T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZEY ÖRTÜCÜ İLE KAPLANMIŞ FARKLI RESTORATİF CAM İYONOMER SİMANLARIN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK *İN-VİVO* VE *İN-VİTRO* İNCELENMESİ

Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Programı

Doktora Tezi

Diş Hekimi

Dt. Özgür KANIK

DANIŞMAN

Prof. Dr. L. Şebnem TÜRKÜN

İZMİR 2011

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

Adı-Soyadı		**İmza**
Başkan (Danışman):	Prof. Dr. L. Şebnem TÜRKÜN	.....
Üye	**:** Prof. Dr. Ferit ÖZATA	.....
Üye	**:** Prof. Dr. Fahinur ERTUĞRUL	.....
Üye	**:** Prof. Dr. Sevil GÜRGAN	.....
Üye	**:** Doç. Dr. Tijen PAMİR	.....

Doktora tezinin kabul edildiği tarih: .....

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim süresince bana hem klinik hem de akademik alanlarda değerli bilgileri ve görüşleri ile yol gösteren, hayata dair tecrübelerini paylaşan ve her konuda yardımcı olan doktora tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. L. Şebnem TÜRKÜN'e,

Doktora çalışmam sırasında tez izleme komitemde yer almayı kabul eden ve değerli görüşleri ile tezimin şekillenmesine ve tamamlanmasına katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Ferit ÖZATA'ya ve Prof. Dr. Fahinur ERTUĞRUL'a,

Çalışmalarım sırasında bana maddi destekte bulunan GC firması Türkiye bölge müdürü Selen HAZNE'ye ve SDI firmasından araştırma sorumlusu Dt. Lyn CHAU'ya,

Laboratuar çalışmalarımızın büyük bölümünü birlikte gerçekleştirdiğimiz Friedrich-Alexander Üniversitesi (Erlangen, Nüremberg, Almanya) Diş Hekimliği Fakültesi Laboratuar Sorumlusu sayın Dr. Walter DASCH'a,

İn vitro çalışmalarımızı tamamlamamızda büyük bir özveri ile yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Tijen PAMİR'e,

Tezin düzenleme aşamasında yardımcı olan Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalından Dr. Akın ALADAĞ, Dr. Erhan ÇÖMLEKOĞLU ve Doç. Dr. Mine DÜNDAR ÇÖMLEKOĞLU'na,

İstatistiksel değerlendirmelerde bize destek olan Yrd. Doç. Dr. Hayal BOYACIOĞLU'na,

Klinik fotoğraflamalarda beni asiste eden bölüm hemşiremiz Türkan KADIOĞLU'na ve bölümümüzde görev yapan asistan arkadaşlarıma ve diğer çalışanlarımıza,

Her zaman yanımda olup zor zamanlardan güzel günlere beraber ulaştığımız anneme ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

İzmir 2011 Dt. Özgür KANIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ i

GRAFİKLER DİZİNİ vii

RESİMLER DİZİNİ x

ŞEKİLLER DİZİNİ xvi

TABLOLAR DİZİNİ xvii

KISALTMALAR DİZİNİ xviii

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ 1

GENEL BİLGİLER 4

1. Posterior Bölge Dişlerinde Kullanılan Daimi Direkt Restorasyon Materyalleri 4

1.1. Tarihsel gelişime genel bir bakış 4

1.2. Amalgam 6

1.3. Kompozit Rezinler 7

1.3.1 Sıkıştırılabilen (Packable) Kompozit Rezinler 8

1.3.2. Akışkan (Flowable) Kompozit Rezinler 9

1.3.3. Smart ve Antibakteriyel Kompozit Rezinler 9

1.3.4. Ormoserler 10

1.3.5. Nano Dolduruculu Kompozit Rezinler 11

1.3.6. Büzülmeyen ya da Az Büzülen Monomer Sistemler 11

1.4. Cam İyonomer Simanlar 12

1.4.1.Cam İyonomer Simanların Kullanım Şekillerine Göre Sınıflandırılması 15
1.4.1.1. Tip I: Yapıştırma Simanları 16
1.4.1.2. Tip II: Restoratif Simanlar 17
1.4.1.3. Tip III: Kaide Materyali Olarak Kullanılan Simanlar 17
1.4.1.4. Tip IV: Kanal Dolgu Patı Olarak Kullanılan Simanlar 17
1.4.2. Cam İyonomer Simanların İçeriğine Göre Sınıflandırılması 18
1.4.2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar 19
1.4.2.1.1. Simanın Yapısı 19
1.4.2.1.1.1. Asit-baz Reaksiyonu 19
1.4.2.1.1.2. Reaktif (İyonomer) Cam Partikülleri 23
1.4.2.1.1.3. Poliakrilik Asitler 26
1.4.2.1.2. Materyalin Özellikleri 29
1.4.2.1.2.1. Doğrusal Eğme Özellikleri 29
1.4.2.1.2.2. Aşınma ve Yorulma 30
1.4.2.1.2.3. Termal Uyumluluk 32
1.4.2.1.2.4. Diş Dokularına Adezyon 33
1.4.2.1.2.5. Antikaryojenik Özellikler 34
1.4.2.1.2.6. Klinik Performans 34
1.4.2.1.3. Güçlendirme Konseptleri 35
1.4.2.1.3.1. Porozitenin Azaltılması 35
1.4.2.1.3.2. İkinci Bir Faz Partikülü ile Güçlendirme 36
1.4.2.1.3.3. Rezin Modifikasyonu 38

1.4.2.1.3.4. Rezin İçerikli Yüzey Örtücü Uygulaması 39
1.4.2.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS) 41
1.4.2.3. Poliasit Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Kompomerler) 42
1.4.2.4. Yüksek Vizkoziteli Cam İyonomer Simanlar 42
2. Direkt Posterior Restorasyonlarının Ömrü 44
2.1. Amalgam Restorasyonlar 45
2.2. Direkt Kompozit Rezin Restorasyonlar 47
2.3. Cam İyonomer Simanlar ve Kompomerler 48
2.3.1. ART Restorasyonları 49
3. Çalışmanın Amacı ve Hipotezleri 50

BÖLÜM II

GEREÇ VE YÖNTEM 51
1. *İN-VİVO* BÖLÜM 52
2. *İN-VİTRO* BÖLÜM 60
2.1. Diş Fırçası Abrazyonu Testi 62
2.2. Üç Nokta Eğme Dayanıklılığı Testi (Three-point bending) 71
2.3. Basma Dayanıklılığı Testi (Compressive strength) 74
2.4. Vickers Mikrosertlik Testi 76
2.5. Renklenme Testi 78
2.5.1. Yüzey Örtücülerin Cam İyonomer Simanların Rengine Etkisi 78
2.5.2. Renklendirici Ajanların Cam İyonomer Siman ve Yüzey Örtücü Kombinasyonlarının Rengine Etkisi 80

3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER 82

3.1. *İn-vivo* bölümün istatistikleri 82

3.2. *İn-vitro* bölümün istatistikleri 82

BÖLÜM III

BULGULAR 83

1. *İN-VİVO* BÖLÜMÜN BULGULARI 83

2. *İN-VİTRO* BÖLÜMÜN BULGULARI 94

2.1. Diş Fırçası Abrazyonu Testi 96

2.2. Üç Nokta Eğme Dayanıklılığı Testi (Three Point Bending) 103

2.3. Basma Dayanıklılığı Testi (Compressive Strength) 105

2.4. Vickers Mikrosertlik Testi 107

2.5. Renklenme Testi 113

2.5.1. Yüzey Örtücülerin Cam İyonomer Simanların Rengine Etkisi 113

2.5.2. Renklendirici Ajanların Cam İyonomer Siman ve Yüzey Örtücü Kombinasyonlarının Rengine Etkisi 117

BÖLÜM IV

TARTIŞMA 120

1. *İN-VİVO* BÖLÜM 120

2. *İN-VİTRO* BÖLÜM 126

2.1.Diş Fırçası Abrazyonu Testi 126

2.2. Üç Nokta Eğme ve Basma Dayanıklılıkları Testleri 132

2.3.Vickers Mikrosertlik Testi 138

2.4.Renklenme Testi 142

BÖLÜM V

SONUÇLAR 145

BÖLÜM VI

ÖZET 147

ABSTRACT 150

KAYNAKLAR 153

ÖZGEÇMİŞ 176

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. 18 ay sonunda kontrol edilebilen restorasyonların yüzdesel dağılımı (S I: Sınıf I ve S II: Sınıf II) 83

Grafik 2. 18 ay sonunda, farklı grupların renk uyumu kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri 88

Grafik 3. Renk uyumu kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri 88

Grafik 4. 18 ay sonunda, farklı grupların kenar uyumu kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri. 89

Grafik 5. Kenar uyumu kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri 89

Grafik 6. 18 ay sonunda, farklı grupların anatomik form kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri 90

Grafik 7. Anatomik form kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri 91

Grafik 8. 18 ay sonunda, farklı grupların retansiyon kaybı kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri 92

Grafik 9. Retansiyon kaybı kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri 92

Grafik 10. 18 ay sonunda, farklı grupların kenar uyumu + anatomik form + retansiyon kaybı kriterlerinin üçünü de kapsayan toplam başarısızlık yüzdeleri . 93

Grafik 11. Kompozit rezinin farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 100

Grafik 12. Örtücüsüz cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 101

Grafik 13. G-Coat PLUS ile örtülenmiş cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 101

Grafik 14. Fuji Varnish ile örtülenmiş cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 102

Grafik 15. 40000 siklus sonunda, yüzey örtücü kalınlıkları miktarlarından çıkarıldığında, gruplara göre, materyal düzeyinde gerçekleşen aşınma miktarları (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 103

Grafik 16. Farklı zaman dilimlerine göre üç nokta eğme dayanıklılığı test verileri ve standart sapmalarının topluca gösterimi (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 104

Grafik 17. Farklı zaman dilimlerine göre basma dayanıklılığı test verileri ve standart sapmalarının topluca gösterimi (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 105

Grafik 18. Farklı zaman dilimlerine göre, kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 107

Grafik 19. Fuji IX GP eXtra gruplarının farklı zaman dilimlerindeki mikrosertlik değerlerinin bir arada görüldüğü grafik 108

Grafik 20. Riva Self Cure gruplarının farklı zaman dilimlerindeki mikrosertlik değerlerinin bir arada görüldüğü grafik 108

Grafik 21. Farklı zaman dilimlerine göre, yüzey örtücüsüz gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 109

Grafik 22. Farklı zaman dilimlerine göre, G-Coat PLUS uygulanan gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir)..... 109

Grafik 23. Farklı zaman dilimlerine göre, Fuji Varnish uygulanan gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir) 110

Grafik 24. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası Δ değerlerindeki değişime bağlı olarak değişen rengin sayısal ifadesi ve yönü 114

Grafik 25. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "L" parametresinde meydana gelen değişimler 115

Grafik 26. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "a" parametresinde meydana gelen değişimler..... 116

Grafik 27. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "b" parametresinde meydana gelen değişimler..... 116

Grafik 28. Kahve solüsyonunda bekletilen grupların 1.-3.-5. ve 7. günlerdeki renk değişimleri (ΔE)..... 118

Grafik 29. Kola solüsyonunda bekletilen grupların 1.-3.-5. ve 7. günlerdeki renk değişimleri (ΔE)..... 119

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Cam iyonomer siman yüzeyindeki rezin içerikli yüzey örtücünün CLSM görünümü 40

Resim 2. Yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanın gözenekli yapısı 43

Resim 3. Piyasadaki yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanlara örnekler 43

Resim 4. Nanofil yapıda, ışıkla sertleşen cam iyonomer siman yüzey örtücüleri 43

Resim 5. Bluephase C5 ışık tabancası (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)..... 54

Resim 6. Yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanların kapsül aktivasyonu ve model üzerinde uygulanması 55

Resim 7. Işıkla polimerize olan yüzey örtücünün (G-Coat PLUS) uygulanması 55

Resim 8. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ve ışıkla sertleşen yüzey örtücünün, 46 numaralı dişte fissür örtücü altında gelişmiş ikincil çürük nedeniyle açılmış Sınıf I kavitede klinik uygulaması. **A:** başlangıç; **B:** kavite; **C:** yüzey düzenleyicinin uygulanması; **D:** CİS'ın kaviteye uygulanması; **E:** konturlanmış restorasyon; **F:** yüzey örtücünün sürülmesi ve restorasyonun bitmiş hali 56

Resim 9. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ve ışıkla sertleşen yüzey örtücünün, 15 ve 16 numaralı dişlerde amalgam altında gelişmiş ikincil çürük nedeniyle açılmış Sınıf II kavitelerde klinik uygulaması. **A:** başlangıç; **B:** her iki dişe OD kavitelerin açılması; **C:** matris bantlarının ve kamaların

yerleştirilmesi; **D:** yüzey düzenleyicinin uygulanması; **E:** CİS restorasyonlarının uygulanması; **F:** yüzey örtücülerin sürülmesi ve restorasyonun bitmiş hali 56

Resim 10. Kavitenin açılmasından itibaren restorasyonun bitimine kadar geçen toplam süre ve aşamalara göre zamanın dağılımı..... 57

