, mine ve dentin sınırlarında oluşan mikrosızıntıyı inceledikleri çalışmalarında kompozitler arasında istatistiksel olarak fark bulamamışlardır. Bu çalışmaların sonuçları çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Owens ve ark., (2006) yaptıkları çalışmalarında asidi yıkanan, kendinden asitli (1 ve 2 basamaklı) adeziv sistemlerin 5. sınıf kaviteelerde, 1000 devir termomekanik yaşlandırma işleminden sonra, % 1'lik metilen mavisi ile mikrosızıntılarını incelemişler ve en yüksek mikrosızıntı değerinin 1 basamaklı kendinden asitli adezivlerle elde edildiğini, 2 basamaklı kendinden asitli adezivler ile asidi yıkanan adezivlerin arasında mikrosızıntı açısından fark olmadığını bildirmişlerdir. İki basamaklı kendinden asitli adezivlerin tek basamaklı kendinden asitli adezivlere göre zaman içerisinde daha stabil bir dentine bağlanma dayanımı göstermektedir (De Munck ve ark., 2005a; 2005b). Tek basamaklı dentin adezivlerinin hidrofilik olması, dentinin karmaşık tübüler yapısı ve dentin yapısındaki nemden dolayı bağlantı dayanımı daha düşüktür (De Munck ve ark.,

2005a; Frankenberger ve ark., 2005a; Frankenberger ve Tay, 2005; Peumans ve ark., 2005). Çalışmamızda da 2 basamaklı kendinden asitli adeziv kullanılan Silorane ve Ticore kompozit rezinleri, tek basamaklı kendinden asitli adeziv sistem kullanılan Light-core, Ceramx, Quixfill kompozit rezinlerinden daha düşük mikrosızıntı değerleri gösterdi.

Sonuçlar termomekanik yaşlandırmanın mikrosızıntıya etkisi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek mikrosızıntı değerleri kontrol gruplarında, en düşük mikrosızıntı değerleri 1.200.000 devir ile termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplarda görüldü ve 1.200.000 devir ile 250.000 devir uygulanan gruplar arasında istatistiksel fark bulunmadı ( $p>0.01$ ). Mikrosızıntı ile ilgili çalışmalarda uygulanan kuvvetin büyüklüğü, devir sayısı, kuvvetin frekansı, kuvvet uygulanan restorasyon tiplerinin farklılıkları sonuçların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Ancak genel olarak kabul edilen termomekanik yaşlandırmanın dentin tabakasında oluşan mikrosızıntıyı artırdığıdır (Crim, 1993; Retief, 1994; Neme ve ark., 2000; Tulunoglu ve ark., 2000). Mikrosızıntı deneylerinde bazı çalışmalarda mikrosızıntı değerleri termal devirlendirme (Grossman ve Sparrius, 1990; Hakimeh ve ark., 2000; Ozel ve ark., 2008) ve mekanik yükleme (Kubo ve ark., 1992; Davidson ve Abdalla, 1994; Abdalla ve Davidson, 1996; Jang ve ark., 2000; Kubo ve ark., 2001) neticesinde artarken, bazı çalışmalarda mikrosızıntı değerlerinin değişmediği (Deveaux ve ark., 1999; Li ve ark., 2002) bildirilmiştir. Bu durumun mikrosızıntı deneyi üzerinde oluşturulmuş bir altın standart olmaması, değerlendirmenin çoğunlukla skorlama yöntemi gibi subjektif olarak yapılması sonucunda oluşabileceği bildirilmiştir (Derhami ve ark., 1995; Ferrari ve ark., 1999a; Ferrari ve ark., 1999b; Beznos, 2001). Bununla birlikte, mikrosızıntının marjinal açıklığın azalması ile düştüğü bildirilmiştir (Hilton ve ark., 1997; Ferrari ve ark., 1999a;1999b). Su emilimine bağlı higroskopik genişlemenin marjinal aralığı azalttığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Yap ve ark., 2003; McCabe ve Rusby, 2004; Albashaireh ve ark., 2010). Yap ve ark., (2003) 2 farklı kompozitin 24 saat, 1, 2 ,3 ve 4 hafta su içinde bekletildikten sonra kenar açıklığını inceledikleri çalışmada, kenar açıklığının 4. haftanın sonuna kadar giderek azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda termomekanik yaşlanmaya bağlı mikrosızıntı değerlerinin azalması, deney esnasında 11 gün ve 3 gün boyunca distile su ile termal devirlendirme işlemine tabi tutulan örneklerin su emilimi sonucunda marjinal açıklığın azalması ile ilişkilendirilebilir. Huang ve ark.,

(2002b) poliasit modifiye kompozit (kompomer), dimetakrilat yapılu kompozitin başlangıç, 1., 2., 4., 6., 8., 10., 12. haftalarında su emilimine bağlı kenar açıklığını inceledikleri çalışmalarında marjinal aralığın su emilimine bağlı olarak kısmen kapandığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar doldurucu oranı arttıkça su emilimi ve salınımının azaldığını da bildirmişlerdir (Huang ve ark., 2002a). Sıvı emiliminin etkileri yalnızca emilen sıvının miktarı ve de çeşidi ile değil aynı zamanda absorpsiyon mekanizması ile de ilişkilidir. Boyutsal değişim yaratan her türlü sıvı emilimi klinik olarak bazı problemlere yol açarken (Soderholm, 1984), polimerizasyon büzülmesini kompanse etmek ve polimerizasyon büzülmesinden kaynaklı stress birikimlerini azaltmak gibi olumlu etkileri de vardır (Segura ve Donly, 1993; Feilzer ve ark., 1995). Kompozit rezinlerde sıvı emilimi kompozit rezindeki hidrofilik monomerler nedeniyle oluyorsa göreceli olarak esnek yapıya sahip olan kompozit rezinin boyutsal değişimi diş yapıları ile sınırlandırılabilir. Ancak osmotik basınç nedeniyle kompozit yapının içerisinden oluşan boşluklara sıvı geçişi olması mevcut diş yapıları tarafından sınırlandırılmaz (McCabe ve Rusby, 2004).

Marjinal aralığın dinamik yükler altında geçici olarak arttığı veya azaldığını belirten çalışmalara (Hannig ve Friedrichs, 2001; Cardoso ve ark., 2002) karşın, adeziv restorasyonlarda marjinal açıklığın oklüzal yükleme esnasında ortaya çıkan geçici bir durum olabileceğini ve yüklemeye sonra esneyen diş dokularının eski pozisyonlarına dönerek marjinal aralığın başlangıç haline döneceğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Jorgensen ve ark., 1976; Darbyshire, 1988). Restore edilmiş dişlerde mekanik yaşlandırma işleminin restorasyonda kalıcı deformasyona yol açabileceği gibi yalnızca stres altında elastik deformasyon oluşturabileceği (Jorgensen ve ark., 1976; Darbyshire, 1988) ayrıca, mekanik yüklemeye devir sayısının marjinal aralık boyutlarında oluşabilecek bir deformasyona etkisi olmadığı belirtilmektedir (Prati ve ark., 1994). Yapılan bir çalışmada termal devirlendirme ya da oklüzal streslerin kompozit rezin restorasyonların mikrosızıntısını arttırmadığından bahsedilmiştir (Prati ve ark., 1994). Ye ve ark., (2007) kompozitin ışıkla polimerizasyonundan sonra kompozit rezinin bulunduğu ortam ne olursa olsun (su, hava) polimerizasyonlarının devam ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da uygulanan mekanik yaşlandırma işleminin marjinal açıklığı etkilemediği ve bunun sonucunda mikrosızıntıda bir artış olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca termomekanik yaşlandırma ile mikrosızıntı

değerlerinde görülen azalmanın, 1.200.000 devir yüklenen örneklerde 11 gün, 250.000 devir yüklenen örneklerde 3 gün boyunca termal devirlendirme işlemi esnasında su emilimi sonucunda marjinal aralığın kısmen azalmasına ve mikrosızıntı deneyine kadar kompozit rezin yapı içinde monomer/polimer dönüşümünün devam etmesi ile oluştuğu düşünülmektedir.

Çalışmanın sonuçları kompozit kor materyallerinin kırılma dayanımına etkisi açısından değerlendirildiğinde en yüksek kırılma dayanımı Silorane kompozit rezini ile elde edildi ve Ti-Core kompozit rezini ile arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ( $p>0.005$ ). Wrbas ve ark., (2007) farklı doldurucu oranlarına sahip kompozit rezinlerin kuvars fiber posta bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmalarında, farklı kompozit rezinlerin post yüzeyine bağlanma dayanımına etkili olduğunu ve doldurucu oranı yüksek kompozit rezinlerin daha az polimerizasyon büzülmesine uğrayarak, daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da doldurucu tipi farklı ve doldurucu oranı yüksek olan Ti-Core ve Light-Core kompozit rezinleri yüksek kırılma dayanımı gösterdi. Ayrıca en yüksek kırılma dayanımı gösteren doldurucu oranı diğer kompozitlere oranla daha düşük olmasına rağmen Silorane'nın farklı monomer yapısına sahip olması nedeni ile polimerizasyon büzülmesinin daha düşük olduğu (Guggenberger ve Weinmann, 2000; Weinmann ve ark., 2005) ve buna bağlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı oluşturduğu düşünülmektedir. Guven ve ark., (2008) 4 farklı kendinden asitli adeziv ve kompozitleri karşılaştırdıkları çalışmalarında Silorane yapılı yapıştırma ajanının ve kompozit rezinin, G-Bond, Clearfil ve AdheSE'den daha yüksek bağlantı dayanıklılığı gösterdiğini belirtmişlerdir. Silorane yapılı kompozit rezinlerin dentine bağlanma dayanımlarının daha yüksek olması, halka açılma reaksiyonu ile polimerize olmaları nedeni ile daha az polimerizasyon büzülmesi göstermeleri, ve dentin-adeziv ara yüzünde daha az stres oluşturmalarına bağlanmaktadır. (Palin ve ark., 2005). Çalışmamızda en yüksek kırılma dayanımı değerleri gösteren Silorane kompozit rezini ile elde edilen kırık tipleri incelendiğinde de özellikle kontrol grubunda kor yapının adeziv başarısızlıklarının yanında diş kırıklarının oluşması, diş dokusu ile kompozit rezin arasında görülen bu güçlü adezyona bağlanabilir. Ayrıca Silorane kompozitinin dentine bağlanma dayanıklılığının incelendiği farklı çalışmalarda da Silorane adeziv sisteminin test edilen diğer adeziv

sistemlere oranla daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiği bildirilmiştir (Brandt ve ark., 2008; Syrek ve ark., 2008).

Baskı testinde yüksek bağlanma değeri gösteren Ti-Core kompozit rezininin, yapısına eklenen titanyum ile baskı ve germe dayanımlarında artış olduğu ve bu değerlerin dentine yakın olduğu belirtilmiştir (Taleghani ve Bokmeyer 1992). Ti-Core kompozit rezinin baskı dayanımı bazı araştırmalarda 41.131 psi olarak verilmiştir (Cohen ve ark., 1998) bu değer dentinin baskı dayanımına (43.100 psi) oldukça yakındır (Cohen ve ark., 1996).

Hernandez ve ark., (1994) kompozit rezinlerin oklüzal kuvvetleri artıran diş yapısına homojen bir şekilde dağılmasına neden olduğu için dişin kırılmaya karşı direncini artırdığını bildirmiştir. Ancak adezyonu sağlanacak materyallerin farklı elastisite modülüne sahip olmaları kuvvet altında farklı davranmalarına neden olarak, iki materyalin adezyonunun bütünlüğünü bozabilmektedir (Assif ve Gorfil, 1994). Kompozit rezin ile diş dokuları arasındaki rijit bağlanma bu bölgede streslerin oluşmasına neden olur (Kemp-Scholte ve Davidson, 1990).

Gorucu ve ark., (2006) ormoser, dimetakrilat yapılu hibrit, kondense edilebilir kompozit rezinleri ve amalgam kor materyallerinin baskı tipi makaslama bağlanma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında, amalgam ve kondense edilebilir kompozit rezini arasında fark bulmazken, ormoser yapılu kompozitin düşük bağlanma dayanımı gösterdiğini belirtmişler ve bunun nedenini ani ve yüksek büzülme stresslerine ve kompozit rezinin elastisite modülüsüne bağlamışlardır. Çalışmamızda da en düşük değerler ormoser yapılu CeramX kompozit rezini ile elde edildi.

Çalışmamızın sonuçları termomekanik yaşlandırma işleminin kırılma dayanımına etkisi açısından değerlendirildiğinde, termomekanik yaşlandırma işleminin kırılma dayanımlarını düşürdüğü ve termomekanik yaşlandırma uygulanan gruplar arasında fark olmadığı görüldü. Kournetas ve ark., (2004) ormoser ve dimetakrilat yapılu hibrit kompozitlerin 2. sınıf kavitelere 1.200.000 devir termomekanik olarak yaşlandırdıktan sonra marjinal ve internal uyumunu inceledikleri araştırmalarında, marjinal uyumun ormoser yapılu kompozitlerde termomekanik yaşlandırma öncesinde ve sonrasında hibrit kompozitlerden daha kötü olduğunu bildirmişler ve bu durumu ormoser yapılu kompozitin reolojik özelliklerine bağlamışlardır. Mikroskop altında

yapılan incelemelerde kompozit yapının içinde hava kabarcıkları ve kırık hatlarına rastlamışlardır (Kournetas ve ark., 2004).

Soderholm and Roberts (1990) kompozitleri 6 ay suda ve kuru ortamda oda şartlarında beklettikten sonra yaptıkları değerlendirmede, kuru ortamda bekletilen kompozitlerin daha dayanıklı olduğunu bildirmişleridir. Drummond ve ark., (2004) cam fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin 6 ay suyun içinde beklettikten sonra yaptıkları değerlendirmede kırılma dayanımlarının ve bükülme dayanımlarının düştüğünü bildirmişlerdir. Lassila ve ark., (2002) cam fiber ile güçlendirilmiş kompozitlerin 30 gün su içinde beklettikleri kompozitlerin bükülme dayanımında azalma olduğunu bildirmişler ve sulu ortamda bekletilmenin polimer matriksin ve doldurucuların kimyasal veya mekanik olarak bozulmasına ya da ara fazın kimyasal olarak bozulmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda da yaşlandırma işlemi ve mikrosızıntı testi sulu ortamda gerçekleştirilmiştir.

De Munck ve ark., (2003) yaptıkları bir çalışmada iki aşamalı kendinden asitli sistemlerin diş dokularına bağlantısının, tek aşamalı kendinden asitli sistemlere oranla daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Tek aşamalı kendinden asitli adeziv sistemlerin iki aşamalı kendinden asitli adezivlere oranla daha hidrofilik oldukları bilinmektedir (Pashley ve Tay, 2001; Van Meerbeek ve ark., 2003a; Van Meerbeek ve ark., 2003b). Bu adeziv sistemlerden suyun yeteri kadar hızlı uzaklaştırılmaması, suyun dentin dokusu tarafından geri alınmasına ve adeziv rezinin mekanik dayanıklılığının azalmasına neden olur (Bastioli ve ark., 1990). Tek aşamalı kendinden asitli adezivlerle yapılan çalışmalarda, bağlanma dayanıklılık değerlerinin düşük olduğu bildirilmiştir (Haller., 2000). Çalışmamızda yüksek kırılma dayanımı gösteren kompozit rezinler (Silorane ve Ti-Core) iki aşamalı kendinden asitli adeziv sistemlerle birlikte kullanılmıştır.

Kompozit rezinlerle restore edilmiş endodontik tedavili dişlerin kırılma dayanımına etkisini inceleyen çalışmalar, postun varlığı (Grandini ve ark., 2005b), kavitenin şekli ve boyutu (Hannig ve ark., 2005), arta kalan duvar sayısı gibi faktörlerin kırılma dayanımında etkili olduğunu bildirilmiştir (Krejci ve ark., 2003). Ozcan ve Valandro, (2009) yaptıkları çalışmalarında titanyum post, cam fiber post ve sadece kompozit kor materyalinin dişin kırılma dayanımına etkisini incelemişler ve sadece kompozit kor materyali uygulanan dişlerin tamamında kor yapının adeziv başarısızlığa



uğradığını ve bunun yanında fiber post uygulanmış post kor restorasyonunun % 60'ında kor yapının dişten ayrıldığını gözlemişlerdir. Krejci ve ark., (2003) yaptıkları çalışmalarında fiber post-kompozit rezin kor ve sadece kompozit rezin korların yükleme öncesi ve sonrası kırılma dayanımını, marjinal uyumlarını ve retansiyonlarını incelemişler ve post uygulanan gruplarda yükleme öncesi ve sonrası kenar uyumunun bozulmadığı, ancak yalnızca kompozit uygulanan grupların kenar uyumunda fark olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalar post uygulamasının restorasyonda görülen başarısızlık tipini etkilediğini göstermektedir.

Post ile restore edilmiş bir diş strese maruz kaldığında, dişteki en rijit parça mekanik stresi en esnek olan parçaya yöneltir. Bu da kök kırığı, post kırığı ya da postun ve kor yapının bağlantısının bozulması ile sonuçlanabilir (Marchi ve ark., 2008; Duc ve Krejci, 2009; Ounsi ve ark., 2009; Sahafi ve Peutzfeldt, 2009). Elastisite modülü dentine yakın post kullanımı ile yüksek kuvvetler altında kök kırıkları daha az gözlenirken, kor yapının dişten ve posttan ayrılması, post yapının desimantasyonu, post distorsiyonu ya da post kırıkları meydana gelebilir. Bu sonuç materyalin elastik limitinin ve direncinin düşük olmasına bağlıdır (Marchi ve ark., 2008; Duc ve Krejci, 2009; Ounsi ve ark., 2009; Sahafi ve Peutzfeldt, 2009).

Çalışmamızda başarısızlık tipleri incelendiğinde en çok kompozit korun adeziv başarısızlığı olduğu, kompozit korun diş dokusundan ve posttan ayrıldığı görüldü. Dişin 1/3 boyun kırıkları, post desimantasyonu, dişin 2/3 kök kırıkları sırasıyla en sık görülen başarısızlık tipi oldu. Bu çalışmadan elde edilen bulgular kompozit kor çeşidinin kırık tiplerini belirleme açısından tek başına yeterli olmadığını, kırık tiplerinin kuvars fiber ile güçlendirilmiş postun etkisi sonucunda oluştuğunu düşündürmektedir. Kompozit rezinin diş dokusundan ve posttan ayrılması, kompozit rezinin ve kullanılan yapıştırma ajanının bağlanma dayanımına ve germe stresine karşı olan direncine bağlıdır (Baldissara ve ark., 2006). Akkayan ve Gülmez (2002) çalışmalarında, titanyum, zirkonyum oksit, kuvars, cam fiber post kullanarak yaptıkları kırılma dayanımı testinde kuvars fiber postların kırılmaya karşı dirençlerinin diğer gruplarla karşılaştığında daha yüksek olduğunu ve tekrar restore edilebilir kırıklar oluştuğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da başarısızlık tiplerinin tekrar restore edilebilecek şekilde olması kuvars fiber post kullanımına bağlanabilir.

Sonuçlar mikrosızıntı ve kırılma dayanımı arasında bir ilişki olup olmadığı açısından değerlendirildiğinde, yapılan korelasyon analizi bu iki parametre arasında bir korelasyonun olmadığını gösterdi ( $r = -0.002$ ,  $p > 0.05$ ). Termomekanik yaşlandırma işlemi mikrosızıntıyı istatistiksel olarak azaltırken, bağlanma dayanımında etkili bulunmadı. Kompozit kor farklılığı her iki parametreyi de anlamlı bir şekilde etkiledi. Heintze (2007) yaptığı sistematik derlemede, incelediği çalışmaların % 80'inde bağlanma dayanımı ile mikrosızıntı arasında bir korelasyon olmadığını bildirmiştir.

Çalışmamızda kor materyali olarak farklı yapıda beş kompozit rezin kullanılması, 1 ve 5 yıla karşı gelen 250.000 ve 1.200.000 devir termomekanik yaşlandırma işlemi uygulanması ve koronal mikrosızıntının farklı radyoaktif izotop kullanılarak gama-kamera ile tespit edilmesi çalışmamızın sınırlarını oluşturmaktadır. Farklı kompozit rezinlerin farklı adeziv sistemlerle uygulanması ve termomekanik yaşlandırmanın devir sayısının ya da uygulanan kuvvetin farklılığı mikrosızıntı değerlerini değiştirebilir. Ayrıca termomekanik yaşlandırma işleminden sonra kenar aralığının elektron mikroskopu ile incelenmesi de bu yöntemin etkisin anlaşılmasında destekleyici olabilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuvars fiber postlarda 5 farklı kompozit kor materyali kullanılarak termomekanik yaşlandırma işleminden sonra restorasyon ve diş arasında oluşan koronal mikrosızıntı ve dişlerin kırılma dayanımını incelediğimiz bu çalışmanın sınırları içerisinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Post kor restorasyonlarında kor materyali olarak kullanılan kompozit rezinlerin organik matriks yapılarındaki farklılık koronal mikrosızıntıyı ve dişin kırılma dayanımını etkiledi.

2. Kor materyali olarak kullanılan kompozit rezinler arasında Silorane'nın düşük koronal mikrosızıntı ve yüksek kırılma dayanımı değerleri ile post-kor restorasyonu için uygun bir kor materyali olduğu görüldü.

3. Kor materyali olarak kullanılan kompozit rezinler arasında CeramX ile en yüksek koronal mikrosızıntı ve en düşük kırılma dayanımı değerleri elde edildi.

4. Koronal mikrosızıntı ile dişin kırılma dayanımı arasında istatistiksel bir korelasyon bulunmadı.

5. İkiyüze bin ve 1.200.000 devir uygulanan termomekanik yaşlandırma işlemi post-kor restorasyonlarında istatistiksel olarak koronal mikrosızıntı değerlerini düşürdü.

6. Termomekanik yaşlandırma işleminde uygulanan devir sayısının ve kuvvetin farklılığı test sonuçlarını değiştirebilir. Uygulanacak teste ve kullanılan materyale uygun olarak parametrelerin standardize edilmesi, yapılan çalışmaların karşılaştırılabilmesi açısından önemli olacaktır.

7. Koronal mikrosızıntının ölçülmesinde kullanılan  $Tl^{201}$  izotopu ve yüksek çözünürlüklü gama kamera görüntüleme yönteminin sayısal değerler vermesi ve örneklerde herhangi bir deformasyon oluşturmaması açısından diş hekimliğinde mikrosızıntı deneylerinde kullanımı önerilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

- Abdalla, A. I., Davidson, C. L. (1996). Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesive Class I resin composite restorations. *Journal of Dentistry*, **24** (1-2), 87-90.
- Adabo, G. L., dos Santos Cruz, C. A., Fonseca, R. G., Vaz, L. G. (2003). The volumetric fraction of inorganic particles and the flexural strength of composites for posterior teeth. *Journal of Dentistry*, **31** (5), 353-359.
- Ahmad, I. (1998). Yttrium-partially stabilized zirconium dioxide posts: an approach to restoring coronally compromised nonvital teeth. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, **18** (5), 454-465.
- Ajlouni, R., Bishara, S. E., Soliman, M. M., Oonsombat, C., Laffoon, J. F., Warren, J. (2005). The use ofOrmocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthodontist*, **75** (1), 106-108.
- Akkayan, B., Gulmez, T. (2002). Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **87** (4), 431-437.
- Aksornmuang, J., Nakajima, M., Foxton, R. M., Tagami, J. (2006). Regional bond strengths of a dual-cure resin core material to translucent quartz fiber post. *The American Journal of Dentistry*, **19** (1), 51-55.
- Al-Harbi, S. D., Farsi, N. (2007). Microleakage of Ormocer-based restorative material in primary teeth: an in vivo study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **32** (1), 13-17.
- Alaçam, T., Nalbant, L., Alaçam, A. (1998). *İleri restorasyon teknikleri*, **Birinci baskı**, Polat yayın evi. Ankara.
- Alander, P., Lassila, L. V., Tezvergil, A., Vallittu, P. K. (2004). Acoustic emission analysis of fiber-reinforced composite in flexural testing. *Dental Materials*, **20** (4), 305-312.
- Alani, A. H., Toh, C. G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, **22** (4), 173-185.
- Albashaireh, Z. S., Ghazal, M., Kern, M. (2010). Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **103** (1), 31-39.
- Arima, T., Murata, H., Hamada, T. (1996). The effects of cross-linking agents on the water sorption and solubility characteristics of denture base resin. *Journal of Oral Rehabilitation*, **23** (7), 476-480.

- Armstrong, S. R., Vargas, M. A., Fang, Q., Laffoon, J. E. (2003). Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **5** (1), 47-56.
- Asmussen, E. (1982a). Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scandinavian Journal of Dental Research*, **90** (6), 490-496.
- Asmussen, E. (1982b). Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scandinavian Journal of Dental Research*, **90** (6), 484-489.
- Asmussen, E., Peutzfeldt, A., Sahafi, A. (2005). Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **94** (4), 321-329.
- Assif, D., Gorfil, C. (1994). Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **71** (6), 565-567.
- Azer, S. S., Ayash, G. M., Johnston, W. M., Khalil, M. F., Rosenstiel, S. F. (2006). Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **96** (6), 397-401.
- Bachicha, W. S., DiFiore, P. M., Miller, D. A., Lautenschlager, E. P., Pashley, D. H. (1998). Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *Journal of Endodontics*, **24** (11), 703-708.
- Bagis, Y. H., Baltacioglu, I. H., Kahyaogullari, S. (2009). Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide Class II MOD cavities. *Operative Dentistry*, **34** (5), 578-585.
- Baldissara, P., Zicari, F., Valandro, L. F., Scotti, R. (2006). Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. *Journal of Endodontics*, **32** (10), 985-988.
- Balkenhol, M., Knapp, M., Ferger, P., Heun, U., Wostmann, B. (2008). Correlation between polymerization shrinkage and marginal fit of temporary crowns. *Dental Materials*, **24** (11), 1575-1584.
- Baran, G., Boberick, K., McCool, J. (2001). Fatigue of restorative materials. *Reviews in Oral Biology and Medicine*, **12** (4), 350-360.
- Barszczewska-Rybarek, I. M. (2009). Structure-property relationships in dimethacrylate networks based on Bis-GMA, UDMA and TEGDMA. *Dental Materials*, **25** (9), 1082-1089.