Resim 11. Elipar® Trilight halojen ışık cihazı (3M ESPE, Seefeld, Almanya).. 64

Resim 12. Epoksi rezin materyali (Technovit 4071, Kulzer, Hanau, Almanya).. 65

Resim 13. Epoksi rezin içine gömülüp izolasyonu sağlanmış örnek..... 65

Resim 14. Diş fırçası abrazyonu test cihazının bilgisayar bölümü ve programlayıcısı..... 67

Resim 15. Diş fırçası abrazyonu test cihazının mekanik bölümü; hareket sağlayıcı düzeneği ve soğutma fanı..... 67

Resim 16. Aşınma testinde kullanılan diş fırçaları (İndicator, Oral B)..... 67

Resim 17. Kullanılan ölçü materyali (Panasil light, Kettenbach, Eschenburg, Almanya)ve dublikat materyali (Alpha Die, Schütz Dental, Rosbach, Almanya)..... 68

Resim 18. Siklus aralıklarında elde edilmiş dublikat modeller..... 68

Resim 19. Diş fırçası abrazyonu test cihazının mekanik hareketinin bilgisayar ekranındaki görünümü..... 68

Resim 20. CLSM cihazı; **a-b.** Cihazın önden ve yandan görünümü; **c.** Mikroskobun büyütme ayarları; **d.** Yüzey taramasının görünümü; **e.** Tarama sonucu ekranda oluşan görüntü; **f.** Yüzey derinliğinin grafiksel görünümü 70

Resim 21. ISO 9917-2 standartlarına uygun hazırlanan kalıbın yandan ve üstten görünümü..... 73

Resim 22. Heksan içerikli izolasyon maddesi (Signum Insulating Pen II, Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya)..... 73

Resim 23. Üç nokta eğme testi düzeneği ve örneğin düzenekte konumlandırılması 74

Resim 24. Düzenekte kullanılan suyun sıcaklığını dengeleyen cihaz ve testte kullanılan azami kuvvet..... 74

Resim 25. ISO 9917-1 standartlarına uygun hazırlanan kalıbın ve örneklerin görünümü 75

Resim 26. Test düzeneğinin üstten görünümü ve universal test cihazında testin yapılması için uygulanan azami kuvvet 75

Resim 27. Vickers mikrosertlik testi için hazırlanan örnekler ve kullanılan kalıplar..... 77

Resim 28. a. Zımparalama ve cila cihazı. **b.** Ultrasonik temizleme cihazı 77

Resim 29. Mikrosertlik test cihazı (Shimadzu Micro Hardness Testers HMV-2, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya). 77

Resim 30. Renklenme testi kalıpları ve örneklerin test sonrası renklenmiş görünümü 79

Resim 31. Spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade, Vita). 79

Resim 32. Renk uyumu kriteri dışında, diğer skorlardan A ve A1 skoru alan ve farklı hastalara ait farklı kombinasyonlar kullanılan restorasyonların 18 ay süresince görünümleri 85

Resim 33. Aynı hastaya ait farklı kombinasyonlar kullanılan restorasyonların 18 ay süresince görünümleri 86

Resim 34. Renk uyumu dışında tüm kriterlede başarılı olan ve aynı hastaya ait farklı kombinasyonlar kullanılan restorasyonların 18 ay süresince görünümleri 86

Resim 35. Renk uyumu kriterinde başarılı olan Fuji IX GP eXtra ve Fuji Varnish (Fv) kombinasyonu ile yapılmış okluzal bir restorasyon (A skoru) 87
Resim 36. Aynı hastaya ait ve 18 ay boyunca renk uyumu kriterinde başarısız olan Fuji IX GP eXtra (Fg ve Fv) ile Riva Self Cure (Rg ve Rv) restorasyonlar (C skoru).....87
Resim 37. ***Üst sıra:*** 45 numaralı dişte, 12. ve 18. aylarda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinden A2 skoru alan bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon tamir edildi. ***Alt sıra:*** 16 numaralı dişte, 6.-12. ve 18. aylarda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinden A2 skoru alan iki yönlü bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon takibe alındı.....90
Resim 38. 45 numaralı dişte, 6. ayda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinde A2; 12. ve 18. aylarda kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde B skoru alan iki yönlü bir restorasyon. 46 numaralı dişte, 18. ayda kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde C skoru alan iki yönlü bir restorasyon. Çalışma sonunda 45 nolu dişin dolgusu tamir edilirken, 46 nolu dişin restorasyonu yenilendi 91
Resim 39. 44-45 numaralı dişlerdeki Sınıf II restorasyonlar ve 47 numaralı dişin Sınıf I restorasyonu 18 ay boyunca başarılı bulunurken; 46 numaralı dişte bulunan restorasyon, 18. ay kontrolünde kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinden B skoru aldı 93
Resim 40. Riva Self Cure ve G-Coat PLUS kombinasyonu uygulanan 47 nolu dişte, kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde C skoru alan iki yönlü bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon kompozit rezin ile yenilendi.....93

Resim 41. Yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanlarının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen partikül ve yüzey görünümleri 94
Resim 42. G-Coat PLUS ile örtülenmiş Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanların farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen adezyonları, partikülleri ve yüzey görünümleri 95
Resim 43. Fuji Varnish ile örtülenmiş Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanların farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde adezyonları, partikülleri ve yüzey görünümleri 95
Resim 44. Gradia Direct Posterior kompozit rezinin farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen partikül ve yüzey görünümleri 96
Resim 45. Gradia Direct Posterior kompozit rezinin farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri..... 96
Resim 46. Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanın farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri..... 97
Resim 47. Riva Self Cure cam iyonomer simanın farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri..... 97
Resim 48. Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri 98

Resim 49. Riva Self Cure + G-Coat PLUS kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri 98
Resim 50. Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri 99
Resim 51. Riva Self Cure + Fuji Varnish kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri 99
Resim 52. Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) 40 µm ölçekte elde edilmiş görüntüde, G-Coat PLUS yüzey örtücünün uygulama kalınlığı (~6-9µm) izlenmektedir 100
Resim 53. Kompozit rezin örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri 111
Resim 54. Yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri. 111
Resim 55: G-Coat PLUS yüzey örtücü uygulanmış Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri 112
Resim 56: Fuji Varnish yüzey örtücü uygulanmış Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri 112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Restoratif materyallerin tarihsel gelişimi.....14

Şekil 2. Silikat simanın yapısı.....14

Şekil 3. Polikarboksilat simanın yapısı.....14

Şekil 4. ASPA'nın kimyasal reaksiyon mekanizması 15

Şekil 5. Floroaluminosilikat cam partiküllerinin şematik yapısı 19

Şekil 6. Cam iyonomer simanların dört fazlı sertleşme mekanizması.....20

Şekil 7. Asit-baz reaksiyonunun farklı bir şematiği 21

Şekil 8. Cam iyonomer simanların diş yüzeyine kimyasal bağlanması.....21

Şekil 9. Simanın maturasyonu sırasında görülen hidrolizin şematik görünümü ..22

Şekil 10. Siman maturasyonu süresince görülen başlıca sertleşme safhaları 23

Şekil 11. Al^{+3} katyonunun O^{-2} anyonu ile oluşturduğu dört bağlı tetrahedron yapısı ve siman matrisi oluşumunda görülen altılı bağ.....25

Şekil 12. Cam iyonomer siman oluşumunda kullanılan polikarboksilik asitler ...27

Şekil 13. a. Yüzey örtücü uygulanan örneklerin hazırlanışı. **b.** Yüzey örtücü uygulanmayan örneklerin hazırlanışı.....65

Şekil 14. Üç nokta eğme testi prensibinin şematik gösterimi.....73

Şekil 15. Vickers mikrosertlik testinin şematik gösterimi.....78

Şekil 16. CIELab üç boyutlu renk düzlemi.....89

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. 20-60º C sıcaklık aralığında diş dokularının ve restoratif materyallerin termal genleşme katsayıları 32

Tablo 2. Kullanılan materyaller, üretici firmaları ve içerikleri 51

Tablo 3. Restorasyonların kullanılan cam iyonomer simanlara, yüzey örtücülere ve kavite yönlerine göre sayısal dağılımı 53

Tablo 4. Modifiye USPHS kriterlerinin tanımı ve skorların ifadesi 59

Tablo 5. Laboratuar aşamasında kullanılan ürünlerin isimleri, üretici firmaları ve lot numaraları 60

Tablo 6. Çalışmada kullanılan farklı gruplar ve kullanılan kodlar..... 61

Tablo 7. Hazırlanan SAGF medium yapay tükürük solüsyonunun bileşenleri (pH=6,7) ve konsantrasyonları 61

Tablo 8. Diş fırçası abrazyonu cihazında kullanılan referans aralıkları 69

Tablo 9. Yüzey örtücünün cam iyonomer simanın rengine etkisinin incelenmesinde oluşturulan gruplar (n=10..... 79

Tablo 10. Renklenme testinde oluşturulan gruplar 81

Tablo 11. 18 ay sonunda kontrol edilebilen hasta ve restorasyon sayıları 83

Tablo 12. Farklı araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara göre cam iyonomer simanların eğme ve basma dayanıklılıkları 84

KISALTMALAR DİZİNİ

BS: British Standards

CİS: Cam iyonomer siman

CLSM: Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop

Fg: Fuji IX GP eXtra ve G-Coat PLUS kombinasyonu

Fn: Fuji IX GP eXtra yüzey örtücüsüz

Fv: Fuji IX GP eXtra ve Fuji Varnish kombinasyonu

HA: Hidroksiapatit

Hz: Hertz

ISO: International Organization for Standardization

K: Kompozit rezin (Gradia Direct Posterior)

MPa: Megapaskal (Basınç birimi)

$Mpam^{0,5}$: Darbe genlik modülasyonu

µm: Mikrometre

mm: Milimetre

nm: Nanometre

PMMA: Polimetilmetakrilat

Rg: Riva Self Cure ve G-Coat PLUS kombinasyonu

RMCİS: Rezin modifiye cam iyonomer siman

Rn: Riva Self Cure yüzey örtücüsüz

Rv: Riva Self Cure ve Fuji Varnish kombinasyonu

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

USPHS: United States Public Health Service

VHN: Vickers Mikrosertlik Değeri **(**Vickers Hardness Number)

BÖLÜM I

GİRİŞ ve AMAÇ

Diş çürüğü, epidemiyolojik olarak insanlarda görülen en yaygın enfeksiyon hastalığıdır (67). Karyojenik mikroorganizmaların mikrobiyal aktiviteleri sonucu karbonhidratları fermente ederek ürettikleri aside bağlı olarak diş ve çevre dokuları arasındaki demineralizasyon-remineralizasyon dengesinin, demineralizasyon lehine bozulması ile gelişen, dişin biyokimyasal yapısında ortaya çıkan geri dönüşü olmayan ilk patolojik değişimdir (30). Çürüğün uzaklaştırılarak kaybedilmiş dokuların tamamlanması ve fonksiyonun tekrar kazandırılması amacıyla çok çeşitli restoratif materyaller geliştirilmiş ve yıllar boyu kullanılmıştır.

Geleneksel kavite açma yönteminde, çürük ve çürükten etkilenmiş diş dokularının tamamen uzaklaştırılması esasken; günümüzde sağlıklı ve remineralize olma potansiyeli olan çürükten etkilenmiş diş dokularını kaldırmadan, sadece yumuşak ve denatüre çürük tabakasının uzaklaştırılması esasına dayanan minimal invaziv yaklaşım daha ön plana çıkmaktadır (197). Minimal invaziv yaklaşımın, diş hekimliği camiasında kabul görmesiyle birlikte, remineralizasyon yapma potansiyeline sahip restoratif materyallere yönelim artmıştır.

Günümüz konservatif tedavi yaklaşımında önemli olan sadece dişin restore edilmesi değil, restorasyon sonrası mevcut dokunun tekrar invaziv bir işleme gerek kalmaksızın uzun süreli olarak korunmasıdır (142). Bu nedenle yapılacak olan restorasyonun estetik özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve mekanik özellikleri de büyük önem arz etmektedir.

Remineralizasyon yapabilen bir materyal, diş dokusuna yüksek afinitede olmalı, diş dokusu ile benzer mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olmalı, remineralizasyon

potansiyeli olmalı ve uzun dönemde çürük oluşumunu önleyebilme kapasitesinde olmalıdır. Bu beklentilerin tümünü karşılama potansiyeli olan cam iyonomer simanlar, yıllar içinde restoratif diş hekimliğinde oldukça popüler olmuştur (142,159).

Silikat ve çinko polikarboksilat simanların avantajları bir araya getirilerek üretilmiş olan cam iyonomer simanlar, 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından diş hekimlerine tanıtılmış ve günümüze değin birçok gelişme göstermiştir (3,76). Öncelikle, Wilson ve arkadaşlarının tartarik asit ilavesi sertleşme özelliklerinde önemli bir ilerleme sağlamıştır. Tartarik asit, çalışma zamanını uzatır, sertleşmeyi hızlandırır, polituz matriksi oluşumunu geciktirir ve kalsiyum tartrat oluşumunu hızlandırarak siman içinde aluminyum poliakrilat formasyonunun kalitesini de arttırır. Cam yüzeylerinin modifiye cam bileşikleri ile işlem görmesi ve daha reaktif poliasitlerin (akrilik kopolimerler ve maleik asit) yapıya dahil edilmesiyle daha ileri yapısal gelişmeler ortaya çıkmıştır. Lantanyum ve stronsiyum gibi elementlerin cam formülasyonuna dahil edilmesi, radyoopak simanların geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Cam partiküllerinin metallerle (gümüş gibi) sinterizasyonu ile elde edilen sermet simanlarda metalin mekanik stresleri absorbe etmesi simanın kırılganlığını azaltmaktadır (178).