- Bastioli, C., Romano, G., Migliaresi, C. (1990). Water sorption and mechanical properties of dental composites. *Biomaterials*, **11** (3), 219-223.
- Bateman, G., Tomson, P. (2005). Trends in indirect dentistry: 2. post and core restorations. *Dental Update*, **32** (4), 190-192, 194-196, 198.
- Bateman, G., Ricketts, D. N., Saunders, W. P. (2003). Fibre-based post systems: a review. *Brazilian Dental Journal*, **195** (1), 43-48; discussion 37.
- Berekally, T. (2003). Contemporary perspectives on post-core systems. *Australian Endodontic Journal*, **29** (3), 120-127.
- Beschmidt, S. M., Strub, J. R. (1999). Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *Journal of Oral Rehabilitation*, **26** (7), 582-593.
- Beun, S., Glorieux, T., Devaux, J., Vreven, J., Leloup, G. (2007). Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dental Materials*, **23** (1), 51-59.
- Beznos, C. (2001). Microleakage at the cervical margin of composite Class II cavities with different restorative techniques. *Operative Dentistry*, **26** (1), 60-69.
- Blatz, M. B., Sadan, A., Kern, M. (2003). Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **89** (3), 268-274.
- Bolhuis, H. P. B., De Gee, A. J., Feilzer, A. J., Davidson, C. L. (2001). Fracture strength of different core build-up designs. *The American Journal of Dentistry*, **14** (5), 286-290.
- Bolhuis, P., de Gee, A., Feilzer, A. (2004). Influence of fatigue loading on four post-and-core systems in maxillary premolars. *Quintessence International*, **35** (8), 657-667.
- Boschian P. L., Cavalli, G., Bertani, P., Gagliani, M. (2002). Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dental Materials*, **18**, 596-602.
- Brandt, P.D., De Wet, F.A., Du Preez, I. (2008), 'Bonding Silorane to Dentine', *General Session of the IADR*.
- Brauer, G. M., Dulik, D. M., Hughes, H. N., Dermann, K., Rupp, N. W. (1981). Marginal adaptation of BIS-GMA-based composites containing various diluents. *Journal of Dental Research*, **60** (12), 1966-1971.
- Brown, P. L., Hicks, N. L. (2003). Rehabilitation of endodontically treated teeth using the radiopaque fiber post. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **24** (4), 275-278.

- Browne, R. M., Tobias, R. S. (1986). Microbial microleakage and pulpal inflammation: a review. *Endodontics and Dental Traumatology*, **2** (5), 177-183.
- Browning, W. D., Blalock, J. S., Callan, R. S., Brackett, W. W., Schull, G. F., Davenport, M. B., Brackett, M. G. (2007). Postoperative sensitivity: a comparison of two bonding agents. *Operative Dentistry*, **32** (2), 112-117.
- Burrow, M. F., Harada, N., Kitasako, Y., Nikaido, T., Tagami, J. (2005). Seven-year dentin bond strengths of a total- and self-etch system. *European Journal of Oral Sciences*, **113** (3), 265-270.
- Buttel, L., Krastl, G., Lorch, H., Naumann, M., Zitzmann, N. U., Weiger, R. (2009). Influence of post fit and post length on fracture resistance. *International Endodontic Journal*, **42** (1), 47-53.
- Cadenaro, M., Breschi, L., Antonioli, F., Navarra, C. O., Mazzoni, A., Tay, F. R., Di Lenarda, R., Pashley, D. H. (2008). Degree of conversion of resin blends in relation to ethanol content and hydrophilicity. *Dental Materials*, **24** (9), 1194-1200.
- Cagidiaco, M. C., Goracci, C., Garcia-Godoy, F., Ferrari, M. (2008). Clinical studies of fiber posts: a literature review. *International Journal of Prosthodontics*, **21** (4), 328-336.
- Camps, J., Pashley, D. (2003). Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics*, **29** (9), 592-594.
- Caputo, A. A., Standlee, J. P. (1976). Pins and posts--why, when and how. *Dental Clinics of North America*, **20** (2), 299-311.
- Cardoso, P. E., Sadek, F. T., Goracci, C., Ferrari, M. (2002). Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **4** (4), 291-297.
- Carman, J. E., Wallace, J. A. (1994). An in vitro comparison of microleakage of restorative materials in the pulp chambers of human molar teeth. *Journal of Endodontics*, **20** (12), 571-575.
- Ceballos, L., Camejo, D. G., Victoria Fuentes, M., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R. M., Pashley, D. H. (2003). Microtensile bond strength of total-etch and self-etching adhesives to caries-affected dentine. *Journal of Dentistry*, **31** (7), 469-477.
- Chan, K. C., Boyer, D. B. (1989). Curing light activated composite cement through porcelain. *Journal of Dental Research*, **68** (3), 476-480.

- Chan, W. D., Yang, L., Wan, W., Rizkalla, A. S. (2006). Fluoride release from dental cements and composites: a mechanistic study. *Dental Materials*, **22** (4), 366-373.
- Chang, W. C., Millstein, P. L. (1993). Effect of design of prefabricated post heads on core materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **69** (5), 475-482.
- Cheleux, N., Sharrock, P., Degrange, M. (2007). Surface treatments on quartz fiber post: influence on adhesion and flexural properties. *The American Journal of Dentistry*, **20** (6), 375-379.
- Cheung, W. (2005). A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *The Journal of the American Dental Association*, **136** (5), 611-619.
- Christensen, G. J. (1994). Why is glass ionomer cement so popular? *The Journal of the American Dental Association*, **125** (9), 1257-1258.
- Christensen, G. J. (1996). When to use fillers, build-ups or posts and cores. *The Journal of the American Dental Association*, **127** (9), 1397-1398.
- Christensen, G. J. (2002a). Preventing postoperative tooth sensitivity in class I, II and V restorations. *The Journal of the American Dental Association*, **133** (2), 229-231.
- Christensen, G. J. (2002b). Solving the frustrations of crown cementation. *The Journal of the American Dental Association*, **133** (8), 1121-1122.
- Chutinan, S., Platt, J. A., Cochran, M. A., Moore, B. K. (2004). Volumetric dimensional change of six direct core materials. *Dental Materials*, **20** (4), 345-351.
- Clark, D. J. (2007). Biomimetic endodontics: the final evolution? *Dentistry Today*, **26** (7), 86-91.
- Cobankara, F. K., Adanir, N., Belli, S., Pashley, D. H. (2002). A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, **35** (12), 979-984.
- Cohen, B. I., Pagnillo, M. K., Condos, S., Deutsch, A. S. (1996). Four different core materials measured for fracture strength in combination with five different designs of endodontic posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **76** (5), 487-495.
- Cohen, B. I., Pagnillo, M. K., Musikant, B. L., Deutsch, A. S. (1998). Shear bond strength of a titanium reinforced core material after using multistep and single-step bonding agents. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **80** (3), 307-310.



- Cohen, B. I., Volovich, Y., Musikant, B. L., Deutsch, A. S. (2001). Comparison of the flexural strength of six reinforced restorative materials. *General Dentistry*, **49** (5), 484-488.
- Coltak, K. M., Yanikoglu, N. D., Bayindir, F. (2007). A comparison of the fracture resistance of core materials using different types of posts. *Quintessence International*, **38** (8), e511-516.
- Combe, E. C., Shaglouf, A. M., Watts, D. C., Wilson, N. H. (1999). Mechanical properties of direct core build-up materials. *Dental Materials*, **15** (3), 158-165.
- Cook, W. D., Beech, D. R., Tyas, M. J. (1985). Structure and properties of methacrylate based dental restorative materials. *Biomaterials*, **6** (6), 362-368.
- Cooney, J. P., Caputo, A. A., Trabert, K. C. (1986). Retention and stress distribution of tapered-end endodontic posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **55** (5), 540-546.
- Cormier, C. J., Burns, D. R., Moon, P. (2001). In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *Journal of Prosthodontics*, **10** (1), 26-36.
- Craig, R. G., Powers, J. M., Wataha, J. C. (2002). *Dental Materials Properties and Manipulation*, 8<sup>th</sup> Ed. Mosby, St. Louis
- Crim, G. A. (1993). Effect of aging on microleakage of restorative systems. *The American Journal of Dentistry*, **6** (4), 192-194.
- Crisp, S., Wilson, A. D. (1980). Radioactive tracer technique for monitoring of microleakage: an interim report. *Journal of Biomedical Materials Research*, **14** (4), 373-382.
- D'Arcangelo, C., D'Amario, M., Vadini, M., De Angelis, F., Caputi, S. (2007). Influence of surface treatments on the flexural properties of fiber posts. *Journal of Endodontics*, **33** (7), 864-867.
- Darbyshire, P.A. (1988). Microleakage in Class II Composite Restorations Bonded to Dentin Using Thermal and Load Cycling *Journal of Dental Research*, **67** (3), 585-587
- Davidson, C. L., Abdalla, A. I. (1994). Effect of occlusal load cycling on the marginal integrity of adhesive Class V restorations. *The American Journal of Dentistry*, **7** (2), 111-114.
- Dayangaç, B. (2000). Kompozit Rezin Restorasyonlar. Öncü Basımevi, Ankara.

- De Almeida, J. B., Platt, J. A., Oshida, Y., Moore, B. K., Cochran, M. A., Eckert, G. J. (2003). Three different methods to evaluate microleakage of packable composites in Class II restorations. *Operative Dentistry*, **28** (4), 453-460.
- De Maeyer, E. A., Verbeeck, R. M. (2001). X-ray diffraction study of acid-degradable glasses. *Journal of Dental Research*, **80** (8), 1764-1767.
- De Moor, R. J., Martens, L. C. (1999). Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation. *Endodontics and Dental Traumatology*, **15** (5), 239-243.
- De Moraes, R. R., Goncalves Lde, S., Lancellotti, A. C., Consani, S., Correr-Sobrinho, L., Sinhoret, M. A. (2009). Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative Dentistry*, **34** (5), 551-557.
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Coutinho, E., Poitevin, A., Peumans, M., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005a). Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dental Materials*, **21** (11), 999-1007.
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., Van Meerbeek, B. (2005b). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, **84** (2), 118-132.
- De Munck, J., Van Meerbeek, B., Satoshi, I., Vargas, M., Yoshida, Y., Armstrong, S., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2003). Microtensile bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *The American Journal of Dentistry*, **16** (6), 414-420.
- Debnath, S., Wunder, S. L., McCool, J. I., Baran, G. R. (2003). Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths. *Dental Materials*, **19** (5), 441-448.
- Debnath, S., Ranade, R., Wunder, S. L., McCool, J., Boberick, K., Baran, G. (2004). Interface effects on mechanical properties of particle-reinforced composites. *Dental Materials*, **20** (7), 677-686.
- DeDomenico, R. J. (1977). Technique for the fabrication of a cast post and core with nonprecious metal. *The Journal of the American Dental Association*, **94** (6), 1139-1141.
- Demarchi, M. G., Sato, E. F. (2002). Leakage of interim post and cores used during laboratory fabrication of custom posts. *Journal of Endodontics*, **28** (4), 328-329.
- Demirel, F., Saygili, G., Sahmali, S. (2005). Microleakage of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts and tooth-colored restorative materials. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, **25** (1), 73-79.

- Demirel, F., Muhtarogullari, M., Yuksel, G., Cekic, C. (2007). Microleakage study of 3 porcelain repair materials by autoradiography. *Quintessence International*, **38 (6)**, e285-290.
- Derhami, K., Coli, P., Brannstrom, M. (1995). Microleakage in Class 2 composite resin restorations. *Operative Dentistry*, **20 (3)**, 100-105.
- DeSort, K. D. (1983). The prosthodontic use of endodontically treated teeth: theory and biomechanics of post preparation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **49 (2)**, 203-206.
- Deveaux, E., Hildebert, P., Neut, C., Romond, C. (1999). Bacterial microleakage of Cavit, IRM, TERM, and Fermit: a 21-day in vitro study. *Journal of Endodontics*, **25 (10)**, 653-659.
- Di Hipolito, V., de Goes, M. F., Carrilho, M. R., Chan, D. C., Daronch, M., Sinhoreti, M. A. (2005). SEM evaluation of contemporary self-etching primers applied to ground and unground enamel. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **7 (3)**, 203-211.
- Diaz-Arnold, A. M., Vargas, M. A., Haselton, D. R. (1999). Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **81 (2)**, 135-141.
- Dietschi, D., Romelli, M., Goretti, A. (1997). Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. *International Journal of Prosthodontics*, **10 (6)**, 498-507.
- Dietschi, D., Ardu, S., Rossier-Gerber, A., Krejci, I. (2006). Adaptation of adhesive post and cores to dentin after in vitro occlusal loading: evaluation of post material influence. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **8 (6)**, 409-419.
- Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., Sadan, A. (2008). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence International*, **39 (2)**, 117-129.
- Drummond, J. L. (2008). Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *Journal of Dental Research*, **87 (8)**, 710-719.
- Drummond, J. L., Toepke, T. R., King, T. J. (1999). Thermal and cyclic loading of endodontic posts. *European Journal of Oral Sciences*, **107 (3)**, 220-224.
- Drummond, J. L., Lin, L., Miescke, K. J. (2004). Evaluation of fracture toughness of a fiber containing dental composite after flexural fatigue. *Dental Materials*, **20 (6)**, 591-599.

- Drummond, J. L., Lin, L., Al-Turki, L. A., Hurley, R. K. (2009). Fatigue behaviour of dental composite materials. *Journal of Dentistry*, **37** (5), 321-330.
- Duc, O., Krejci, I. (2009). Effects of adhesive composite core systems on adaptation of adhesive post and cores under load. *Journal of Dentistry*, **37** (8), 622-626.
- Duke, E. S., Lindemuth, J. (1990). Polymeric adhesion to dentin: contrasting substrates. *The American Journal of Dentistry*, **3** (6), 264-270.
- Dummer, P. M., Edmunds, D. H., Gidden, J. R. (1990). Root canal retained restorations: 3. Root-face attachments. *Dental Update*, **17** (8), 335-339.
- Duncan, J. P., Pameijer, C. H. (1998). Retention of parallel-sided titanium posts cemented with six luting agents: an in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **80** (4), 423-428.
- Ehrnford, L. (1981). Composite resins with a condensable inorganic phase. *Journal of Dental Research*, **60** (10), 1759-1766.
- Ehrnford, L. (1983). Composite laminate veneers with a continuous inorganic phase comprising microporous sintered glass fiber networks. *Acta Odontologica Scandinavica*, **41** (5), 265-270.
- Eick, J. D., Smith, R. E., Pinzino, C. S., Kostoryz, E. L. (2006). Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. *Journal of Dentistry*, **34** (6), 405-410.
- El-Badrawy, W. A., El-Mowafy, O. M. (1995). Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **73** (6), 515-524
- Ellakwa, A. E., Shortall, A. C., Shehata, M. K., Marquis, P. M. (2002). Influence of bonding agent composition on flexural properties of an Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Fiber-Reinforced Composite. *Operative Dentistry*, **27** (2), 184-191.
- Engelman, M. J. (1988). Core materials. *Journal of California Dental Association*, **16** (11), 41-45.
- Erdilek, D., Dorter, C., Koray, F., Kunzelmann, K. H., Efes, B. G., Gomec, Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *European Journal of Dentistry*, **3** (3), 200-205.
- Erickson, R. L., Barkmeier, W. W., Kimmes, N. S. (2009). Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dental Materials*, **25** (10), 1187-1194.

- Ernst, C. P., Galler, P., Willershausen, B., Haller, B. (2008). Marginal integrity of class V restorations: SEM versus dye penetration. *Dental Materials*, **24** (3), 319-327.
- Featherstone, R. W. (2004). Total-etch versus self-etch. *The Journal of the American Dental Association*, **135** (4), 412, 414.
- Federlin, M., Thonemann, B., Hiller, K. A., Fertig, C., Schmalz, G. (2002). Microleakage in class II composite resin restorations: application of a clearing protocol. *Clinical Oral Investigations*, **6** (2), 84-91.
- Fehling, A. W., Wolfert, R. E. (1988). Multiple cast post and cores for anterior teeth: rationale and technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **59** (5), 558-562.
- Feilzer, A., Gee, A. J., Davidson, C. L. (1993). Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dental Materials*, **9**, 2-5.
- Feilzer, A. J., Kakaboura, A. I., de Gee, A. J., Davidson, C. L. (1995). The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *Dental Materials*, **11** (3), 186-190.
- Fernandes, A. S., Dessai, G. S. (2001). Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *International Journal of Prosthodontics*, **14** (4), 355-363.
- Fernandes, A. S., Coelho, S. (2003). Method of fabricating acrylic sprues for dowels. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **90** (2), 207-208.
- Fernandes, A. S., Shetty, S., Coutinho, I. (2003). Factors determining post selection: a literature review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **90** (6), 556-562.
- Ferracane, J. L. (1994). Elution of leachable components from composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, **21** (4), 441-452.
- Ferracane, J. L. (2005). Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials*, **21** (1), 36-42.
- Ferracane, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials*, **22** (3), 211-222.
- Ferracane, J. L., Mitchem, J. C. (1994). Properties of posterior composite: results of round robin testing for a specification. *Dental Materials*, **10** (2), 92-99.
- Ferracane, J. L. (2003). Relationship between composite contraction stress and leakage in Class V cavities. *The American Journal of Dentistry*, **16** (4), 239-243.

- Ferrari, M., Yamamoto, K., Vichi, A., Finger, W. J. (1994). Clinical and laboratory evaluation of adhesive restorative systems. *The American Journal of Dentistry*, **7** (4), 217-219.
- Ferrari, M., Mannocci, F., Mason, P. N., Kugel, G. (1999a). In vitro leakage of resin-bonded all-porcelain crowns. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **1** (3), 233-242.
- Ferrari, M., Mason, P. N., Fabianelli, A., Cagidiaco, M. C., Kugel, G., Davidson, C. L. (1999b). Influence of tissue characteristics at margins on leakage of Class II indirect porcelain restorations. *The American Journal of Dentistry*, **12** (3), 134-142.
- Filho, J. D., Poskus, L. T., Guimaraes, J. G., Barcellos, A. A., Silva, E. M. (2008). Degree of conversion and plasticization of dimethacrylate-based polymeric matrices: influence of light-curing mode. *Journal of Oral Science*, **50** (3), 315-321.
- Fischer, D. E. (2008). Benefits of fiber posts: clinical application of a new post system. *Dentistry Today*, **27** (2), 138-140.
- Floyd, C. J., Dickens, S. H. (2006). Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dental Materials*, **22** (12), 1143-1149.
- Fogel, H. M. (1995). Microleakage of posts used to restore endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, **21** (7), 376-379.
- Fox, K., Wood, D. J., Youngson, C. C. (2004). A clinical report of 85 fractured metallic post-retained crowns. *International Endodontic Journal*, **37** (8), 561-573.
- Fraga, R. C., Chaves, B. T., Mello, G. S., Siqueira, J. F., Jr. (1998). Fracture resistance of endodontically treated roots after restoration. *Journal of Oral Rehabilitation*, **25** (11), 809-813.
- Frankenberger, R., Tay, F. R. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dental Materials*, **21** (5), 397-412.
- Frankenberger, R., Perdigao, J., Rosa, B. T., Lopes, M. (2001). "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives--a microtensile bond strength and morphological study. *Dental Materials*, **17** (5), 373-380.
- Frankenberger, R., Garcia-Godoy, F., Lohbauer, U., Petschelt, A., Kramer, N. (2005a). Evaluation of resin composite materials. Part I: in vitro investigations. *The American Journal of Dentistry*, **18** (1), 23-27.
- Frankenberger, R., Pashley, D. H., Reich, S. M., Lohbauer, U., Petschelt, A., Tay, F. R. (2005b). Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials*, **26** (14), 2043-2052.

- Fredriksson, M., Astback, J., Pamenius, M., Arvidson, K. (1998). A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **80** (2), 151-157.
- Freedman, G. A. (2001). Esthetic post-and-core treatment. *Dental Clinics of North America*, **45** (1), 103-116.
- Fukegawa, D., Hayakawa, S., Yoshida, Y., Suzuki, K., Osaka, A., Van Meerbeek, B. (2006). Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, **85** (10), 941-944.
- Full, C. A., Hollander, W. R. (1993). The composite resin restoration: a literature review, Part III. What the future holds. *Journal of Dentistry for Children*, **60** (1), 57-59.
- Furukawa, M., Shigetani, Y., Finger, W. J., Hoffmann, M., Kanehira, M., Endo, T., Komatsu, M. (2008). All-in-one self-etch model adhesives: HEMA-free and without phase separation. *Journal of Dentistry*, **36** (6), 402-408.
- Gale, M. S., Darvell, B. W. (1997). Controlling dentine penetration in computer microleakage tracer mapping. *Journal of Dentistry*, **25** (2), 129-136.
- Gale, M. S., Darvell, B. W. (1999a). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, **27** (2), 89-99.
- Gale, M. S., Darvell, B. W. (1999b). Dentine permeability and tracer tests. *Journal of Dentistry*, **27** (1), 1-11.
- Gale, M. S., Darvell, B. W., Cheung, G. S. (1994). Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. *Journal of Dentistry*, **22** (6), 370-375.
- Galhano, G. A., Valandro, L. F., de Melo, R. M., Scotti, R., Bottino, M. A. (2005). Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *Journal of Endodontics*, **31** (3), 209-211.
- Gateau, P., Sabek, M., Dailey, B. (1999). Fatigue testing and microscopic evaluation of post and core restorations under artificial crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **82** (3), 341-347.
- Gateau, P., Sabek, M., Dailey, B. (2001). In vitro fatigue resistance of glass ionomer cements used in post-and-core applications. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **86** (2), 149-155.
- Gavelis, J. R., Hope, D. M. (1984). A modified indirect cast post and core technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **51** (1), 55-59.

- Gerdolle, D. A., Mortier, E., Droz, D. (2008). Microleakage and polymerization shrinkage of various polymer restorative materials. *Journal of Dentistry for Children*, **75** (2), 125-133.
- Geurtsen, W., Leyhausen, G. (2001). Chemical-Biological Interactions of the resin monomer triethyleneglycol-dimethacrylate (TEGDMA). *Journal of Dental Research*, **80** (12), 2046-2050.
- Going, R. E. (1972). Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *The Journal of the American Dental Association*, **84** (6), 1349-1357.
- Goncalves, F., Kawano, Y., Braga, R. R. (2010). Contraction stress related to composite inorganic content. *Dental Materials*.
- Goncalves, L., Filho, J. D., Guimaraes, J. G., Poskus, L. T., Silva, E. M. (2008). Solubility, salivary sorption and degree of conversion of dimethacrylate-based polymeric matrixes. *Journal of Biomedical Materials Research B Appl Biomater*, **85** (2), 320-325.
- Goodacre, C. J. (2004). Five factors to be considered when restoring endodontically treated teeth. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*, **16** (6), 457-462.
- Goodacre, C. J. (2010). Carbon fiber posts may have fewer failures than metal posts. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, **10** (1), 32-34.
- Goracci, C., Grandini, S., Bossu, M., Bertelli, E., Ferrari, M. (2007). Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *Journal of Dentistry*, **35** (11), 827-835.
- Goracci, C., Raffaelli, O., Monticelli, F., Balleri, B., Bertelli, E., Ferrari, M. (2005). The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dental Materials*, **21** (5), 437-444.
- Gorucu, J., Saygili, G., Ozgunaltay, G. (2006). Compressive shear bond strength of core buildup materials. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, **26** (2), 183-189.
- Goto, Y., Nicholls, J. I., Phillips, K. M., Junge, T. (2005). Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **93** (1), 45-50.
- Grandini, S., Goracci, C., Monticelli, F., Borracchini, A., Ferrari, M. (2005a). SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **7** (3), 235-240.



- Grandini, S., Goracci, C., Tay, F. R., Grandini, R., Ferrari, M. (2005b). Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *International Journal of Prosthodontics*, **18** (5), 399-404.
- Gregoire, G., Dabsie, F., Delannee, M., Akon, B., Sharrock, P. (2010). Water permeability, hybrid layer long-term integrity and reaction mechanism of a two-step adhesive system. *Journal of Dentistry*.
- Gregson, K., Beiswanger, A. J., Platt, J. (2008). The impact of sorption, buffering, and proteins on leaching of organic and inorganic substances from dental resin core material. *Journal of Biomedical Materials Research A*, **84** (1), 256-264.
- Grobler, S. R., Rossouw, R. J., Van Wyk Kotze, T. J. (1999). In vitro, relative microleakage of five restorative systems. *International Dental Journal*, **49** (1), 47-52.
- Groger, G., Rosentritt, M., Behr, M., Schroder, J., Handel, G. (2006). Dental resin materials in vivo - TEM results after one year: a pilot study. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, **17** (9), 825-828.
- Grossman, E. S., Sparrius, O. (1990). Marginal adaptation of composite resin-restored dentinal cavities. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **64** (5), 519-522.
- Gu, S., Rasimick, B. J., Deutsch, A. S., Musikant, B. L. (2007). In vitro evaluation of five core materials. *Journal of Prosthodontics*, **16** (1), 25-30.
- Guggenberger, R., Weinmann, W. (2000). Exploring beyond methacrylates. *The American Journal of Dentistry*, **13** (Spec No), 82D-84D.
- Güven, Y., Tuna, E.B., Aktoren, O. (2008). Dentin Shear Bond Strengths of Self-etch Adhesives. *General Session of the IADR* (Toronto).
- Guzman-Armstrong, S., Armstrong, S. R., Qian, F. (2003). Relationship between nanoleakage and microtensile bond strength at the resin-dentin interface. *Operative Dentistry*, **28** (1), 60-66.
- Guzy, G. E., Nicholls, J. I. (1979). In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **42** (1), 39-44.
- Haddix, J. E., Mattison, G. D., Shulman, C. A., Pink, F. E. (1990). Post preparation techniques and their effect on the apical seal. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **64** (5), 515-519.
- Haikel, Y., Freymann, M., Fanti, V., Claisse, A., Poumier, F., Watson, M. (2000). Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *Journal of Endodontics*, **26** (3), 148-152.