Cam iyonomer simanlar, diş hekimliği dünyasına tanıtılmasından bu yana farklı klinik uygulamalar için kullanılmışlardır. Son zamanlarda. daimi restorasyon materyali olarak amalgam ve kompozit rezinler yerine kullanılması fikri ön plana çıkmış ve firmaların buna yönelik çalışmaları artmıştır.

Diş dokularına kimyasal yolla bağlanabilme özelliğinde olan cam iyonomer siman materyalleri, flor salarak ve rezervuar görevi yaparak diğer restoratif materyallere üstünlük sağlamaktadırlar (57,136,198). Ancak, uygulamaları sırasında ve sonrasında nemden ve aşırı kurutmadan etkilenmekte, yüzeyleri kolayca

aşınmakta, renk değiştirmekte ve pürüzlü kalmaktadır. Bu restoratif materyal grubunun olumlu özelliklerinden fayda sağlamak ve olumsuzluklarını gidermek amacıyla, piyasaya cam iyonomer siman yüzey örtücüleri sunulmuştur.

Bir cam iyonomer siman yüzey örtücü materyal olan G-Coat PLUS, ışıkla polimerize olan ve aynı zamanda diş dokularına ve kompozit rezinlere de bağlanabilen bir üründür. Bu örtücünün rengi saydam olup, adeziv monomer ve nanofil partiküller içermektedir. Yüzey örtücü, cam iyonomer restorasyonların yüzeylerine uygulandığında, simanın fiziksel ve mekanik özellikleri güçlenmekte, dolgu kenarları korunmakta, renklenme azalmakta ve restorasyonun estetik görünümü olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir.

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda iki farklı yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer siman ve iki farklı yüzey örtücü kullanılmıştır. Çalışmamızın amacı; nano dolduruculu yüzey örtücü ürünün farklı cam iyonomer simanların özelliklerini ne oranda güçlendirebileceğini, *in-vitro* ve *in-vivo* olarak uzun dönemli incelemektir. Bu çalışma sonucunda; nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın zayıf mekanik ve estetik özelliklerini güçlendirerek Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde amalgam ve kompozit rezin yerine daimi restorasyon materyali olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşacağımızı düşünmekteyiz. Çalışmamızın, cam iyonomer simanların güçlendirilmesine ve daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilmesine dair yeni gelişmelere ışık tutacağını ummaktayız.

GENEL BİLGİLER

1. POSTERİOR BÖLGE DİŞLERİNDE KULLANILAN DAİMİ DİREKT RESTORASYON MATERYALLERİ

1.1. Tarihsel gelişime genel bir bakış

Posterior bölgede direkt uygulanabilen daimi restorasyon materyali olarak amalgam, kompozit rezin ve cam iyonomer simanlar kullanılmaktadır. Tarihsel gelişime göre amalgam ilk sırayı almaktadır. Bir restoratif materyali seçerken, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları göz önünde tutulması gereken hususlardır (25). İndirekt restorasyonlarda altın ve seramik materyaller tercih edilirken, direkt restorasyonlar için 70'li yılların sonuna değin amalgam tek tercih edilen materyal olmuştur (63). Ancak 20 yıldır amalgam, civa içeriğine bağlı alerjik ve toksikolojik potansiyeline bağlı olarak çok tartışılan bir restoratif materyal olmuştur (174). Bu endişelere paralel olarak, günümüzde amalgam restorasyonlarda görülen azalmaya karşın 1995 yılından itibaren, piyasaya sunulan dental restoratif materyallerde artan bir çeşitlilik göze çarpmaktadır. Dental araştırmalar sonucunda sağlanan büyük atılımlar ve restoratif tekniklerdeki değişimlere bağlı olarak, amalgam alternatifi birçok restorasyon materyali piyasaya sürülmüştür. Ayrıca, adeziv tekniklerdeki gelişmeler ve ilerlemeler ile profilaktik konseptlerle uyumlu gelişmeler sağlanmış ve sağlıklı diş dokularının korunması ön plana çıkmıştır. Diş sert dokularının bütünlüğünün sağlanması ve korunması için uygulanan tek seanslı direkt restorasyon teknikleri, mikromekanik tarzda aşırı madde kaybı yapılarak indirekt restoratif materyallerle uygulanan restorasyonlardan çok daha fazla tercih edilir hale gelmiştir (82).

Günümüz modern diş hekimliği uygulamalarında farklı restoratif materyaller kullanılmaktadır. Amalgamla birlikte en çok kullanılan materyaller kompozit rezinler ve cam iyonomer simanlardır. Amalgam, ucuz olması ve kolay uygulanabilme özellikleri ile uzun yıllardır klinik uygulamalarda yer almaktadır. Buna karşın, civaya bağlı toksisite potansiyeli ve düşük estetik özelliği dezavantajlarıdır (174). Kompozit rezinler, artık yeterli hale gelen fiziksel özellikleri ile birlikte, günümüzde en estetik olan restoratif materyal grubudur. Ancak diş dokularına bağlanabilmek için yüksek maliyetli, zaman alıcı ve tekniğe hassas bağlayıcı sistemlere ihtiyaç duymaları ise dezavantajlarıdır (43). Cam iyonomer simanlar, kimyasal birleşimleri ve toz-likit oranlarındaki değişime bağlı olarak fiziksel özellikler açısından yeterli hale gelmişler ve geniş bir klinik kullanıma sahip olmuşlardır (146). Cam iyonomer simanlar, metalik restorasyonlara göre daha estetiktir, ancak henüz kompozit rezinler kadar başarılı değildir (8). Buna rağmen, flor salınımına bağlı antikaryojenik potansiyellerinin mevcut olması, biyouyumlulukları ve diş dokularına kimyasal adaptasyonları onları farklı bir materyal grubu haline getirmiştir (219). Diğer açıdan, düşük kırılma dayanıklılıkları, sertlik ve aşınma direnci gibi zayıf mekanik özellikleri, arka bölgelerde yoğun stres gelen alanlarda restoratif materyal olarak kullanımları henüz sınırlandırmaktadır. Bu sebeple, posterior bölgelerde cam iyonomer simanlar genellikle geçici dolgu materyali olarak tercih edilmektedir (213, 82). Cam iyonomer simanların geliştirilme ihtiyacı, güçlendirilmiş cam iyonomer siman konseptlerine yönelik çalışmaların yapılmasını sağlamıştır. Bu amaçla, ikinci bir faz partikülü olarak seramikler, cam fiberler ve metal partiküller eklenerek cam iyonomer simanların yapısal iyileştirmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (200). Reaktif cam fiberlerin eklenmesiyle de ümit verici sonuçlara ulaşılmıştır.

1.2. AMALGAM

Amalgam, marjinal bölgelerde korozyon yaratıp örtüleme yapması, neme toleranslı olması ve mükemmel aşınma direnci sebepleriyle yüz yılı aşkın bir süredir kliniklerimizde başarıyla kullanılmaktadır (35). Hatta tükürük ve kan kontaminasyonunun olduğu, izolasyonu zor alanlarda bile kullanılabildiği bildirilmiştir. Buna karşın, amalgamın diş dokularına kimyasal olarak bağlanamaması, galvanik akım oluşturması, ısı iletimi yapması, içeriğindeki civanın potansiyel toksisitesi ve renginin estetik olmaması gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur.

Amalgam restorasyonlar, amalgam bağlayıcı teknikler kullanılarak da diş dokularına bağlanabilirler. Klinik olarak en başarılı bağlayıcı sistemin 4-META içerikli Amalgabond Plus (Parkell, Edgewood, NY, ABD) olduğu öne sürülmüştür (16). Amalgam bağlayıcılarda, bağlayıcı ajan dentine bir hibrit tabaka oluşturarak bağlanmaktadır. Buna rağmen, bağlayıcı rezinin amalgama bağlanması kimyasal bağlanmadan ziyade, büyük oranda mekanik bir bağlanmadır. Rezin bağlayıcının polimerizasyonu tamamlanmadan amalgam dolgu kondanse edilir ve aynı zamanda rezin uzantıları da ara yüzde amalgam içine kadar uzanır. Adeziv amalgam restorasyonların başarılı olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (16,24). Günümüzde amalgamın civa içeriğine bağlı olarak, özellikle çocuklarda restoratif materyal olarak hala kullanılması eleştirilere hedef olmaktadır (18,47).

1.3. KOMPOZİT REZİNLER

Kompozit rezinleri diş dokularına bağlayan bağlayıcı sistemlerin (adeziv sistem) gelişimiyle kompozit rezinlerin kullanımları da artmıştır. Kompozit rezinlerin posterior restorasyon materyali olarak performanslarının incelendiği ilk çalışmalarda, kompozit rezinlerin düşük aşınma dirençleri nedeniyle, sadece estetiğin ön planda olduğu ön bölge restorasyonlarında kullanılmaları önerilmiştir (163). Kompozit rezinlerin gösterdiği gelişmeyle birlikte, aşınma dirençleri anlamlı düzeyde artmış ve günümüzde direkt posterior restorasyonların %50'den fazlası artık kompozit rezin materyaller ile yapılır hale gelmiştir. Kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin gelişmesine karşın, amalgam ile kıyaslandığında restorasyonun yapımı daha maliyetli, zor ve zaman alıcıdır. Kompozit rezin restorasyonlarda aproximal kontağın sağlanması, kompozitin kondanse edilerek matris bandının komşu dişe doğru deforme edilememesi nedeniyle sorun yaratmaktadır (10,160). Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla bölümlü matris sistemleri, yardımcı kontak yapıcı aletler, özel şekilli matris bantları ve ışık tabancası uçları geliştirilmiştir.

Kompozit rezinlerin ve tüm ışıkla sertleşen estetik materyallerin polimerizasyonu sırasında görülen %1-3'lük polimerizasyon büzülmesi, marjinal adaptasyonda başarısızlığa ve postoperatif termal hassasiyete neden olmaktadır (187). Bu büzülmeyi biraz azaltmak ve ışığın kompozit rezinin içinde derinlere gittikçe güç kaybetmesini önlemek amacıyla ışıkla sertleşen kompozit rezinler kavitelere ikişer milimetrelik tabakalar halinde yerleştirilip polimerize edilmektedir (4). Kompozit rezinlerin içinde yer alan fotoinisiyatörler amin katalizörü varlığında görünür ışıkla aktive olmaktadır. Fotoaktivasyona uğramış diketon-amin kompleksi dimetakrilat rezin monomerlerinin polimerizasyonunu başlatmaktadır. Kompozit rezinler

maksimum reaksiyon için gerekli ve kendilerine uygun dalga boyundaki ışık ile aktive olan çeşitli fotoinisiyatörler içerebilmektedir. Birçok kompozit rezinin kamforokinon içermesine rağmen, bu fotoinisiyatörün kompozit rezine sarı bir renk tonu vermesi nedeniyle bu sarı rengi azaltacak alternatif fotoinisiyatörler de kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar, LED ışık kaynaklarının sağladığı dalga boyundan daha düşük olan 390-410 nm aralığında dalga boyundaki ışıkla aktive olmaktadırlar. Bu alternatif fotoinisiyatörleri içeren kompozit rezinler, daha geniş bir spektruma sahip (quartz-tungsten halojen ve plazma ark gibi tüm fotoinisiyatörleri aktive edebilen ışık kaynakları) ışık kaynaklarına gereksinim duymaktadırlar. Yetersiz polimerizasyon kompozitin mekanik özelliklerini, rengini ve aşınma direncini zayıflatacağından, kompozit rezinlerin uygun dalga boyundaki bir ışık kaynağı ile iki mm kalınlığında tabakalar şeklinde uygulanması gerekmektedir (9,183).

Son yıllarda, kompozit rezinlerin polimerizasyonunu yavaşlatarak büzülme streslerini azaltmak amacıyla çeşitli ışık cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar, polimerizasyon başlangıcında kısa süreli ve düşük yoğunlukta ışık uygulaması sağlarlar. Kompozit rezinin yavaş polimerizasyonunun polimer zincirlerinin hareketlerine izin vermek suretiyle, stres oluşumunu azalttığı ve marjinal bütünlüğü geliştirdiği düşünülmektedir (15,124). Kademeli olarak artan güçte bir ışık veren bu cihazlara ‘soft-start’ polimerizasyon yapabilen cihazlar denilmektedir.

1.3.1. Sıkıştırılabilen (Packable) Kompozit Rezinler

Amalgama alternatif olarak geliştirilmiş olan yüksek viskoziteli kompozit rezinlerdir. Hibrit kompozitlerden daha fazla oranda doldurucu partikül içerdikleri ve partikül dağılımları da daha fazla olduğundan viskoziteleri artmıştır. Çiğneme kuvvetlerinin yoğun olduğu posterior bölge restorasyonları için kullanımları

önerilmektedir. Sıkıştırılabilme özelliklerine bağlı olarak, bu materyaller ile Sınıf II kavitelerde aproksimal kontağın daha kolay oluşturulabileceği iddia edilmektedir. Üretici firmaların söylemlerine göre, 4 mm'lik tek kütle halinde aproksimal kavitelere uygulanabilmektedirler (45).