- Hakimeh, S., Vaidyanathan, J., Houpt, M. L., Vaidyanathan, T. K., Von Hagen, S. (2000). Microleakage of compomer class V restorations: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **83** (2), 194-203.
- Haller, B. (2000). Recent developments in dentin bonding. *American Journal of Dentistry*, **13** (1), 44-50.
- Halvorson, R. H., Erickson, R. L., Davidson, C. L. (2003). The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite. *Dental Materials*, **19** (4), 327-333.
- Hannig, C., Dullin, C., Hulsmann, M., Heidrich, G. (2005). Three-dimensional, non-destructive visualization of vertical root fractures using flat panel volume detector computer tomography: an ex vivo in vitro case report. *International Endodontic Journal*, **38** (12), 904-913.
- Hannig, M., Friedrichs, C. (2001). Comparative in vivo and in vitro investigation of interfacial bond variability. *Operative Dentistry*, **26** (1), 3-11.
- Hannig, M., Bock, H., Bott, B., Hoth-Hannig, W. (2002). Inter-crystallite nanoretention of self-etching adhesives at enamel imaged by transmission electron microscopy. *European Journal of Oral Sciences*, **110** (6), 464-470.
- Hayashi, M., Takahashi, Y., Imazato, S., Ebisu, S. (2006). Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dental Materials*, **22** (5), 477-485.
- Heintze, S. D. (2006). How to qualify and validate wear simulation devices and methods. *Dental Materials*, **22** (8), 712-734.
- Heintze, S. D. (2007). Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **9 Suppl 1**, 77-106.
- Henkin, R. E. (2006). Nuclear medicine, **2<sup>nd</sup> ed.** Mosby Elsevier
- Hermesch, C. B., Wall, B. S., McEntire, J. F. (2003). Dimensional stability of dental restorative materials and cements over four years. *General Dentistry*, **51** (6), 518-523.
- Hernandez, R., Bader, S., Boston, D., Trope, M. (1994) Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with new generation dentine bonding systems. *International Endodontic Journal*, **19**(27), 281-284.
- Hernandez, E. P., Oshida, Y., Platt, J. A., Andres, C. J., Barco, M. T., Brown, D. T. (2004). Mechanical properties of four methylmethacrylate-based resins for

- provisional fixed restorations. *Biomedical Materials and Engineering*, **14 (1)**, 107-122.
- Hilton, T. J., Schwartz, R. S., Ferracane, J. L. (1997). Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence International*, **28 (2)**, 135-144.
- Hooshmand, T. (2009 ), 'Marginal Leakage of Silorane, Ormocer, and Dimethacrylate-based Composites', *British Society for Dental Research Scientific Meeting* (Glasgow, UK).
- Howdle, M. D., Fox, K., Youngson, C. C. (2002). An in vitro study of coronal microleakage around bonded amalgam coronal-radicular cores in endodontically treated molar teeth. *Quintessence International*, **33 (1)**, 22-29.
- Hsu, Y. B., Nicholls, J. I., Phillips, K. M., Libman, W. J. (2002). Effect of core bonding on fatigue failure of compromised teeth. *International Journal of Prosthodontics*, **15 (2)**, 175-178.
- Huang, C., Kei, L. H., Wei, S. H., Cheung, G. S., Tay, F. R., Pashley, D. H. (2002a). The influence of hygroscopic expansion of resin-based restorative materials on artificial gap reduction. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **4 (1)**, 61-71.
- Huang, C., Tay, F. R., Cheung, G. S., Kei, L. H., Wei, S. H., Pashley, D. H. (2002b). Hygroscopic expansion of a compomer and a composite on artificial gap reduction. *Journal of Dentistry*, **30 (1)**, 11-19.
- Hudis, S. I., Goldstein, G. R. (1986). Restoration of endodontically treated teeth: a review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **55 (1)**, 33-38.
- Hussain, S. K., McDonald, A., Moles, D. R. (2007). In vitro study investigating the mass of tooth structure removed following endodontic and restorative procedures. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **98 (4)**, 260-269.
- Huysmans, M. C., Peters, M. C., Van der Varst, P. G., Plasschaert, A. J. (1993). Failure behaviour of fatigue-tested post and cores. *International Endodontic Journal*, **26 (5)**, 294-300.
- Huysmans, M. C., Klein, M. H., Kok, G. F., Whitworth, J. M. (2007). Parallel post-space preparation in different tooth types ex vivo: deviation from the canal centre and remaining dentine thickness. *International Endodontic Journal*, **40 (10)**, 778-785.
- Ilie, N., Hickel, R. (2006). Silorane-based dental composite: behavior and abilities. *Dental Materials J*, **25 (3)**, 445-454.

- Ilie, N., Jelen, E., Clementino-Luedemann, T., Hickel, R. (2007). Low-shrinkage composite for dental application. *Dental Materials Journal*, **26** (2), 149-155.
- Ingle, J. I., Bakland, L. K. (1994) Endodontics. **4<sup>th</sup> ed.** Philadelphia: Lea&Febiger.
- Inokoshi, S., Willems, G., Van Meerbeek, B., Lambrechts, P., Braem, M., Vanherle, G. (1993). Dual-cure luting composites: Part I: Filler particle distribution. *Journal of Oral Rehabilitation*, **20** (2), 133-146.
- Isidor, F., Brondum, K. (1992). Intermittent loading of teeth with tapered, individually cast or prefabricated, parallel-sided posts. *International Journal of Prosthodontics*, **5** (3), 257-261.
- Isidor, F., Odman, P., Brondum, K. (1996). Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *International Journal of Prosthodontics*, **9** (2), 131-136.
- Isidor, F., Brondum, K., Ravnholt, G. (1999). The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *International Journal of Prosthodontics*, **12** (1), 78-82.
- Ito, S., Hashimoto, M., Wadgaonkar, B., Svizero, N., Carvalho, R. M., Yiu, C., Rueggeberg, F. A., Foulger, S., Saito, T., Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Tay, F. R., Pashley, D. H. (2005). Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials*, **26** (33), 6449-6459.
- Iwami, Y., Shimizu, A., Hayashi, M., Takeshige, F., Ebisu, S. (2005). Three-dimensional evaluation of gap formation of cervical restorations. *Journal of Dentistry*, **33**, 325-333
- Jang, K. T., Mejia, F. A., Garcia-Godoy, F. (2000). Dentin bond strength of packable composites using one-bottle adhesives. *The American Journal of Dentistry*, **13** (6), 308-310.
- Jodaikin, A. (1981). Experimental microleakage around ageing dental amalgam restorations: a review. *Journal of Oral Rehabilitation*, **8** (6), 517-526.
- Johnson, J. K., Sakumura, J. S. (1978). Dowel form and tensile force. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **40** (6), 645-649.
- Jorgensen, K. D., Matono, R., Shimokobe, H. (1976). Deformation of cavities and resin fillings in loaded teeth. *Scandinavian Journal of Dental Research*, **84** (1), 46-50.

- Jung, S. H., Min, K. S., Chang, H. S., Park, S. D., Kwon, S. N., Bae, J. M. (2007). Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **98** (4), 270-276.
- Kakuta, K., Urapepon, S., Miyagawa, Y., Ogura, H., Yamanaka, M., Suchatlampong, C., Rittapai, A. (2002). Development of metal-resin composite restorative material. Part 4. Flexural strength and flexural modulus of metal-resin composite using Ag-In alloy particles as filler. *Dental Materials Journal*, **21** (2), 181-190.
- Kalachandra, S., Turner, D. T. (1987). Water sorption of polymethacrylate networks: bis-GMA/TEGDM copolymers. *Journal of Biomedical Materials Research*, **21** (3), 329-338.
- Kalachandra, S., Turner, D. T. (1989). Water sorption of plasticized denture acrylic lining materials. *Dental Materials*, **5** (3), 161-164.
- Kappert, H. F., Eichner, K. (2008). *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*. **6. Auflage**. George Thieme Verlag, Stuttgart.
- Kawakami, Y., Takeshige, F., Hayashi, M., Ebisu, S. (2007). Fatigue of tooth-colored restoratives in aqueous environment. *Dental Materials Journal*, **26** (1), 1-6.
- Kelly, J. R. (1995). Perspectives on strength. *Dental Materials*, **11** (2), 103-110.
- Kelly, J. R. (1999). Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **81** (6), 652-661.
- Kemp-Scholte, C. M., Davidson, C. L. (1990). Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **64** (6), 658-664.
- Kern, M., Knode, H. (1991). [Posts and cores fabricated out of In-Ceram--direct and indirect methods]. *Quintessenz Zahntechnik*, **17** (8), 917-925.
- Kern, M., Strub, J. R., Lu, X. Y. (1999). Wear of composite resin veneering materials in a dual-axis chewing simulator. *Journal of Oral Rehabilitation*, **26** (5), 372-378.
- Khan, A. M., Suzuki, H., Nomura, Y., Taira, M., Wakasa, K., Shintani, H., Yamaki, M. (1992). Characterization of inorganic fillers in visible-light-cured dental composite resins. *Journal of Oral Rehabilitation*, **19** (4), 361-370.
- Khayat, A., Lee, S. J., Torabinejad, M. (1993). Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *Journal of Endodontics*, **19** (9), 458-461.
- Kheradmandan, S., Koutayas, S. O., Bernhard, M., Strub, J. R. (2001). Fracture strength of four different types of anterior 3-unit bridges after thermo-mechanical fatigue in the dual-axis chewing simulator. *Journal of Oral Rehabilitation*, **28** (4), 361-369.

- Kidd, E. A. (1976). Microleakage: a review. *Journal of Dentistry*, **4** (5), 199-206.
- Kilambi, H., Cramer, N. B., Schneidewind, L. H., Shah, P., Stansbury, J. W., Bowman, C. N. (2009). Evaluation of highly reactive mono-methacrylates as reactive diluents for BisGMA-based dental composites. *Dental Materials*, **25** (1), 33-38.
- King, P. A., Setchell, D. J., Rees, J. S. (2003). Clinical evaluation of a carbon fibre reinforced carbon endodontic post. *Journal of Oral Rehabilitation*, **30** (8), 785-789.
- Kitzis, D., Pascoe, D. F. (1982). Cast-gold core and post construction for multirooted teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **48** (2), 156-158.
- Kivanc, B. H., Alacam, T., Ulusoy, O. I., Genc, O., Gorgul, G. (2009). Fracture resistance of thin-walled roots restored with different post systems. *International Endodontic Journal*, **42** (11), 997-1003.
- Kleverlaan, C. J., Feilzer, A. J. (2005). Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dental Materials*, **21** (12), 1150-1157.
- Kobayashi, M., Shinzato, S., Kawanabe, K., Neo, M., Matsushita, M., Kokubo, T., Kikutani, T., Nakamura, T. (2000). Alumina powder/Bis-GMA composite: effect of filler content on mechanical properties and osteoconductivity. *Journal of Biomedical Materials Research*, **49** (3), 319-327.
- Kopperud, H. M., Schmidt, M., Kleven, I. S. (2010). Elution of substances from a silorane-based dental composite. *European Journal of Oral Sciences*, **118** (1), 100-102.
- Kotche, M., Drummond, J. L., Sun, K., Vural, M., DeCarlo, F. (2009). Multiaxial analysis of dental composite materials. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **88** (2), 412-418.
- Kournetas, N., Chakmakchi, M., Kakaboura, A., Rahiotis, C., Geis-Gerstorfer, J. (2004). Marginal and internal adaptation of Class II ormocer and hybrid resin composite restorations before and after load cycling. *Clin Oral Investig*, **8** (3), 123-129.
- Koutayas, S. O., Kern, M. (1999). All-ceramic posts and cores: the state of the art. *Quintessence International*, **30** (6), 383-392.
- Koutayas, S. O., Vagkopoulou, T., Pelekanos, S., Koidis, P., Strub, J. R. (2009). Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *European Journal of Esthetic Dentistry*, **4** (4), 348-380.

- Kovarik, R. E. (2009). Restoration of posterior teeth in clinical practice: evidence base for choosing amalgam versus composite. *Dental Clinics of North America*, **53** (1), 71-76, ix.
- Kovarik, R. E., Breeding, L. C., Caughman, W. F. (1992). Fatigue life of three core materials under simulated chewing conditions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **68** (4), 584-590.
- Krejci, I., Mueller, E., Lutz, F. (1994). Effects of thermocycling and occlusal force on adhesive composite crowns. *Journal of Dental Research*, **73** (6), 1228-1232.
- Krejci, I., Duc, O., Dietschi, D., de Campos, E. (2003). Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Operative Dentistry*, **28** (2), 127-135.
- Kubo, S., Finger, W. J., Muller, M., Podszun, W. (1992). Comparative in vitro evaluation of recent enamel and dentin adhesive materials. *Journal of Esthetic Dentistry*, **4 Suppl**, 43-49.
- Kubo, S., Yokota, H., Sata, Y., Hayashi, Y. (2001). Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *The American Journal of Dentistry*, **14** (3), 163-169.
- Kugel, G., Perry, R. D., Hoang, E., Hoang, T., Ferrari, M. (1998). Dyract compomer: comparison of total etch vs. no etch technique. *General Dentistry*, **46** (6), 604-606.
- Kwiatkowski, S., Geller, W. (1989). A preliminary consideration of the glass-ceramic dowel post and core. *International Journal of Prosthodontics*, **2** (1), 51-55.
- Larson, T. D., Jensen, J. R. (1980). Microleakage of composite resin and amalgam core material under complete cast crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **44** (1), 40-44.
- Lassila, L. V., Nohrstrom, T., Vallittu, P. K. (2002). The influence of short-term water storage on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composites. *Biomaterials*, **23** (10), 2221-2229.
- Lassila, L. V., Tanner, J., Le Bell, A. M., Narva, K., Vallittu, P. K. (2004). Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dental Materials*, **20** (1), 29-36.
- Lee, I. B., Um, C. M. (2001). Thermal analysis on the cure speed of dual cured resin cements under porcelain inlays. *Journal of Oral Rehabilitation*, **28** (2), 186-197.
- Lee, S. Y., Greener, E. H., Covey, D. A., Menis, D. L. (1996). Effects of food/oral simulating fluids on microstructure and strength of dentine bonding agents. *Journal of Oral Rehabilitation*, **23** (5), 353-361.