1.3.2. Akışkan (Flowable) Kompozit Rezinler

Hibrit kompozit rezinlere oranla daha küçük partikül boyutu, daha fazla organik matris ve daha az doldurucu içermektedirler (14). Organik matris oranının artmasına bağlı olarak viskoziteleri azalmıştır. Bu kompozit rezinler, pits ve fissür gibi dar alanlara ve undercut'lı bölgelere rahatlıkla uygulanabilir. Minimal invaziv kavite preparasyonlarında, eski restorasyonların tamir işlemlerinde, Sınıf V kavitelerde, hibrit ve sıkıştırılabilen kompozit rezin restorasyonların altında düşük elastiklik modüllerine bağlı olarak stres kırıcı kaide materyali olarak kullanılabilirler (34).

1.3.3. Smart ve Antibakteriyel Kompozit Rezinler

Yapısında bulunan özel kimyasallardan salınan flor, kalsiyum ve hidroksil gibi fonksiyonel iyonlar sayesinde, mikroorganizmalara ve bunlar tarafından üretilen asitlere karşı etki gösterebilen kompozit rezinlerdir. Bu restorasyonlara komşu dişlerin de demineralizasyondan korundukları iddia edilmektedir. Açığa çıkan iyon miktarı, restoratif materyalin dış tabakasındaki pH değerine bağlıdır. Dental plak aktivasyonuna bağlı olarak azalan pH, koruyucu iyon salınımını arttırır. Bu iyonların bakterisit etkileri ve asit tamponlama kapasitesi ile demineralizasyonun azalacağı ve ikincil çürük oluşumunun önlenebileceği düşünülmektedir (122). Gelecekte, plağın

adezyon özelliğini önleyen veya azaltan restoratif materyaller büyük önem kazanacaktır ve bu doğrultuda çalışmalar yapılacaktır.

Antibakteriyel özellik gösteren kompozit rezinlerin elde edilmesi iki yolla mümkün olabilmektedir:

a. Rezin matris yapısına çözünebilir antibakteriyellerin ilave edilmesi.

b. Antibakteriyel ajanların, rezin matrisin içinde sabit kalmasının sağlanması.

Birinci yöntemde kullanılan ilave madde klorheksidindir. Restorasyon materyalinden salınmak suretiyle etkinlik gösterir. İkinci yöntemdeki rezin materyaller antibakteriyel aktivite sağlamak için yeni bir monomer olan 12-methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide (MDPB) geliştirilmiştir. Matris içinde sabit kalan bu monomerin dışarı salınımı yoktur. Bakteri üremesini ve bakteriyel plak birikimini önleyici etki göstermektedir (88,211).

1.3.4. Ormoserler

1998 yılında diş hekimliği dünyasına tanıtılmış olan ormoserlerin (Organik Olarak Modifiye Seramikler) en önemli özelliği, bu materyalin gelişimine kadar kompozit rezinlerin inorganik partikül yapısında, oranında ve boyutunda değişiklikler yapılmaktayken; ormoserlerin geliştirilmesiyle birlikte kompozit rezinlerin organik matrisinde yapısal değişiklikler yapılmamasıdır (45). Ormoserlerde, çok fonksiyonlu üretan ile tioeter oligo metakrilat alkoksisilanın inorganik-organik kopolimerleri bulunmaktadır (156). Aşınma direnci geleneksel kompozit rezinlerden yüksek olup, onlara göre en önemli farkı, organik matriste temel komponent olarak metakrilat polisiloksan kullanılmasının dimetakrilat monomer miktarını azaltarak alerjik reaksiyon görülme riskini minimalize etmesidir.

Ormoserler, silanlanmış inorganik dolduruculara ek olarak inorganik-organik kopolimer içermektedirler. Düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyouyumluluğu ve çürük önleyici etkinliği ormoserlerin avantajları olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Klinik uygulamaları, direkt kompozit rezin uygulamaları ile hemen hemen aynıdır.

1.3.5. Nano Dolduruculu Kompozit Rezinler

Işıkla polimerize olan diş rengindeki restoratif materyallerin estetik, düşük polimerizasyon büzülmesi ve çiğneme kuvvetlerine direnç gibi olumlu özellikleri nano dolduruculu kompozit rezinlerde bir araya getirilmiştir. Organik matris yapılarına nanomer ve nanomer grupları ilave edilerek ağırlıkça %72-87 oranında doldurucu partikül içeriğine sahip nano dolduruculu kompozit rezinler üretilmiştir. Yapılan çalışmalar bu hipotezi destekler nitelikte sonuçlar vermiştir (44).

Bu kompozitlerin inorganik partikül büyüklüğü, ışığın dalga boyundan daha küçük olduğundan, görünür ışık ile emilim ya da saçılım gibi etkileşimlere girmedikleri düşünülmektedir (191). Ayrıca, bu doldurucuların silika kökenli olması da gerekmemektedir. Partikül boyutunun çok küçük olmasına bağlı olarak, çeşitli polimer zincirleri arasına uyumlu bir şekilde yerleşebildikleri görülmüştür (127).

1.3.6. Büzülmeyen ya da Az Büzülen Monomer Sistemler

Polimerizasyon büzülmesi; molekül ağırlığına, monomerlerin fonksiyonuna, içerdiği doldurucu miktarına ve üretim teknolojisine bağlı olarak farklılık göstermektedir. 1990'larda "spiro ortokarbonat monomerler" olarak adlandırılan ve polimerizasyon sırasında genleşmeyen monomerler geliştirilmiştir (161,186). Ancak, yetersiz biyouyumlulukları ve epoksi rezinlerin sertleşmesindeki yavaşlık bu

monomerlerin gelişimini engellemiştir. Bis-GMA ve TEGDMA rezinlerin epoksi rezinlerin yerine kullanılmasının, spiro ortokarbonat monomerlerinin büzülmeyi azaltma etkisini çok az indirgendiğinin görülmesi bu malzemelere yönelik çalışmaları durma noktasına getirmiştir.

"Oksibismetakrilat monomerler", yaygın olarak kullanılan dimetakrilatlarla karşılaştırıldığında, polimerizasyon büzülmesini %30-40 oranında azaltmaktadır (186). Bunun yanısırsa, likit kristal monomer sistemlerin de polimerizasyon büzülmesini azaltacağını gösteren laboratuar sonuçları da mevcuttur.

"Silorane" en son geliştirilen monomerdir. Deneysel silorane esaslı kompozitlerde, olumlu biyouyumluluk, artmış mekanik özellikler, 8,5-10 mm'ye kadar polimerizasyon derinliği ve düşük polimerizasyon büzülmesi (hacimce %0,5-0,8) sonuçları elde edilmiştir (71). Günümüz diş hekimliği pratiğinde kullanımları giderek artmaktadır. Ancak henüz ömürleri ile ilgili uzun dönemli klinik çalışmalar yayınlanmamıştır.

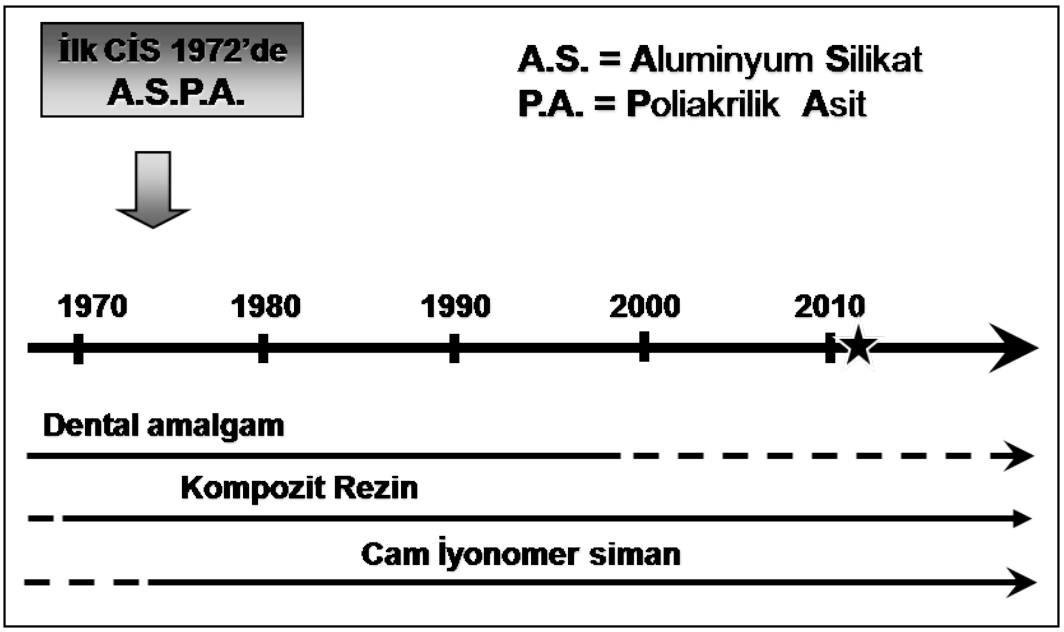
1.4. CAM İYONOMER SİMANLAR

19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlangıcında, üç farklı siman - çinko oksit öjenol (1875), çinko fosfat (1879) ve silikat siman (1908) – inleyler, kuronlar, postlar, köprüler ve ortodontik bantların simantasyonu, kaide yapımı ve dolgu materyali olarak kullanmak üzere geliştirilmişlerdir (43).

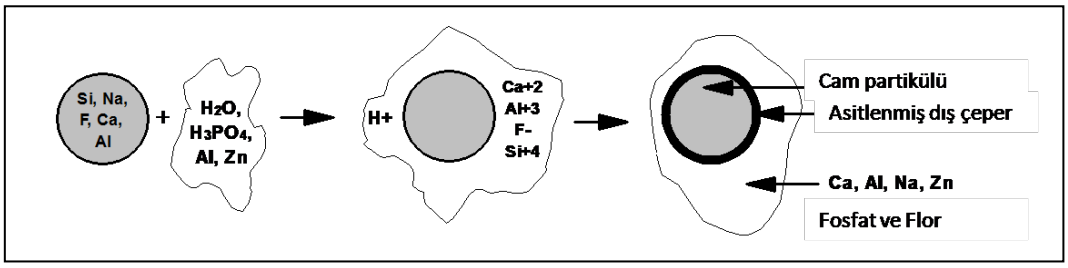
1960'ların başında, HA (hidroksiapatit) ve dentindeki kollagenler ile reaksiyona giren hidrofilik materyaller geliştirildi. HA'nin hem mine hem de dentinde bulunması, kalsiyuma bağlanmanın önemli olduğunu düşündürdü. Bu nedenle, sitrik ve poliakrilik asit içeren ve suda çözünebilen polielektrolit sistemlere

ilgi arttı. 1963 yılında, poliakrilik asidin diş dokularına adezyon potansiyeli ilk kez incelendi. Poliakrilik asidin kalsiyuma bağlanabildiği ve kollagen gibi organik polimerlerle hidrojen bağları oluşturabildiği görüldü (37). Poliakrilik simanlar, biyouyumlulukları ve iyi fiziksel özellikleri yanında, mine ve dentinde bulunan hidroksiapatite de bağlanabilmekteydi. Silikat simanlar, silikat camında Al_2O_3/SiO_2 oranındaki modifikasyon ile estetik özellikleri iyileştirilerek Wilson ve Kent tarafından geliştirilmişlerdir (204).

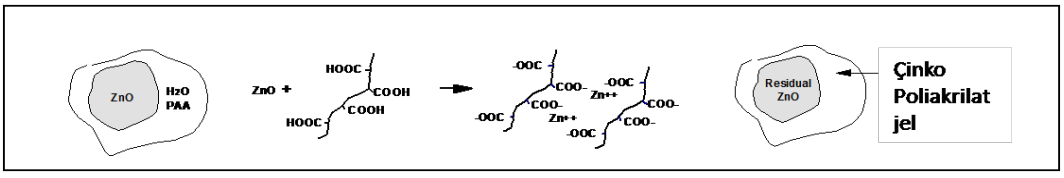
Cam iyonomer simanlar farklı gelişim aşamalarından geçerek günümüze kadar ulaşmış restoratif materyallerden biri olmuştur. İlk kez 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından diş hekimliğine tanıtılmış ve ismi **A**lumino-**S**ilikat-**P**oliakrilik-**A**sit olan içeriğin baş harfleri alınarak ASPA olmuştur (Şekil 1-4) (205). Aynı yıl, ilk ticari cam iyonomer siman Dentsply DeTrey tarafından ASPA I adı altında piyasaya sürülmüştür. Materyalin sertleşme reaksiyonunu daha iyi kontrol edebilmek amacıyla, içeriğine tartarik asit ilave edilerek Wilson ve Crisp tarafından 1972 yılında tekrar geliştirilmiş ve ASPA II adını alan ürün 1976'da piyasaya tanıtılmış olup, rengi daha açık ve hafif opak olan ilk pratik cam iyonomer simandır. Wilson ve Crisp 1974 yılında, poliakrilik asit solüsyonuna metil alkol ekleyerek ASPA III simanını geliştirmişlerdir. Bu simanda poliakrilik asidin şelasyonu engellenmiştir. Ancak McLean, bu simanın ağız içinde renklendiğini ortaya koymuştur. Bu eleştiriler üzerine, yine Wilson ve Crisp, kopolimeri akrilik asidin ve itekoik asidin birleşmesinden meydana gelen ASPA IV (1977) simanını üretmişlerdir (13,38,144,200,204,205).



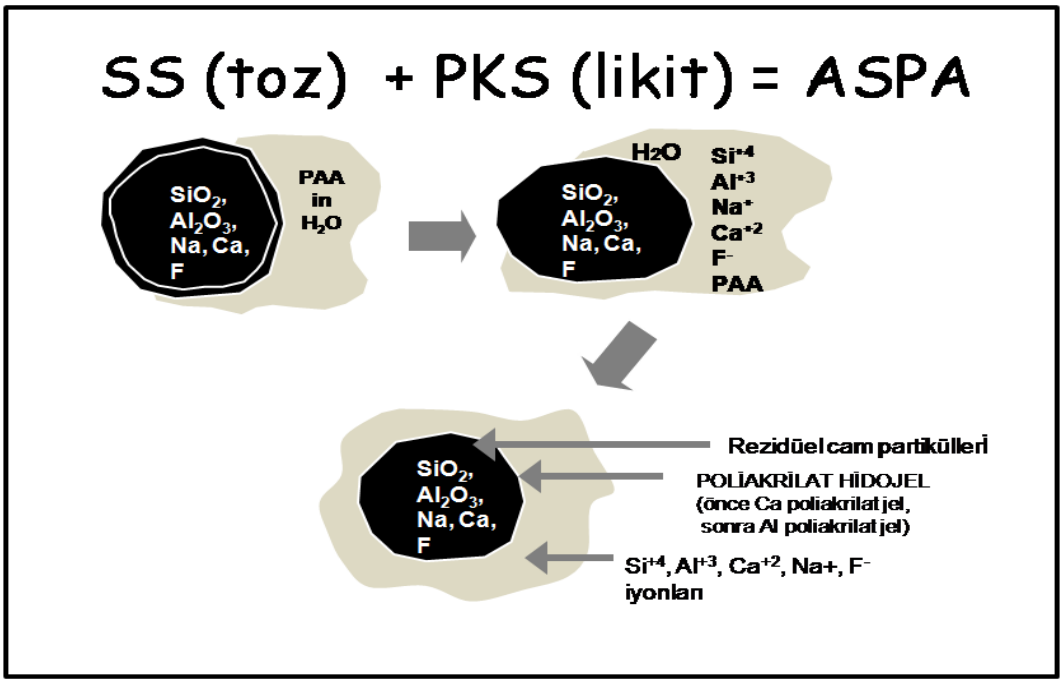
Şekil 1. Restoratif materyallerin tarihsel gelişimi.



Şekil 2. Silikat simanın yapısı.



Şekil 3. Polikarboksilat simanın yapısı.



Şekil 4. ASPA'nın kimyasal reaksiyon mekanizması.

1.4.1. Cam İyonomer Simanların Kullanım Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Cam iyonomer siman ifadesi, sertleşme reaksiyonun tamamının ya da büyük bir bölümünün asit-baz reaksiyonu olduğu, flor rezervuarı olan ve devamlı olarak flor salınımı gerçekleştirebilen restoratif materyaller için kullanılan bir terimdir. Bu tanımlamaya bağlı olarak, cam iyonomer simanların uygulama şekilleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir: (3,45,137,200)

Tip I: Kuron, köprü ve ortodontik braketlerin yapıştırılmasında kullanılan simanlar

Tip II a: Estetik restoratif simanlar

Tip II b: Güçlendirilmiş restoratif simanlar

Tip III: Kaide materyali olarak kullanılan simanlar

Tip IV: Kanal dolgu patı olarak kullanılan simanlar

Tüm gruplar için kimyasal yapı aynı olmakla birlikte, gerekli fonksiyonu sağlamak amacıyla toz-likit oranlarında ve toz partiküllerinin boyutlarında değişiklikler yapılmıştır.

1.4.1.1. Tip I: Yapıştırma Simanları

Geleneksel Simanlar

- Ketac-Cem Radyoopak (Handmix) (3M ESPE)
- Ketac-Cem Aplicap (3M ESPE)
- Fuji I (GC)
- CX-Plus Glassionomer Cement (Shofu)
- Vivacam Cem (Vivadent)

Rezin Modifiye Simanlar

- Advance (Dentsply/Caulk)
- Fuji Plus (GC)
- Fuji Ortho LC (GC)
- Fuji Ortho Self-Cure (GC)
- Vitremer Luting Cement (3M ESPE)
- Photac-Cem (3M ESPE)
- Pro Tec Cem (Vivadent)
- Fuji G-Cem (GC)
- Rely X Luting Plus (3M ESPE)

1.4.1.2. Tip II: Restoratif Simanlar

Geleneksel Simanlar

- Ketac-Fill (3M ESPE)
- Ketac-Fill Plus (3M ESPE)
- Fuji II (GC)
- Cam Ionomer Cement (Shofu)
- Chem-Fil (Dentsply)
- Ionofil (Voco)

Rezin Modifiye Simanlar

- Fuji II LC Improved (GC) Tri-cure
- Fuji II LC (GC) Tri-cure
- Photac-Fil (3M ESPE) Dual-cure
- Photac-Fil Quick (3M ESPE) Dual-cure
- Vitremer (3M ESPE) Tri-cure

Metal İçeren Cam İyonomer Simanlar

- Silver alloy admix-Miracle Mix (GC)
- Cermet (Chelon-Silver, Ketac-Silver) (3M ESPE)

1.4.1.3. Tip III: Kaide Materyali Olarak Kullanılan Simanlar

Restoratif simanlar aynı zamanda kaide materyali olarak da kullanılmaktadır.

1.4.1.4. Tip IV: Kanal Dolgu Patı Olarak Kullanılan Simanlar

- Ketac-Endo Aplicap (3M ESPE)

Cam iyonomer simanlar, mine ve dentine kimyasal olarak bağlanan, uzun süreli flor iyonu salınımı yapan ve rezervuar olabilen, yüksek biyouyumluluğa sahip ve diş dokularına hemen hemen yakın bir termal genleşme gösterebilen restoratif materyallerdir (45,155). Bu avantajlarının yanı sıra, kısa çalışma ancak nispeten uzun sertleşme zamanı, düşük kırılma dayanıklılığı, zayıf aşınma direnci, nem kontaminasyonuna hassasiyet ve sertleşme reaksiyonunun erken aşamalarında dehidratasyona uğrayabilmeleri gibi dezavantajları mevcuttur (43,79,113).

Cam iyonomer simanların mekanik ve fizikokimyasal özellikleri, çalışma zamanı ve sertleşme özellikleri birçok kritik faktöre bağlıdır:

- Formülasyonda kullanılan poliakrilik asit likiti ve aluminosilikat cam partiküllerinin bileşimi
- Cam tozunun partikül boyutu
- Siman karışımı içindeki bileşenlerin oranı (cam/poliakrilik asit/tartarik asit/su)
- Karıştırma yöntemi

Cam tozu ya da poliakrilat yapısına organik ve inorganik ilaveler yapılmak suretiyle cam iyonomer simanların performansını arttırmaya yönelik çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir (144).

1.4.2. Cam İyonomer Simanların İçeriğine Göre Sınıflandırılması

- Geleneksel cam iyonomer simanlar
- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
- Poliasit modifiye cam iyonomer simanlar
- Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

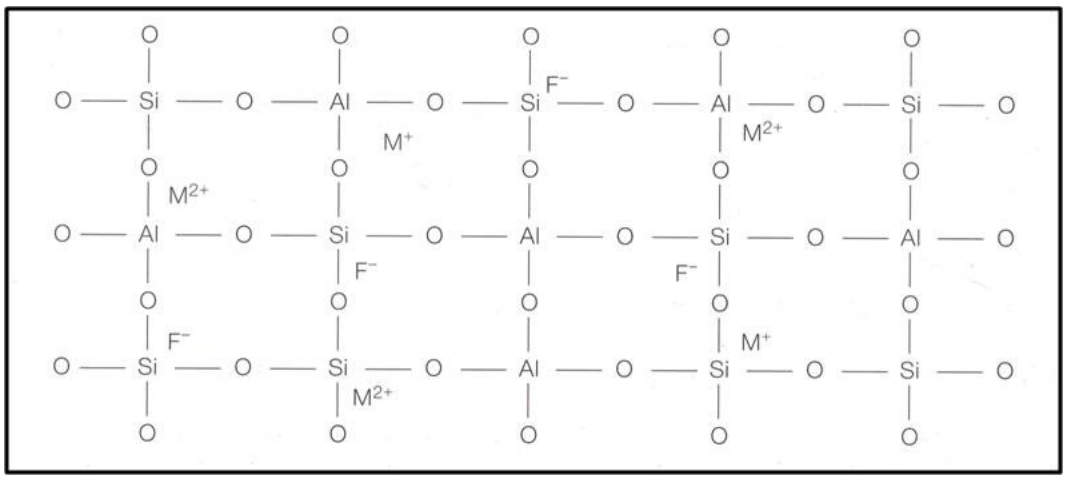
1.4.2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

1.4.2.1.1. Simanın Yapısı

Simanın yapısı asit-baz reaksiyonu, reaktif cam partikülleri ve poliakrilik asitler olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir (113).

1.4.2.1.1.1. Asit-Baz Reaksiyonu

Günümüzde, cam iyonomer simanlar, kalsiyum veya stronsiyum esaslı alumina-silikat cam tozlarının suda eriyebilen polimerik asitlerle kombinasyonu ve flor ilavesi ile elde edilmektedir (Şekil 5) (38,39,201). Bileşenlerin karıştırılması sonucunda, katı cam tozlarının asit gruplarını nötralize etmesine dayanan bir sertleşme reaksiyonu meydana gelir.

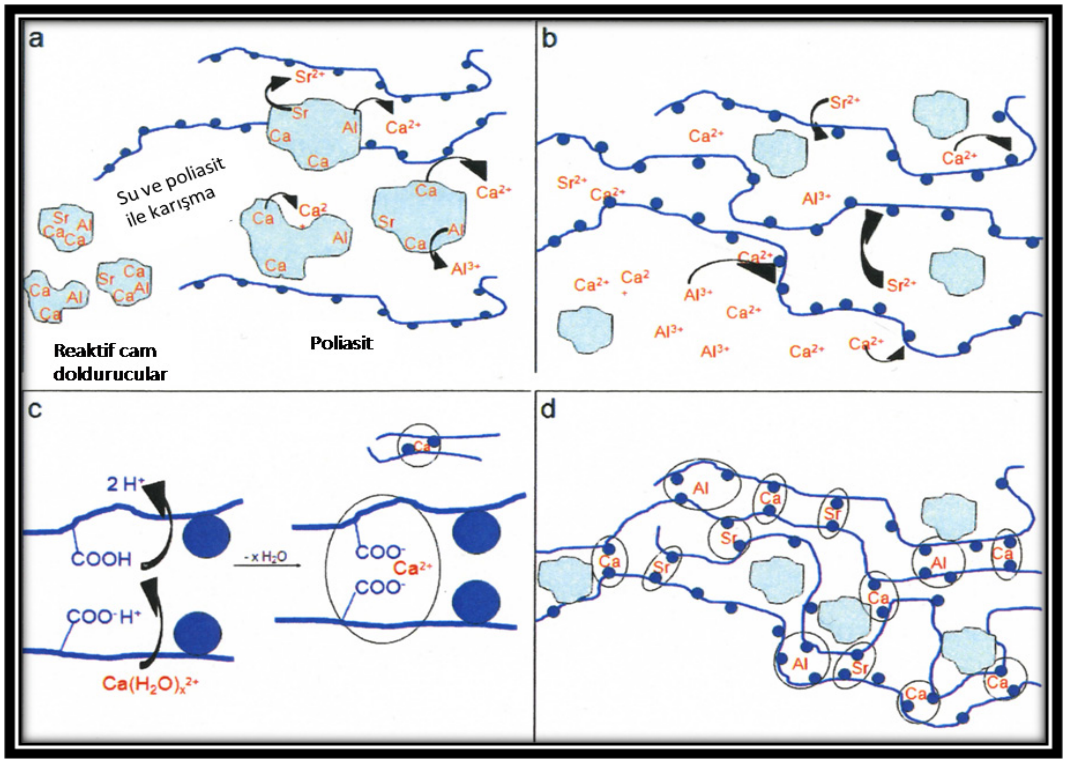


Şekil 5. Floroaluminosilikat cam partiküllerinin şematik yapısı(43).