- Lehtinen, J., Laurila, T., Lassila, L. V., Vallittu, P. K., Raty, J., Hernberg, R. (2008). Optical characterization of bisphenol -A- glycidyl dimethacrylate triethylene glycol dimethacrylate (BisGMA/TEGDMA) monomers and copolymer. *Dental Materials*, **24** (10), 1324-1328.
- Leprince, J., Palin, W. M., Mullier, T., Devaux, J., Vreven, J., Leloup, G. (2010). Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. *Journal of Oral Rehabilitation*.
- Lertchirakarn, V., Palamara, J. E., Messer, H. H. (2003). Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *Journal of Endodontics*, **29** (8), 523-528.
- Li, H., Burrow, M. F., Tyas, M. J. (2002). The effect of thermocycling regimens on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dental Materials*, **18** (3), 189-196.
- Lien, W., Vandewalle, K. S. (2010). Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dental Materials*, **26** (4), 337-344.
- Linn, J., Messer, H. H. (1994). Effect of restorative procedures on the strength of endodontically treated molars. *Journal of Endodontics*, **20** (10), 479-485.
- Losche, G. M. (1999). Marginal adaptation of Class II composite fillings: guided polymerization vs reduced light intensity. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **1** (1), 31-39.
- Lu, H., Lee, Y. K., Oguri, M., Powers, J. M. (2006). Properties of a dental resin composite with a spherical inorganic filler. *Operative Dentistry*, **31** (6), 734-740.
- Lui, J. L. (1999). Enhanced post crown retention in resin composite-reinforced, compromised, root-filled teeth: a case report. *Quintessence International*, **30** (9), 601-606.
- Lutz, F., Phillips, R. W. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **50** (4), 480-488.
- Magne, P., Knezevic, A. (2009). Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence International*, **40** (2), 125-133.
- Mair, L. H. (1989a). An investigation into the permeability of composite materials using silver nitrate. *Dental Materials*, **5** (2), 109-114.
- Mair, L. H. (1989b). Surface permeability and degradation of dental composites resulting from oral temperature changes. *Dental Materials*, **5** (4), 247-255.



- Malferrari, S., Monaco, C., Scotti, R. (2003). Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *International Journal of Prosthodontics*, **16** (1), 39-44.
- Manhart, J., Garcia-Godoy, F., Hickel, R. (2002). Direct posterior restorations: clinical results and new developments. *Dental Clinics of North America*, **46** (2), 303-339.
- Manhart, J., Kunzelmann, K. H., Chen, H. Y., Hickel, R. (2000a). Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, **53** (4), 353-361.
- Manhart, J., Kunzelmann, K. H., Chen, H. Y., Hickel, R. (2000b). Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dental Materials*, **16** (1), 33-40.
- Mannocci, F., Ferrari, M., Watson, T. F. (1999). Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **1** (2), 153-158.
- Mannocci, F., Ferrari, M., Watson, T. F. (2001a). Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **85** (3), 284-291.
- Mannocci, F., Sherriff, M., Watson, T. F. (2001b). Three-point bending test of fiber posts. *Journal of Endodontics*, **27** (12), 758-761.
- Mannocci, F., Bertelli, E., Watson, T. F., Ford, T. P. (2003). Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *The American Journal of Dentistry*, **16** (1), 28-32.
- Marchi, G. M., Mitsui, F. H., Cavalcanti, A. N. (2008). Effect of remaining dentine structure and thermal-mechanical aging on the fracture resistance of bovine roots with different post and core systems. *International Endodontic Journal*, **41** (11), 969-976.
- Martin, N., Jedyakiewicz, N. M., Fisher, A. C. (2003). Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dental Materials*, **19** (2), 77-86.
- Martinez-Insua, A., da Silva, L., Rilo, B., Santana, U. (1998). Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **80** (5), 527-532.
- Matinlinna, J., Ozcan, M., Lassila, L., Kalk, W., Vallittu, P. (2008). Effect of the cross-linking silane concentration in a novel silane system on bonding resin-composite cement. *Acta Odontologica Scandinavica*, **66** (4), 250-255.

- Mattison, G. D. (1982). Photoelastic stress analysis of cast-gold endodontic posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **48** (4), 407-411.
- McCabe, J. F., Rusby, S. (2004). Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. *Biomaterials*, **25** (18), 4001-4007.
- McCabe, J. F. , Walls, A.W.G. (1998 ). Applied Dental Materials, **8<sup>th</sup> Ed.** Blackwell Science Ltd.
- Meng, Q. F., Chen, Y. M., Guang, H. B., Yip, K. H., Smales, R. J. (2007). Effect of a ferrule and increased clinical crown length on the in vitro fracture resistance of premolars restored using two dowel-and-core systems. *Operative Dentistry*, **32** (6), 595-601.
- Meyenberg, K. H., Luthy, H., Scharer, P. (1995). Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *Journal of Esthetic Dentistry*, **7** (2), 73-80.
- Meyer, J. M., Cattani-Lorente, M. A., Dupuis, V. (1998). Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials*, **19** (6), 529-539.
- Miller, A. W., 3rd (1982). Post and core systems: which one is best? *Journal of Prosthetic Dentistry*, **48** (1), 27-38.
- Millstein, P. L., Ho, J., Nathanson, D. (1991). Retention between a serrated steel dowel and different core materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **65** (4), 480-482.
- Mireku, A. S., Romberg, E., Fouad, A. F., Arola, D. (2010). Vertical fracture of root filled teeth restored with posts: the effects of patient age and dentine thickness. *International Endodontic Journal*, **43** (3), 218-225.
- Mohsen, N. M., Craig, R. G., Filisko, F. E. (1998). Effects of curing time and filler concentration on curing and postcuring of urethane dimethacrylate composites: a microcalorimetric study. *Journal of Biomedical Materials Research*, **40** (2), 224-232.
- Mollersten, L., Lockowandt, P., Linden, L. A. (2002). A comparison of strengths of five core and post-and-core systems. *Quintessence International*, **33** (2), 140-149.
- Monticelli, F., Ferrari, M., Toledano, M. (2008). Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal*, **13** (3), E214-221.
- Monticelli, F., Osorio, R., Toledano, M., Tay, F. R., Ferrari, M. (2006a). In vitro hydrolytic degradation of composite quartz fiber-post bonds created by hydrophilic silane couplings. *Operative Dentistry*, **31** (6), 728-733.

- Monticelli, F., Toledano, M., Tay, F. R., Cury, A. H., Goracci, C., Ferrari, M. (2006b). Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dental Materials*, **22** (7), 602-609.
- Monticelli, F., Osorio, R., Toledano, M., Goracci, C., Tay, F. R., Ferrari, M. (2006c). Improving the quality of the quartz fiber postcore bond using sodium ethoxide etching and combined silane/adhesive coupling. *Journal of Endodontics*, **32** (5), 447-451.
- Morfis, A. S. (1990). Vertical root fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **69** (5), 631-635.
- Morgano, S. M. (1996). Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **75** (4), 375-380.
- Morgano, S. M., Milot, P. (1993). Clinical success of cast metal posts and cores. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **70** (1), 11-16.
- Moszner, N., Fischer, U. K., Angermann, J., Rheinberger, V. (2006). Bis-(acrylamide)s as new cross-linkers for resin-based composite restoratives. *Dental Materials*, **22** (12), 1157-1162.
- Moszner, N., Fischer, U. K., Angermann, J., Rheinberger, V. (2008a). A partially aromatic urethane dimethacrylate as a new substitute for Bis-GMA in restorative composites. *Dental Materials*, **24** (5), 694-699.
- Moszner, N., Gianasmidis, A., Klapdohr, S., Fischer, U. K., Rheinberger, V. (2008b). Sol-gel materials 2. Light-curing dental composites based on ormocers of cross-linking alkoxy silane methacrylates and further nano-components. *Dental Materials*, **24** (6), 851-856.
- Mou, Y. B., Chen, Y. M., Smales, R. J., Yip, K. H. (2009). Optimum post and tooth root diameters for a cast post-core system. *The American Journal of Dentistry*, **22** (5), 311-314.
- Mühlemann, H.R. (1979). Physiologische und Pathologische Zahnbeweglichkeit. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde*, **3** (1), 1-67.
- Musanje, L., Shu, M., Darvell, B. W. (2001). Water sorption and mechanical behaviour of cosmetic direct restorative materials in artificial saliva. *Dental Materials*, **17** (5), 394-401.
- Musikant, B. L., Cohen, B. I., Deutsch, A. S. (2001). The relationship of post design to the long-term success of endodontically restored teeth. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **22** (11), 974-976, 978, 980 passim.

- Naumann, M., Blankenstein, F., Kiessling, S., Dietrich, T. (2005). Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *European Journal of Oral Sciences*, **113 (6)**, 519-524.
- Naumann, M., Sterzenbac, G., Alexandra, F., Dietrich, T. (2007). Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs. glass fiber prefabricated posts: preliminary results after up to 3 years. *International Journal of Prosthodontics*, **20 (5)**, 499-503.
- Neme, A. L., Evans, D. B., Maxson, B. B. (2000). Evaluation of dental adhesive systems with amalgam and resin composite restorations: comparison of microleakage and bond strength results. *Operative Dentistry*, **25 (6)**, 512-519.
- Nergiz, I., Schmage, P., Platzer, U., McMullan-Vogel, C. G. (1997). Effect of different surface textures on retentive strength of tapered posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **78 (5)**, 451-457.
- Nergiz, I., Schmage, P., Platzer, U., Ozcan, M. (2002a). Bond strengths of five tapered root posts regarding the post surface. *Journal of Oral Rehabilitation*, **29 (4)**, 330-335.
- Nergiz, I., Schmage, P., Ozcan, M., Platzer, U. (2002b). Effect of length and diameter of tapered posts on the retention. *Journal of Oral Rehabilitation*, **29 (1)**, 28-34.
- Newman, M. P., Yaman, P., Dennison, J., Rafter, M., Billy, E. (2003). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **89 (4)**, 360-367.
- Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Donnelly, A. M., Agee, K. A., Sword, J., Tay, F. R., Pashley, D. H. (2006). Effects of resin hydrophilicity on dentin bond strength. *Journal of Dental Research*, **85 (11)**, 1016-1021.
- Nissan, J., Dmitry, Y., Assif, D. (2001). The use of reinforced composite resin cement as compensation for reduced post length. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **86 (3)**, 304-308.
- Nixon, C., Vertucci, F. J., Swindle, R. (1991). The effect of post space preparation on the apical seal of root canal obturated teeth. *Today's FDA*, **3 (8)**, 1C, 6C.
- Novais, V. R., Quagliatto, P. S., Bona, A. D., Correr-Sobrinho, L., Soares, C. J. (2009). Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. *Indian Journal of Dental Research*, **20 (3)**, 277-281.
- O'Brien, W. J. (2002). *Dental Materials and Their Selection*, 3<sup>rd</sup> Ed. Quintessence Pub Co, Inc, Canada.

- Oblak, C., Jevnikar, P., Kosmac, T., Funduk, N., Marion, L. (2004). Fracture resistance and reliability of new zirconia posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **91** (4), 342-348.
- Onay, E. O., Ungor, M., Unver, S., Ari, H., Belli, S. (2009). An in vitro evaluation of the apical sealing ability of new polymeric endodontic filling systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **108** (2), e49-54.
- Ortengren, U. (2000). On composite resin materials. Degradation, erosion and possible adverse effects in dentists. *Swedish Dental Journal Supplement*, (141), 1-61.
- Ortengren, U., Wellendorf, H., Karlsson, S., Ruyter, I. E. (2001). Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *Journal of Oral Rehabilitation*, **28** (12), 1106-1115.
- Ounsi, H. F., Salameh, Z., Carvalho, C. A., Cantoro, A., Grandini, S., Ferrari, M. (2009). Bond strength of composite core build-up materials to fiber-reinforced posts: a microtensile comparison between conventional and wet-ethanol bonding systems. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **11** (5), 375-380.
- Owens, B. M., Johnson, W. W., Harris, E. F. (2006). Marginal permeability of self-etch and total-etch adhesive systems. *Operative Dentistry*, **31** (1), 60-67.
- Oysaed, H., Ruyter, I. E. (1986). Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *Journal of Dental Research*, **65** (11), 1315-1318.
- Ozcan, M., Valandro, L. F. (2009). Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Operative Dentistry*, **34** (4), 429-436.
- Ozcan, M., Nijhuis, H., Valandro, L. F. (2008). Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dental Materials Journal*, **27** (1), 99-104.
- Ozcan, M., Alander, P., Vallittu, P. K., Huysmans, M. C., Kalk, W. (2005). Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, **16** (1), 21-27.
- Ozel, E., Korkmaz, Y., Attar, N. (2008). Influence of location of the gingival margin on the microleakage and internal voids of nanocomposites. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **9** (7), 65-72.
- Ozkurt, Z., Iseri, U., Kazazoglu, E. (2010). Zirconia ceramic post systems: a literature review and a case report. *Dental Materials Journal*.