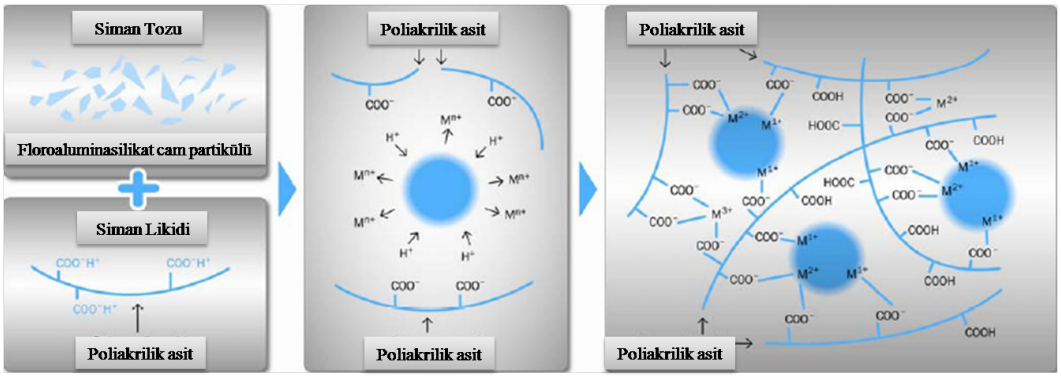
Cam iyonomerlerin sertleşme mekanizmasının dört ayrı fazda gerçekleşir: (Şekil 6,7) (32,38)

- **a.** toz ve likidin teması
- **b.** cam partikülleri üzerine asit atağı
- **c.** matrisin şelasyonu
- **d.** matrisin sertleşmesi

Başlangıç fazında, cam partiküller poliakrilik asit solüsyonu içinde dağılır. Cam partiküller siman matrisinde doldurucu görevi görür. Asit atağının gerçekleştiği fazda, yüzeydeki cam tozlarının yıkımı başlar ve simanı oluşturan metal iyonlarının (Al^{+3}, Ca^{+2}, Sr^{+2}, F^{-1}) serbestlenmesi ile reaksiyon devam eder (38). Serbestlenen metal iyonları simanın likit fazına doğru hareket ederler. Katyonlar daha sonra poliasit zincirleri arasında tuz köprülerinin oluşumuna yardım ederek yüzeyinde silikadan zengin "silika hidrojel tabakası" oluşur (38,79,113). Kalsiyum poliakrilat oluşumu, aluminyum poliakrilat oluşumundan daha hızlı bir reaksiyon sergiler. Reaksiyon devam ederken, matris içindeki iyon konsantrasyonu artar ve poliakrilik asidin poliakrilatlara dönüşmesi ile birlikte ortamın pH'ı ve viskozitesi artar (79). Genellikle, polikarboksilik asidin %45'lik sulu solüsyonu kullanılır. CİS'in sertleşme reaksiyonunu kontrol edebilmek için, cam tozuna yeterli miktarda kuru poliakrilik asit ilave edilir (113).

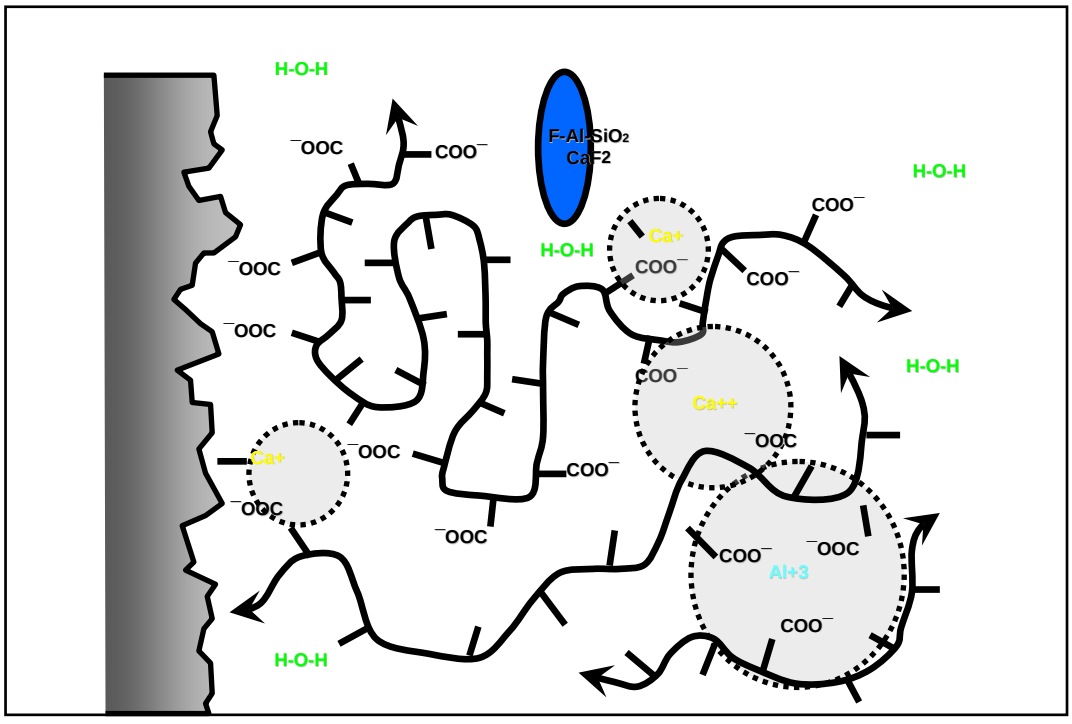


Şekil 6. Cam iyonomer simanların dört fazlı sertleşme mekanizması (32).



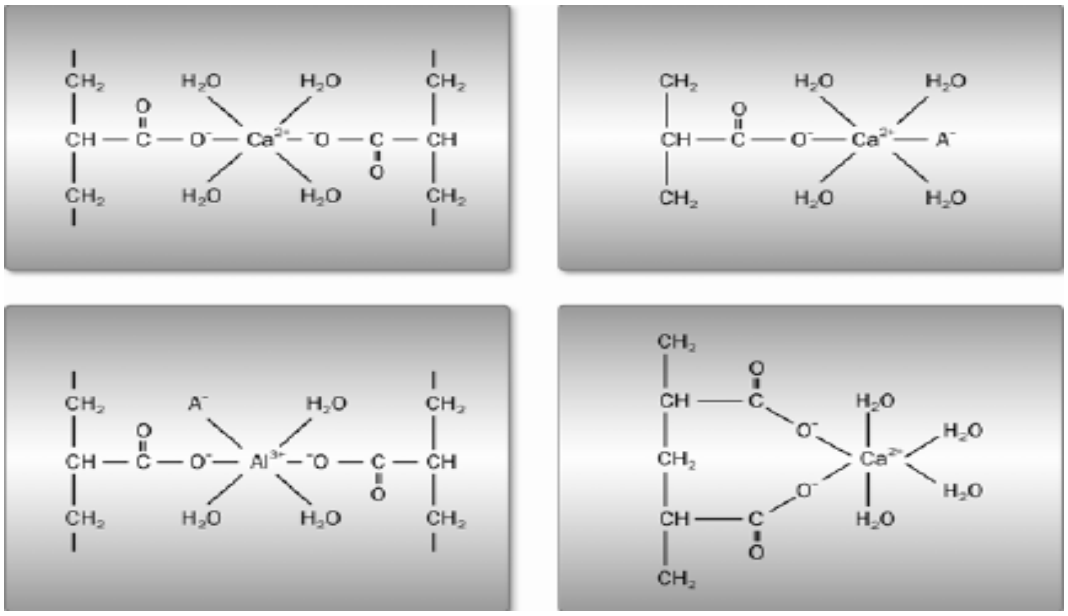
Şekil 7. Asit-baz reaksiyonunun farklı bir şematiği (113).

Cam iyonomer simanın diş dokusu ve metal ile bağlanması tam olarak açıklanamamakla birlikte, bu bağlanmanın polimer asitlerdeki karboksil grupları ile metal iyonları arasındaki iyonik bağlanma ile meydana geldiği düşünülmektedir (Şekil 8) (101).



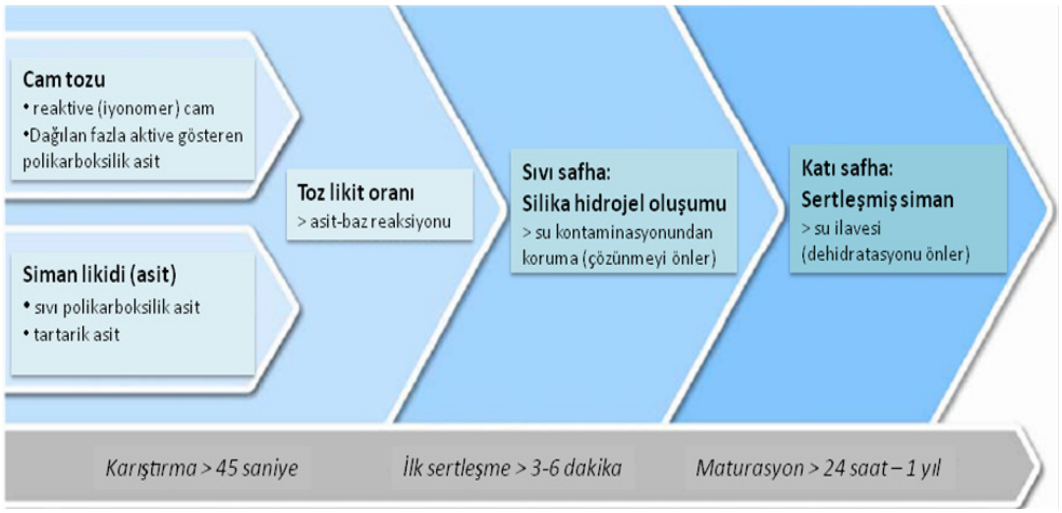
Şekil 8. Cam iyonomer simanların diş yüzeyine kimyasal bağlanması.

Su, cam iyonomer simanların sertleşme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Sertleşme sürecinin ilk aşamalarından itibaren, siman likidinde yer alan su siman yapısıyla tamamen birleşir (13). Sertleşme reaksiyonu boyunca, metal katyonlarının çözünmesini önlemek için siman tozunun fazladan su kontaminasyonundan korunması gerekir. Simanın katı bir hal almasıyla birlikte, su metal katyonları çevresinde koordinasyon alanları ya da polianyon zincirleri çevresinde hidratasyon bölgeleri gibi çeşitli konumlarda yer alabilir (149,194,195). Cam iyonomer simanın maturasyonu süresince meydana gelen hidroliz olayı şekil 9'da görülmektedir (43,148). Bu aşamada, meydana gelen su kaybı siman yüzeyinde çatlaklara neden olmaktadır ve çatlamış toprak görünümüne benzer bir yüzey ortaya çıkmaktadır (38).



Şekil 9. Simanın maturasyonu sırasında görülen hidrolizin şematik görünümü (43).

Simanın maturasyonu ilerledikçe simandan su çıkışı göreceli olarak artmaktadır. Sertleşme reaksiyonun belirli bir zaman süresince devam ettiği gözlenmektedir. Simanın sertleşme aşamaları sistematik olarak şekil 10'da gösterilmiştir (38,194).



Şekil 10. Siman maturasyonu süresince görülen başlıca sertleşme safhaları.

1.4.2.1.1.2. Reaktif (İyonomer) Cam Partikülleri

Cam iyonomer simanlarda kullanılan cam partikülleri karmaşık bir yapıya sahiptir ve birçok bileşen içerir. Cam partikülünün üç temel bileşeni silika (SiO_2), aluminyum (Al_2O_3) ve kireçtir (CaO). Genellikle stronsiyum (SrO) ve çinko (ZnO) oksitler CaO'in yerini alırlar. Flor (CaF_2), rezervuar görevi görmek üzere yapıya dahil olmuştur. Ayrıca, genellikle fosfat (P_2O_5) ve soda da (Na_2O) içerirler (200).

Cam tozu, 1100ºC-1500ºC sıcaklıkta erimiş alümina (Al_2O_3), silika (SiO_2), metal oksit, metal florür ve metal fosfatın bileşiminden meydana gelmektedir (38).

Wilson'ın orijinal cam formülasyonları aşağıdaki gibidir; (43)

SiO_2-Al_2O_3-CaF_2

SiO_2-Al_2O_3-CaF_2-Al_3PO_4

SiO_2-Al_2O_3-CaF_2-Al_3PO_4-Na_3AlF_6

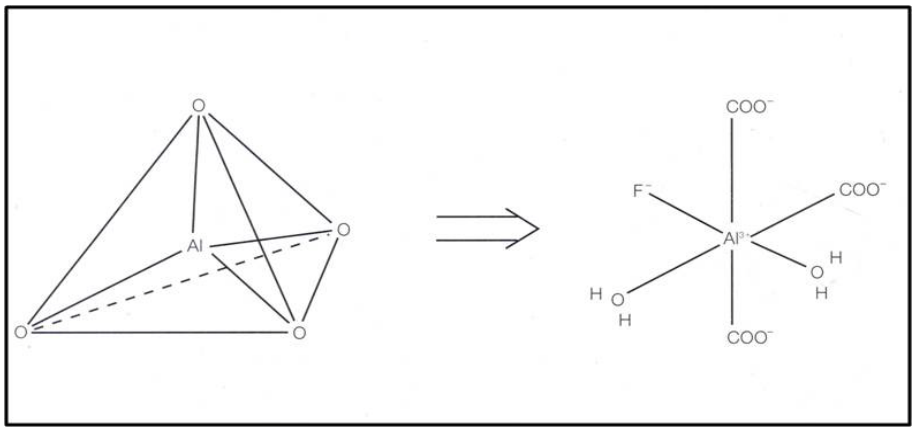
Cam tozunda kalsiyum ile stronsiyum elementleri, iyon değerliliği ve yarıçap olarak benzer olduğundan yer değiştirebilirler. Son iki formülasyonda remineralizasyonu sağlamak için gerekli olan kalsiyum, fosfat ve flor bulunmaktadır.