- Özel, E., Soyman, M. (2003). LED ışık kaynakları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **13 (3)**, 13-17.
- Palin, W. M., Fleming, G. J., Nathwani, H., Burke, F. J., Randall, R. C. (2005). In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dental Materials*, **21 (4)**, 324-335.
- Palmer, D. S., Barco, M. T., Billy, E. J. (1992). Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **67 (3)**, 325-327.
- Papazian, G. A. (2004). Total-etch versus self-etch. *The Journal of the American Dental Association*, **135 (3)**, 276.
- Pappen, A. F., Bravo, M., Gonzalez-Lopez, S., Gonzalez-Rodriguez, M. P. (2005). An in vitro study of coronal leakage after intraradicular preparation of cast-dowel space. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **94 (3)**, 214-218.
- Pashley, D. H., Tay, F. R. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*, **17 (5)**, 430-444.
- Pashley, E. L., Comer, R. W., Simpson, M. D., Horner, J. A., Pashley, D. H., Caughman, W. F. (1992). Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Operative Dentistry*, **17 (1)**, 13-20.
- Pefferkorn, A., Maaloum, M., Pefferkorn, E., Haikel, Y. (2008). Polymer induced crystal organization of composite resins. *Dental Materials*, **24 (12)**, 1647-1654.
- Perdigao, J., Geraldeli, S., Hodges, J. S. (2003). Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *The Journal of the American Dental Association*, **134 (12)**, 1621-1629.
- Perdigao, J., Geraldeli, S., Lee, I. K. (2004a). Push-out bond strengths of tooth-colored posts bonded with different adhesive systems. *The American Journal of Dentistry*, **17 (6)**, 422-426.
- Perdigao, J., Monteiro, P., Gomes, G., Santos, V. (2007). Restoring teeth with prefabricated fiber-reinforced resin posts. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*, **19 (6)**, 359-364; quiz 365.
- Perdigao, J., Anauate-Netto, C., Carmo, A. R., Lewgoy, H. R., Cordeiro, H. J., Dutra-Correa, M., Castilhos, N., Amore, R. (2004b). Influence of acid etching and enamel beveling on the 6-month clinical performance of a self-etch dentin adhesive. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **25 (1)**, 33-34, 36-38, 40 passim; quiz 46-37.

- Pereira, J. R., de Ornelas, F., Conti, P. C., do Valle, A. L. (2006). Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **95** (1), 50-54.
- Perez Moll, J. F., Howe, D. F., Svare, C. W. (1978). Cast gold post and core and pin-retained composite resin bases: a comparative study in strength. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **40** (6), 642-644.
- Perry, R. D. (2007). Clinical evaluation of total-etch and self-etch bonding systems for preventing sensitivity in Class 1 and Class 2 restorations. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **28** (1), 12-14.
- Peters, M. C., Poort, H. W., Farah, J. W., Craig, R. G. (1983). Stress analysis of a tooth restored with a post and core. *Journal of Dental Research*, **62** (6), 760-763.
- Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, **21** (9), 864-881.
- Peutzfeldt, A. (1994). Quantity of remaining double bonds of propanal-containing resins. *Journal of Dental Research*, **73** (10), 1657-1662.
- Peutzfeldt, A. (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, **105** (2), 97-116.
- Peutzfeldt, A., Sahafi, A., Asmussen, E. (2008). A survey of failed post-retained restorations. *Clinical Oral Investigations*, **12** (1), 37-44.
- Pfeifer, C. S., Silva, L. R., Kawano, Y., Braga, R. R. (2009). Bis-GMA copolymerizations: influence on conversion, flexural properties, fracture toughness and susceptibility to ethanol degradation of experimental composites. *Dental Materials*, **25** (9), 1136-1141.
- Philiph, R. W. (1991). *Scinner's Science of Dental Materials*. 9<sup>th</sup> Ed, Saunders Company, Philadelphia.
- Pierrisnard, L., Bohin, F., Renault, P., Barquins, M. (2002). Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **88** (4), 442-448.
- Pioch, T., Staehle, H. J., Duschner, H., Garcia-Godoy, F. (2001). Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *The American Journal of Dentistry*, **14** (4), 252-258.
- Polydorou, O., Konig, A., Hellwig, E., Kummerer, K. (2009). Long-term release of monomers from modern dental-composite materials. *European Journal of Oral Sciences*, **117** (1), 68-75.

- Powis, D. R., Prosser, H. J., Wilson, A. D. (1988). Long-term monitoring of microleakage of dental cements by radiochemical diffusion. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **59** (6), 651-657.
- Prati, C., Tao, L., Simpson, M., Pashley, D. H. (1994). Permeability and microleakage of Class II resin composite restorations. *Journal of Dentistry*, **22** (1), 49-56.
- Prati, C., Chersoni, S., Cretti, L., Montanari, G. (1998). Retention and marginal adaptation of a compomer placed in non-stress-bearing areas used with the total-etch technique: a 3-year retrospective study. *Clinical Oral Investigations*, **2** (4), 168-173.
- Prati, C., Simpson, M., Mitchem, J., Tao, L., Pashley, D. H. (1992). Relationship between bond strength and microleakage measured in the same Class I restorations. *Dental Materials*, **8** (1), 37-41.
- Puckett, A. D., Fitchie, J. G., Kirk, P. C., Gamblin, J. (2007). Direct composite restorative materials. *Dental Clinics of North America*, **51** (3), 659-675, vii.
- Purton, D. G., Payne, J. A. (1996). Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quintessence International*, **27** (2), 93-97.
- Purton, D. G., Chandler, N. P., Love, R. M. (1998). Rigidity and retention of root canal posts. *Brazilian Dental Journal*, **184** (6), 294-296.
- Qualtrough, A. J., Mannocci, F. (2003). Tooth-colored post systems: a review. *Operative Dentistry*, **28** (1), 86-91.
- Quinn, J. B., Quinn, G. D. (2010). Material properties and fractography of an indirect dental resin composite. *Dental Materials*, **26** (6), 589-599.
- Radovic, I., Monticelli, F., Goracci, C., Vulicevic, Z. R., Ferrari, M. (2008). Self-adhesive resin cements: a literature review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **10** (4), 251-258.
- Ramos Lloret, P., Lacalle Turbino, M., Kawano, Y., Sanchez Aguilera, F., Osorio, R., Toledano, M. (2008). Flexural properties, microleakage, and degree of conversion of a resin polymerized with conventional light and argon laser. *Quintessence International*, **39** (7), 581-586.
- Raskin, A., D'Hoore, W., Gonthier, S., Degrange, M., Dejoui, J. (2001). Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **3** (4), 295-308.
- Ravanshad, S., Ghoreeshi, N. (2003). An in vitro study of coronal microleakage in endodontically-treated teeth restored with posts. *Australian Endodontic Journal*, **29** (3), 128-133.



- Ravindranath, V., Gosz, M., De Santiago, E., Drummond, J. L., Mostovoy, S. (2007). Effect of cyclic loading and environmental aging on the fracture toughness of dental resin composite. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **80** (1), 226-235.
- Reinhardt, R. A., Krejci, R. F., Pao, Y. C., Stannard, J. G. (1983). Dentin stresses in post-reconstructed teeth with diminishing bone support. *Journal of Dental Research*, **62** (9), 1002-1008.
- Retief, D. H. (1994). Do adhesives prevent microleakage? *International Dental Journal*, **44** (1), 19-26.
- Ribbons, J. W., Pearson, G. J. (1972). A review of composite filling materials. *Apex*, **6** (1), 19-23.
- Robbins, J. W. (2002). Restoration of the endodontically treated tooth. *Dental Clinics of North America*, **46** (2), 367-384.
- Rogic-Barbic, M., Segovic, S., Pezelj-Ribaric, S., Borcic, J., Jukic, S., Anic, I. (2006). Microleakage along Glassix glass fibre posts cemented with three different materials assessed using a fluid transport system. *International Endodontic Journal*, **39** (5), 363-367.
- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., Crispin, B. J. (1998). Dental luting agents: A review of the current literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **80** (3), 280-301.
- Rosentritt, M., Furer, C., Behr, M., Lang, R., Handel, G. (2000). Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *Journal of Oral Rehabilitation*, **27** (7), 595-601.
- Rosin, M., Steffen, H., Korschake, C., Greese, U., Teichmann, D., Hartmann, A., Meyer, G. (2003). One-year evaluation of an Ormocer restorative-a multipractice clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, **7** (1), 20-26.
- Rosin, M., Schwahn, C., Kordass, B., Korschake, C., Greese, U., Teichmann, D., Hartmann, A., Meyer, G. (2007). A multipractice clinical evaluation of an ORMOCER restorative--2-year results. *Quintessence International*, **38** (6), e306-315.
- Roulet, J. F., Salchow, B., Wald, M. (1991a). Margin analysis of posterior composites in vivo. *Dental Materials*, **7** (1), 44-49.
- Roulet, J. F., Seewaldt, A., Noack, M. J. (1991b). Margin quality of Class III and IV composites in vitro. *Dental Materials*, **7** (3), 179-185.
- Ruttermann, S., Dluzhevskaya, I., Grosssteinbeck, C., Raab, W. H., Janda, R. (2010). Impact of replacing Bis-GMA and TEGDMA by other commercially available

- monomers on the properties of resin-based composites. *Dental Materials*, **26** (4), 353-359.
- Sahafi, A., Peutzfeldt, A. (2009). Durability of the bond between resin composite cores and prefabricated posts. *Acta Odontologica Scandinavica*, 1-6.
- Sakaguchi, R. L., Douglas, W. H., DeLong, R., Pintado, M. R. (1986). The wear of a posterior composite in an artificial mouth: a clinical correlation. *Dental Materials*, **2** (6), 235-240.
- Salameh, Z., Papacchini, F., Ounsi, H. F., Goracci, C., Tashkandi, E., Ferrari, M. (2006). Adhesion between prefabricated fiber-reinforced posts and different composite resin cores: a microtensile bond strength evaluation. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **8** (2), 113-117.
- Salz, U., Zimmermann, J., Zeuner, F., Moszner, N. (2005). Hydrolytic stability of self-etching adhesive systems. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **7** (2), 107-116.
- Sarac, D., Sarac, Y. S., Basoglu, T., Yapici, O., Yuzbasioglu, E. (2006). The evaluation of microleakage and bond strength of a silicone-based resilient liner following denture base surface pretreatment. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **95** (2), 143-151.
- Sarac, Y. S., Basoglu, T., Ceylan, G. K., Sarac, D., Yapici, O. (2004). Effect of denture base surface pretreatment on microleakage of a silicone-based resilient liner. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **92** (3), 283-287.
- Sauro, S., Pashley, D. H., Mannocci, F., Tay, F. R., Pilecki, P., Sherriff, M., Watson, T. F. (2008). Micropermeability of current self-etching and etch-and-rinse adhesives bonded to deep dentine: a comparison study using a double-staining/confocal microscopy technique. *European Journal of Oral Sciences*, **116** (2), 184-193.
- Schlichting, L. H., de Andrada, M. A., Vieira, L. C., de Oliveira Barra, G. M., Magne, P. (2010). Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties. *Dental Materials*, **26** (2), 118-125.
- Schmage, P., Nergiz, I., Sito, F., Platzer, U., Rosentritt, M. (2009). Wear and hardness of different core build-up materials. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **91** (1), 71-79.
- Schmitter, M., Rammelsberg, P., Gabbert, O., Ohlmann, B. (2007). Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. *International Journal of Prosthodontics*, **20** (2), 173-178.
- Schultz, S., Rosentritt, M., Behr, M., Handel, G. (2010). Mechanical properties and three-body wear of dental restoratives and their comparative flowable materials. *Quintessence International*, **41** (1), e1-e10.

- Schwartz, J. I., Soderholm, K. J. (2004). Effects of filler size, water, and alcohol on hardness and laboratory wear of dental composites. *Acta Odontologica Scandinavica*, **62** (2), 102-106.
- Schwartz, R. S., Robbins, J. W. (2004). Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of Endodontics*, **30** (5), 289-301.
- Segura, A., Donly, K. J. (1993). In vitro posterior composite polymerization recovery following hygroscopic expansion. *Journal of Oral Rehabilitation*, **20** (5), 495-499.
- Sen, D., Akgungor, G. (2005). Shear bond strengths of two composite core materials after using all-in-one and single-bottle dentin adhesives. *Journal of Prosthodontics*, **14** (2), 97-103.
- Shi, S., Nie, J. (2008). Dimethacrylate based on cycloaliphatic epoxide for dental composite. *Dental Materials*, **24** (4), 530-535.
- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., Brackett, S. E. (1997). *Fundamentals of Fixed Prosthodontics*. 3<sup>rd</sup> Ed. Quintessence Publishing Co, Inc.
- Sideridou, I., Tserki, V., Papanastasiou, G. (2003). Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, **24** (4), 655-665.
- Sideridou, I., Achilias, D. S., Kyrikou, E. (2004). Thermal expansion characteristics of light-cured dental resins and resin composites. *Biomaterials*, **25** (15), 3087-3097.
- Sideridou, I. D., Achilias, D. S. (2005). Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, and Bis-EMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **74** (1), 617-626.
- Sideridou, I. D., Karabela, M. M., Micheliou, C. N., Karagiannidis, P. G., Logothetidis, S. (2009). Physical properties of a hybrid and a nanohybrid dental light-cured resin composite. *Journal Biomaterials Science Polymer Edition*, **20** (13), 1831-1844.
- Signore, A., Benedicenti, S., Kaitsas, V., Barone, M., Angiero, F., Ravera, G. (2009). Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. *Journal of Dentistry*, **37** (2), 115-121.