Cam partiküllerinin radyoopasitesini arttırmak için kalsiyum, stronsiyum ile tamamen ya da baryum ve lantanyum ile kısmen yer değiştirebilir. Stronsiyum iyonu ile kalsiyum iyonu yarıçap ve değerlilik olarak benzer olduğundan (Sr^{+2} = 1,13 Å, Ca^{+2} = 0,99 Å) tamamen yer değiştirebilirken, kalsiyumun baryum ve lantanyum ile kısmen yer değiştirebilmesinin nedeni yarıçaplarının daha geniş olmasıdır (Ca^{2} = 0,99 Å, Sr^{+2} = 1,13 Å, La^{+3} = 1,35 Å, Ba^{+2} = 1,35 Å) (38,43).

Cam iyonomer siman tozunun içerisinde yer alan fosfat ve flor, simanın erime sıcaklığını düşürmekte, şeffaf bir yapı kazandırmakta ve sertleşen cam iyonomer simanın daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Alüminyum oksit ve silisyum dioksit, camın iskeletini oluşturmaktadır. Yapı, üç boyutlu silikat yapısıyla tetrahedral bir yapıdır. Elektron nötralizasyonu sağlayabilmek için alkali iyonlar Al^{+3} iyonlarının çevresinde yer alırlar. Bunlar modifiye olmuş iyonlar gibi görev yapar ve silikat yapının moleküler ağırlığını azaltırlar. Modifiye olmuş metal iyonları yüksek tepkimeli poliasidik cam oluşumunu sağlamaktadırlar. Camın yapısında yer alan flor ve fosfat iyonları silika tetrahedral yapı içinde yer almazlar (38,113).

Wilson ve arkadaşları, ilk geliştirilen cam bileşenleri ile oluşturulmuş simanların özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Simanın özelliklerini belirleyen en önemli faktörün, Al:Si oranı olduğunu, ancak bunun tek başına yeterli olmadığını bildirmişlerdir (205). Örneğin, Ca^{+2} ve Sr^{+2} gibi katyonlar, camın oluşum mekanizmasındaki aluminyumun yapısal rolünü belirlemede etkili elementlerdir (73). Eğer Ca:Al oranı 1:2'den fazla ise ve Al:Si oranı 1:1'den küçük ise, tüm aluminyum iyonları dörtlü bağ yaparlar ve cam mekanizmasına (AlO_4) tetrahedron olarak katılırlar. Cam mekanizması AlO_4 ve SiO_4 tetrahedronlarının bağlanmasından oluşur. Böyle bir yapıda, Al^{+3} katyonları Si^{+4} katyonlarının yerine geçtiğinde, camı oluşturan birimler negatif olarak yüklenir. Bu birimler, cam ağındaki mevcut pozitif yüklerle

dengelenir (221). Eğer katyonlar yetersiz ise, -örneğin Ca:Al oranı 1:2'den küçük ise- aluminyum iyonlarının hepsi dörtlü bağ yapamaz ve bir kısmı altılı bağlar yapar (Şekil 11) (43).



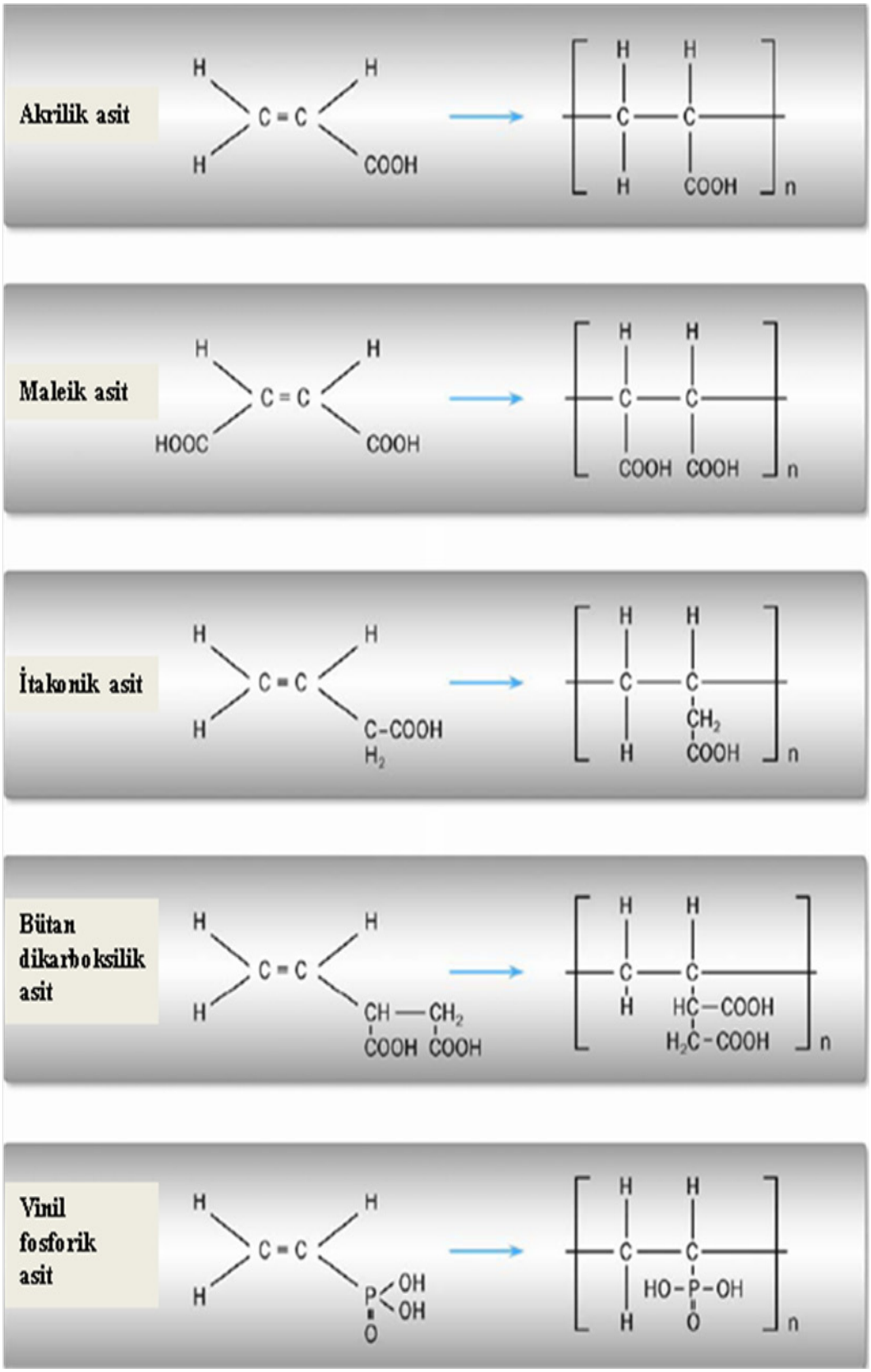
Şekil 11. Al^{+3} katyonunun O^{-2} anyonu ile oluşturduğu dört bağlı tetrahedron yapısı ve siman matrisi oluşumunda görülen altılı bağ (43).

Al^{+3} ve Si^{+4} iyonları arasında oluşan oksijen bağları asit ataklarına karşı zayıftır. Al^{+3} iyonunun alan direnci Si^{+4} iyonuna göre daha zayıftır (192). Sonuç olarak, Al^{+3} iyonları oksijen anyonlarının elektron bulutları kadar kuvvetli etkileşemez ve bu sebeple asit atağına duyarlı hale geliriler. Bağ yapmamış serbest oksijen iyonları da bu asit atağına duyarlıdırlar – dengeleyeci katyonlar protonlar ile yer değiştirir. CaF_2 gibi flor içerikli elementler, AlO_3F ve SiO_3F tetrahedronları oluşturmak üzere camın yapısına katılırlar (46,192). F^- iyonlarının O^{-2} iyonlarının yerini alması, merkezi katyonların sayısını azaltarak kalan katyon bağlarını güçlendirir ve asit atağına daha dirençli hale getirir. Buna karşın, F iyonları bağ yapmaz ve mekanizmayı bozarlar (72,192). Her flor iyonu camın yapısına bağ yapmamış oksijen iyonu katar. Bu sebeple CaF_2 molekülü, teorik olarak CaO'dan daha etkili bir mekanizma elemanıdır ve CaO'in CaF_2 ile yer değiştirmesi camın asit atağına duyarlılığını arttırır ve simanın sertleşme zamanını azaltır (203). Word ve Hill'ın çalışmasına göre (212),

çoklu bileşenli camlar, kristalleşmenin yanı sıra, sıvı-sıvı fazı ayrışması gösterirler ve sonuçta kalsiyum ve flordan zengin bir yapı ortaya çıkar. Pek çok durumda, bu zerrecikler CaF_2 kristaline dönüşür. Bu konuda yapılmış olan çalışmalara göre, siman reaksiyonu tercihen kalsiyum ve flordan zengin fazda gerçekleşir. Genel olarak, sıvı-sıvı fazıyla meydana gelen camlar en kuvvetli siman yapısını oluştururlar (19). Alkali iyonlar, cam iyonomerin cam partiküllerine eklenerek üretim aşamasındaki erime sıcaklığını düşürür ve çözünebilen iyonlar sağlayarak flor iyonu salınımını kolaylaştırırlar (140). Fakat sodyumun yapıya dâhil olması çözünürlüğü, hidrolitik stabiliteyi ve simanın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Diğer katyonlarla karşılaştırıldığında; sodyum, camın yapısında daha büyük oranda salınmaya eğilimlidir, çünkü sodyumun silikat camlarında düşük sıcaklıklarda daha hareketli olduğu bilinir. Ayrıca, hidrojen iyonlarıyla kolayca yer değiştirir (46). Sodyum iyonları, kalsiyum ve aluminyum katyonları ile poliasit zincirindeki karboksilat grupları ile bağ yapmak için yarışır ve bu şekilde çapraz bağların oluşumunu engeller. Polituz matrisindeki çapraz bağların sayısı Young modülünü ve çatlak formasyonunda görülen plastik deformasyonun derecesini ve bunlara bağlı olarak da kırılma dayanıklılığını etkiler (72).

1.4.2.1.1.3. Poliakrilik Asitler

Cam iyonomer simanların reaktivitesi, asit veya kopolimerik asidin türü kadar, moleküler ağırlığına ve konsantrasyonuna da bağlıdır. Maleik ya da itakonik asit ilavesi ile toplam moleküler ağırlığa bağlı olarak karboksilik gruplarının sayısı artar ve bu durum reaktivitenin artmasını sağlar. Poliakrilik asit (Şekil 12), cam iyonomer simanın toz ya da likit kısmında yer alabilir. Diğer bir yaklaşım ise, likit kısmı distile su olan ve çözünebilen kuru poliasitlerin toz kısmında yer aldığı simanlardır (43,200).



Şekil 12. Cam iyonomer siman oluşumunda kullanılan polikarboksilik asitler (43).

Asit, cam yapısını bozarak cam ağındaki bağları hidrolize uğratır ve karboksilat gruplarıyla şelasyon yaparak poliakrilik zincirler arasında çapraz bağları oluşturan aluminyum ve kalsiyum katyonlarını salar (46). Çapraz bağların sayısı, simanın özelliklerini etkileyen başlıca faktörlerdendir. Çapraz bağların artması, simanın Young elastiklik modülünü arttırmaktadır (19). Poliakrilik asit konsantrasyonunun artması da, pH'ı düşürür ve reaksiyonun kalitesini ve derinliğini arttırır. Asit içeriğinin artması, su içeriğinin azalması anlamına gelmektedir. Bu faktöre ek olarak iyonik çapraz bağların artması daha az serbest su içeriği ile gerçekleşir. Serbest kalan suyun esneme etkisine bağlı olarak Young elastiklik modülü artar. Poliakrilik asidin yoğunluğunun artması sonucunda, çatlaklarda plastik etki artar ve cam iyonomer simanın dayanıklılık özellikleri gelişir (19,74). Çok yüksek asit konsantrasyonlarında, oluşan bileşiklerin su ihtiyacını karşılayacak kadar suyun ortamda olmaması ya da tam bir nötralizasyon için gerekli olan metal katyonlarının yetersiz olması reaksiyonu engelleyebilir (72).

Az miktarda bileşik oluşturucu ajan eklenmesi cam iyonomer simanın sertleşme karakteristiğini değiştirir. Bunlardan en etkili olanı L-(+)-tartarik asittir. Bu asidin ilavesi; (39,150)

- Çalışma zamanını uzatır
- Sertleşmeyi hızlandırır
- Cam partiküllerinden ayrışan metal iyonları öncelikle tartarik asitle reaksiyona girerek tartrate oluştururlar, bu nedenle polituz matrisi oluşumu gecikir
- Kalsiyum tartrat oluşumunu hızlandırmanın yanı sıra, siman içinde aluminyum poliakrilat oluşumunun kalitesini de arttırır.