- Sirimai, S., Riis, D. N., Morgano, S. M. (1999). An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-coresystems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **81** (3), 262-269.
- Sivers, J. E., Johnson, W. T. (1992). Restoration of endodontically treated teeth. *Dental Clinics of North America*, **36** (3), 631-650.
- Smith, C. S., Setchell, D. J., Harty, F. J. (1993). Factors influencing the success of conventional root canal therapy a five year retrospective study. *International Endodontic Journal*, **26** (6), 321-333.
- Smith, C. T., Schuman, N. (1997). Restoration of endodontically treated teeth: a guide for the restorative dentist. *Quintessence International*, **28** (7), 457-462.
- Soderholm, K. J. (1984). Water sorption in a bis(GMA)/TEGDMA resin. *Journal of Biomedical Materials Research*, **18** (3), 271-279.
- Soderholm, KJ., Roberts, MJ. (1990). Influence of water exposure on the tensile strength of composites. *Journal of Dental Research*, **69**, 1812-1816.
- Sorensen, J. A., Martinoff, J. T. (1984). Intracoronar reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **51** (6), 780-784.
- Sorensen, J. A., Engelman, M. J. (1990). Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **63** (5), 529-536.
- Standlee, J. P., Caputo, A. A., Hanson, E. C. (1978). Retention of endodontic dowels: effects of cement, dowel length, diameter, and design. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **39** (4), 400-405.
- Stankiewicz, N., Wilson, P. (2008). The ferrule effect. *Dental Update*, **35** (4), 222-224, 227-228.
- Stankiewicz, N. R., Wilson, P. R. (2002). The ferrule effect: a literature review. *International Endodontic Journal*, **35** (7), 575-581.
- Stansbury, J. W. (1992). Synthesis and evaluation of novel multifunctional oligomers for dentistry. *Journal of Dental Research*, **71** (3), 434-437.
- Steiner, M., Mitsias, M. E., Ludwig, K., Kern, M. (2009). In vitro evaluation of a mechanical testing chewing simulator. *Dental Materials*, **25** (4), 494-499.
- Stewardson, D. A. (2001). Non-metal post systems. *Dental Update*, **28** (7), 326-332, 334, 336.
- Stockton, L. W. (1999). Factors affecting retention of post systems: a literature review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **81** (4), 380-385.

- Stricker, E. J., Gohring, T. N. (2006). Influence of different posts and cores on marginal adaptation, fracture resistance, and fracture mode of composite resin crowns on human mandibular premolars. An in vitro study. *Journal of Dentistry*, **34** (5), 326-335.
- Swift, E. J., Jr. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatric Dentistry*, **24** (5), 456-461.
- Syrek, A., Kappler, O., Guggenberger, R., Weinmann, W., Dede, K., Loll, H., Thalacker, C. (2008). One Year Bond Strength Evolution of the Silorane Restorative System. *General Session of the IADR*.
- Tagtekin, D. A., Yanikoglu, F. C., Bozkurt, F. O., Kologlu, B., Sur, H. (2004). Selected characteristics of an Ormocer and a conventional hybrid resin composite. *Dental Materials*, **20** (5), 487-497.
- Taleghani, M. Bokmeyer, T. (1992). Evaluation of titanium reinforced composite as a core build up material. *Journal of Dental Research*, **72** (1947).
- Tanaka, J., Hashimoto, T., Stansbury, J. W., Antonucci, J. M., Suzuki, K. (2001). Polymer properties on resins composed of UDMA and methacrylates with the carboxyl group. *Dental Materials Journal*, **20** (3), 206-215.
- Tarumi, H., Imazato, S., Ehara, A., Kato, S., Ebi, N., Ebisu, S. (1999). Post-irradiation polymerization of composites containing bis-GMA and TEGDMA. *Dental Materials*, **15** (4), 238-242.
- Tay, F. R., Pashley, D. H. (2003). Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *The American Journal of Dentistry*, **16** (1), 6-12.
- Taylor, M. J., Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, **20** (1), 3-10.
- Teixeira, E. C., Teixeira, F. B., Piasick, J. R., Thompson, J. Y. (2006). An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. *The Journal of the American Dental Association*, **137** (7), 1006-1012.
- Thalacker, C. , Heumann, A. , Weinmann, W. , Guggenberger, R., Luchterhandt, Syrek, A. (2004). Marginal integrity of Class V silorane and methacrylate composite restorations *Journal of Dental Research*, **83** (Special Issue A).
- Thalacker, C. , Heumann, A. , Hampe, R. , Weinmann, W., Guggenberger, R. , Syrek, A. (2005). Marginal integrity of silorane and methacrylate restorations after load cycle. *Journal of Dental Research*, **84** (Special Issue A).
- Tjan, A. H., Whang, S. B. (1985). Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **53** (4), 496-500.

- Tjan, A. H., Chiu, J. (1989). Microleakage of core materials for complete cast gold crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **61** (6), 659-664.
- Tjan, A. H., Grant, B. E., Dunn, J. R. (1991). Microleakage of composite resin cores treated with various dentin bonding systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **66** (1), 24-29.
- Toksavul, S., Zor, M., Toman, M., Gungor, M. A., Nergiz, I., Artunc, C. (2006). Analysis of dentinal stress distribution of maxillary central incisors subjected to various post-and-core applications. *Operative Dentistry*, **31** (1), 89-96.
- Toman, M., Toksavul, S., Sarikanat, M., Nergiz, I., Schmage, P. (2010). Fracture resistance of endodontically treated teeth: effect of tooth coloured post material and surface conditioning. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, **18** (1), 23-30.
- Torabinejad, M., Ung, B., Kettering, J. D. (1990). In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, **16** (12), 566-569.
- Torbjorner, A., Karlsson, S., Odman, P. A. (1995). Survival rate and failure characteristics for two post designs. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **73** (5), 439-444.
- Torstenson, B., Brannstrom, M. (1988a). Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Operative Dentistry*, **13** (1), 24-31.
- Torstenson, B., Brannstrom, M. (1988b). Composite resin contraction gaps measured with a fluorescent resin technique. *Dental Materials*, **4** (5), 238-242.
- Torbjorner, A., Fransson, B. (2004). A literature review on the prosthetic treatment of structurally compromised teeth. *International Journal of Prosthodontics*, **17**, 369-373.
- Trushkowsky, R. (2003). Achieving natural posterior anatomy with Ormocer technology. *Dentistry Today*, **22** (10), 90-93.
- Tulunoglu, O., Uctash, M., Alacam, A., Omurlu, H. (2000). Microleakage of light-cured resin and resin-modified glass-ionomer dentin bonding agents applied with co-cure vs pre-cure technique. *Operative Dentistry*, **25** (4), 292-298.
- Turner, C. H. (1981). Cement distribution during post cementation. *Journal of Dentistry*, **9** (3), 231-239.

- Ulusoy, N., Nayyar, A., Morris, C. F., Fairhurst, C. W. (1991). Fracture durability of restored functional cusps on maxillary nonvital premolar teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **66** (3), 330-335.
- Usumez, A., Cobankara, F. K., Ozturk, N., Eskitascioglu, G., Belli, S. (2004). Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **92** (2), 163-169.
- Vallittu, P. K. (1996). Dimensional accuracy and stability of polymethyl methacrylate reinforced with metal wire or with continuous glass fiber. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **75** (6), 617-621.
- Vallittu, P. K., Narva, K. (1997). Impact strength of a modified continuous glass fiber--poly(methyl methacrylate). *International Journal of Prosthodontics*, **10** (2), 142-148.
- Van Dijken, J. W. (2000). Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. *Journal of Dentistry*, **28** (5), 299-306.
- Van Dijken, J. W., Sunnegardh-Gronberg, K., Lindberg, A. (2007). Clinical long-term retention of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions. A 13 years evaluation. *Dental Materials*, **23** (9), 1101-1107.
- Van Landuyt, K. L., Mine, A., De Munck, J., Countinho, E., Peumans, M., Jaecques, S., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B. (2008). Technique sensitivity of water-free one-step adhesives. *Dental Materials*, **24** (9), 1258-1267.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Mattar, D., Van Landuyt, K., Lambrechts, P. (2003a). Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Operative Dentistry*, **28** (5), 647-660.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2003b). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, **28** (3), 215-235.
- Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., Hashimoto, M., Peumans, M., Lambrechts, P., Yoshida, Y., Inoue, S., Suzuki, K. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental Materials Journal*, **24** (1), 1-13.
- Vandewalle, K. S. (2009). Temperature changes in silorane-, ormocer-, and dimethacrylate-based composites and pulp chamber roof during light-curing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **21** (2), 132.
- Venz, S., Dickens, B. (1991). NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. *Journal of Biomedical Materials Research*, **25** (10), 1231-1248.

- Vichi, A., Grandini, S., Davidson, C. L., Ferrari, M. (2002). An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dental Materials*, **18** (7), 495-502.
- Wadgaonkar, B., Ito, S., Svizero, N., Elrod, D., Foulger, S., Rodgers, R., Oshida, Y., Kirkland, K., Sword, J., Rueggeberg, F., Tay, F., Pashley, D. (2006). Evaluation of the effect of water-uptake on the impedance of dental resins. *Biomaterials*, **27** (17), 3287-3294.
- Weinmann, W., Thalacker, C., Guggenberger, R. (2005). Siloranes in dental composites. *Dental Materials*, **21** (1), 68-74.
- Wrbas, K. T., Schirrmeister, J. F., Altenburger, M. J., Agrafioti, A., Hellwig, E. (2007). Bond strength between fibre posts and composite resin cores: effect of post surface silanization. *International Endodontic Journal*, **40** (7), 538-543.
- Xu, H. H., Quinn, J. B., Smith, D. T., Antonucci, J. M., Schumacher, G. E., Eichmiller, F. C. (2002). Dental resin composites containing silica-fused whiskers--effects of whisker-to-silica ratio on fracture toughness and indentation properties. *Biomaterials*, **23** (3), 735-742.
- Yamazaki, P. C., Bedran-Russo, A. K., Pereira, P. N., Wsift, E. J., Jr. (2006). Microleakage evaluation of a new low-shrinkage composite restorative material. *Operative Dentistry*, **31** (6), 670-676.
- Yang, H. S., Lang, L. A., Molina, A., Felton, D. A. (2001). The effects of dowel design and load direction on dowel-and-core restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **85** (6), 558-567.
- Yap, A. U., Shah, K. C., Chew, C. L. (2003). Marginal gap formation of composites in dentine: effect of water storage. *Journal of Oral Rehabilitation*, **30** (3), 236-242.
- Yap, A. U., Chew, C. L., Ong, L. F., Teoh, S. H. (2002). Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation*, **29** (1), 87-97.
- Yazici, A. R., Celik, C., Ozgunaltay, G. (2004). Microleakage of different resin composite types. *Quintessence International*, **35** (10), 790-794.
- Ye, Q., Spencer, P., Wang, Y. (2007). Nanoscale patterning in crosslinked methacrylate copolymer networks: an atomic force microscopy study. *Journal of Applied Polymer Science*. **106**, 3843-3851.
- Yesil, Z. D. (2007). Microleakage of four core materials under complete cast crowns. *New York State Dental Journal*, **73** (4), 32-38.



- Yesilyurt, C., Bulucu, B. (2006). Bond strength of total-etch and self-etch dentin adhesive systems on peripheral and central dentinal tissue: a microtensile bond strength test. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **7** (2), 26-36.
- Yesilyurt, C., Yoldas, O., Altintas, S. H., Kusgoz, A. (2009). Effects of food-simulating liquids on the mechanical properties of a silorane-based dental composite. *Dental Materials Journal*, **28** (3), 362-367.
- Yildirim, T., Tasdemir, T., Orucoglu, H. (2009). The evaluation of the influence of using MTA in teeth with post indication on the apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **108** (3), 471-474.
- Yiu, C. K., Tay, F. R., Pashley, D. H., King, N. M., Suh, B. I., Itthagarun, A. (2005). Effect of resin hydrophilicity on tracer penetration. A preliminary study. *The American Journal of Dentistry*, **18** (3), 160-164.
- Yiu, C. K., King, N. M., Pashley, D. H., Suh, B. I., Carvalho, R. M., Carrilho, M. R., Tay, F. R. (2004). Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials*, **25** (26), 5789-5796.
- Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, M., Shintani, H., Inoue, S., Tagawa, Y., Suzuki, K., De Munck, J., Van Meerbeek, B. (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, **83** (6), 454-458.
- Zaimoğlu, A., Can, G. (2004). *Sabit Protezler*. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Zhang, Y., Xu, J. (2008). Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, **19** (6), 2477-2483.
- Zhi-Yue, L., Yu-Xing, Z. (2003). Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **89** (4), 368-373.
- Ziebert, A. J., Dhuru, V. B. (1995). The fracture toughness of various core materials. *Journal of Prosthodontics*, **4** (1), 33-37.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Kazım Karabekir İlk Öğretim Okulunda, lise eğitimimi Bahçelievler Lise'sinde tamamladım. 1995 yılında girdiğim İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden 2000 yılında mezun oldum. 2004 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında doktora eğitime başladım ve 2005 yılında araştırma görevlisi kadrosuna atandım. Halen aynı anabilim dalında araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım. Yabancı dilim İngilizce'dir.