1.4.2.1.2. Materyalin Özellikleri

Cam iyonomer simanlar, mevcut bazı özellikleri ile restoratif ve adeziv materyal olarak klinik açıdan avantaj sağlayan cazip materyallerdir (28). Bu özellikler:

- Doğrusal eğme özellikleri
- Aşınma ve yorulma
- Termal uyumluluk
- Diş dokularına adezyon
- Antikaryojenik özellikler
- Klinik performans

1.4.2.1.2.1. Doğrusal Eğme Özellikleri

Dental restoratif bir materyalin mekanik parametreleri, elastiklik modülü, kırılma dayanıklılığı ve yüzey sertliği gibi doğrusal eğme özelliklerine bağlıdır. Cam iyonomer simanların germe-direnç karakteristiği, uygulanan test şartlarına bağlı olarak geniş bir aralıkta değişkenlik gösterir. Piyasada mevcut bulunan cam iyonomer simanlar, 2-10 MPa aralığında elastiklik modülüne sahiptir (113). Özellikle karıştırma sonrası ilk sertleşme sırasında meydana gelen aşırı nem kontaminasyonu, elastiklik modülünün ve kırılma direncinin azalmasından sorumludur. Yoğun kuvvetlerin geldiği posterior bölge restorasyonlarında cam iyonomer simanların kullanılabilmesi için doğrusal eğme özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (143).

Çeşitli pH'lardaki solüsyonlarda, diğer restoratif materyallerle karşılaştırıldığında cam iyonomer simanlar asit erozyonuna karşı yüksek direnç göstermektedir (147). Cam iyonomer simanlarla yapılan uzun dönemli çalışmaların sonuçlarına göre, materyalde ilk altı ayda %5 gibi yüksek bir su emiliminin

gerçekleştiği görülmüştür (182). Cam iyonomer simanlar, yüksek su emilimine bağlı olarak kompozit rezinlere oranla kısmen daha fazla genleşme göstermektedir. Su emilimi, cam iyonomer simanın mikro yapısını etkilediği için kırılma dayanıklılığı ölçümleri farklılıklar göstermektedir. Kırılma dayanıklılığı, mevcut ve deneysel cam iyonomer simanlar için 0,1-0,6 $Mpam^{0,5}$ arasındadır. Poliakrlik asidin moleküler ağırlığı ile kırılma direnci arasında bir korelasyon tespit edilememiştir. Altı aylık saklama süresi sonrası, *in-vitro* olarak, kırılma dayanıklılığında %20'lik bir artış görülmüştür (84).

1.4.2.1.2.2. Aşınma ve Yorulma

Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerine yönelik uzun dönemli çalışmalar, genellikle ağız ortamını taklit eden şartlarda gerçekleştirilmektedir. Restoratif materyallerin ağız içindeki davranışları, aktif kimyasal bir ortam varlığındaki çiğneme yüklerinin restorasyon üzerindeki etkisine bağlı olan karmaşık bir süreçte değişkenlik göstermektedir. Zamanla restorasyonlarda gerçekleşen başarısızlıkların nedenleri, genel olarak aşınma, marjinal kırık ve döngüsel yüklemeye bağlı olarak oluşan yorulma kırıklarıdır (23). Restorasyon yüzeyine etki eden çiğneme kuvvetlerinin yoğunluğu, günlük çiğneme sayısındaki farklılıklar gibi homojen olmayan bir yapıdadır ve bu nedenle, döngüsel yükleme şartlarını belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bream ve arkadaşlarının (23) 1994 yılında yaptığı çalışmaya göre, bölgeler arası farklılıklar gözetildiğinde, insanlardaki ortalama çiğneme basıncı 5-20 MPa arasında olup, çiğneme sıklığı saniyede yaklaşık 2 Hz'dir. Günlük çiğneme performansının tam olarak tespit edilmesi; çiğneme süresi, basıncı, döngüsü, yiyeceğin sertliği ya da çiğneme sırasında meydana gelen çift

taraflı değişimlere bağlı olarak çok zordur. Orta düzeyde çiğneme kuvvetinde oluşan günlük okluzal kontak sayısı 300-700 döngü arasında değişmektedir (126).

Diş hekimliğinde, antagonist kontağın mevcut olmadığı yüzeylerde meydana gelen madde kaybına okluzal kontak alansız (CFA: contact free area) aşınma denir. Okluzal kontak alanlı (OCA: occlusal contact area) aşınma, antagonist dişin doğrudan restoratif materyal ile etkileşimiyle oluşan madde kaybıdır (158). Restoratif materyallerin aşınmaları, genellikle klinik olarak kendini kanıtlamış ve standart başarıya sahip bir materyal olan amalgam referans alınarak incelenir.

Cam iyonomer simanların CFA aşınması, amalgamdan beş kat ve kompozit rezinden üç kat daha fazladır (107). Buna karşın, iyi düzeyde yüzey aşınması direncine sahip bazı restoratif materyaller, mekanik yorulmaya bağlı ani başarısızlıklar da göstermektedirler. Boşluk oluşumu, çatlak yayılımı ve partikül kopması gibi başarısızlık mekanizmaları ya da ani ve ikincil kritik başarısızlıklar aşınma ve yorulma için ortak nedenlerdir. Başlangıç kırılma kuvvetlerine karşın, zamanla yorulmaya bağlı ikinci dereceden kritik hasarlar görülebilir (43). 5-20 MPa arasında olan klinik çiğneme kuvvetleri göz önüne alındığında, döngüsel yorulma karakteristikleri "Wöhler" veya "Staircase" yöntemi ile değerlendirilebilir (184,23). Ağız içi sıvıların koroziv etkinliğinin, simanların, seramiklerin ve hatta polimerlerin çatlak oluşumuna karşı belirgin hassasiyetine olan katkısı göz önünde tutulmalıdır. Döngüsel yorulma testleri, restorasyonların zamanla bozulduğunu ve klinik ömürlerinin sınırlı olduğunu açıkça göstermektedir. Rezin içerikli restorasyon materyallerinden farklı olarak, su emilimi ile zamanla kuvvetlendiği için, bu durum yorulma karakteristiğini olumsuz yönde etkiler. Cam iyonomer siman, bir ay süreyle suda saklanması sonrasında, döngüsel yükleme koşullarında bile, başlangıç kırılma dayanıklılığı düzeyine ulaşabilir (113).

1.4.2.1.2.3. Termal Uyumluluk

Diş yapıları ve ağız içinde yer alan restoratif materyaller; sıcak yiyecek ve içeceklerin oluşturduğu ısıya bağlı olarak genleşirken, soğukla temas durumunda büzülür. Restoratif materyal ile diş dokusu arasındaki termal genleşme katsayısı (CTE: coefficient of thermal expansion) arasındaki farka bağlı olarak meydana gelen genleşme ve büzülme sonucu restorasyonların kenarlarında kırıklar oluşabilmektedir (37). Restoratif materyallerin ve diş dokularının termal genleşme katsayıları tablo 1'de görülmektedir (113).

Tablo 1. 20-60ºC sıcaklık aralığında diş dokularının ve restoratif materyallerin termal genleşme katsayıları.

MATERYAL	CTE (Termal Genleşme Katsayısı)
CİS	10,2 – 11,4
Kompozit rezin	14 – 50
Amalgam	22,1 – 28,0
Porselen	12,0
Mine	11,4
Dentin	8,3

20-60ºC sıcaklıkları aralığında, kompozit rezin ve amalgam diş dokularından daha fazla genleşirken, porselen ve cam iyonomer simanın genleşmesi diş dokularıyla daha uyumludur. Restoratif materyaller ile diş dokuları arasındaki termal uyumsuzluk, kavite duvarlarında zamanla termal stres oluşturarak marjinal adaptasyon kaybına ve mikrosızıntıya neden olur.

1.4.2.1.2.4. Diş Dokularına Adezyon

Poliakrilik asit içinde yer alan karboksilat gruplarının, diş dokusunda mevcut fosfat iyonları ile reaksiyonu sonucu kimyasal adezyon gerçekleşmektedir (202). Elektro-nötralizasyon, kalsiyum iyonlarının fosfat iyonları ile yer değiştirmesi sonucu gerçekleşir. Cam iyonomer simanın dentine olan gerilme bağ dayanıklılığı (tensile bond strenght) 1-3 MPa olarak bildirilmiştir (37). Bu düşük değerler, sertleşme sürecinde cam iyonomer simanın neme karşı olan hassasiyetine bağlıdır. Polikarboksilik asit içerikli bir yüzey düzenleyici ile dentin yüzeyinin muamele edilmesi bağ dayanıklılığını 11 MPa'ye kadar yükseltebilmektedir (43,219). Cam iyonomer simanın diş sert dokularına bağlanmasında polikarboksilik asit kombinasyonlarının hidroksiapatite kimyasal adezyonu en önemli avantajıdır. Asit ile hidroksiapatit arasındaki iyonik bağlar, hidroksiapatit miktarının minede daha fazla olmasına bağlı olarak, minede dentinden daha fazladır (52). Bağlanma, hidroksiapatitin yüzeyindeki fosfat iyonlarının poliakrilik asit iyonları ile yer değiştirmesi ile sonuçlanır. Buna rağmen, cam iyonomer simanların bağlanma mekanizması hala tam olarak bilinmemekle birlikte, cam iyonomer simanın hidrofilik özelliği ve bunu takip eden iyonik bağ formasyonunun etkili olması olasılığı düşünülmektedir (2). Cam iyonomer siman, smear tabakası varlığında dahi, mine ve dentine direkt bağlanabilmektedir. Poliakrilik, sitrik ve fosforik asit gibi yüzey düzenleyici zayıf asitler bağlanma kuvvetini arttırmaktadır (165,217). Yüzey düzenleyiciler, dentin tübüllerini örtüleyen smear tabakasını uzaklaştıran asitleme ajanı gibi davranırlar. Asitler, kimyasal bağlanma için gerekli yüzey düzenlemesini sağlamak amacıyla dentin yüzey tabakasını demineralize ederek yaklaşık 1 μm derinliğe penetre olmaktadır (118).

1.4.2.1.2.5. Antikaryojenik Özellikler

Florun çürük önlemede çok etkili bir ajan olduğu bilinmektedir. Flor iyonu, farklı şekillerde etkinlik gösterebilir: (198)

- Bakterilerin çürük oluşturucu mekanizmasını durdurarak
- Mine ve dentin dokusundaki porozitelerin ve yumuşamış alanların remineralizasyonunu sağlamak suretiyle mine ve dentinin dayanıklılığını arttırarak

Flor preparatları genellikle, tüm ağza uygulanan solüsyon, pasta ya da yüzey örtücü formunda bulunur. Klinik bulgular, flor salan restoratif materyallerin antikaryojenik etkilerinin yararlarına işaret etmektedir (57). Bununla birlikte, özellikle dolgu materyali ve diş arasındaki marjinal aralıkta uzun dönemli flor salınımı, dental dokularda ikincil çürük oluşumunun engellenmesine yardımcı olur (200). Geleneksel cam iyonomer simanlarda, başlangıçta flor salınımı 10 ppm düzeyine kadar ulaşırken, 100 ayı aşan uzun dönemlerde ise 1-3 ppm'e kadar düşmektedir (57). Bu salınım, florun ikincil çürük oluşumunu önlemedeki etkinliğinin bir kanıtıdır. Buna karşın, kompozit rezinler ve poliasit modifiye cam iyonomer simanlar (kompomerler) gibi materyaller, distile suda ilk 7 günlük saklama sonrasında 0-1 ppm gibi çok düşük bir flor salınımı göstermektedirler (136).

1.4.2.1.2.6. Klinik Performans

Birkaç yıllık klinik kullanım sonrasındaki başarısızlığın yaygın nedenlerinden biri, yorulmaya bağlı oluşan kırıklardır. Restorasyonlarda sıklıkla büyük kütle, tüberkül ve marjinal sırt kırıkları görülmektedir. Kompozit rezinlerin kullanıldığı durumlarda, Burke ve arkadaşlarının (26) yapmış olduğu bir çalışmada, %18 oranından marjnal kırıklar ve %7 oranında da büyük kütle kırkları başarısızlıkların

temel nedenleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Hickel ve arkadaşları (82), posterior bölgede stres taşıyıcı kavitelerin yıllık başarısızlık oranlarına dair kaynakça taramasına dayalı bir derleme yapmışlardır. Ortalama yıllık başarısızlık oranlarını kompozit rezinler için %0-9, amalgam için %0-7 ve cam iyonomer simanlar için %1,9-14,4 olarak bildirmişlerdir. Temel başarısızlık nedeni olarak kırıklar burada da ön plana çıkmıştır. Yük taşıyıcı Sınıf I ve Sınıf II kaviteleri kapsayan iki yıllık başka bir çalışmanın sonuncunda, restorasyondaki kırılmalara bağlı %10'luk bir başarısızlık bildirilmiştir (102).

1.4.2.1.3. Güçlendirme Konseptleri

- Porozitenin azaltılması
- İkinci bir faz partikülü ile güçlendirme
- Rezin modifikasyonu
- Rezin içerikli yüzey örtücü uygulaması

1.4.2.1.3.1. Porozitenin Azaltılması

Cam iyonomer simanların mekanik özellikleri mikro yapıları ile yakından ilişkilidir. Partikül boyutu ya da porozite dağılımı simanın dayanıklılığını belirgin olarak etkilemektedir (213,76). Cam ve likitin içeriğindeki değişim, toz/likit oranı ve karıştırma yöntemi (el ile, vibrasyonlu ya da rotasyonlu aletlerle) gibi faktörler mekanik özellikleri etkilemektedir (55,213). Özellikle, simanın yapısına hava girişine bağlı porozite oluşumundan dolayı, karıştırma yöntemi büyük önem taşımaktadır (213,54). El ile karıştırılan simanlarda ortalama %3,5'luk porozite oranı bulunmuştur (96). Simanın viskozitesinin azalması porozitede bir artışa neden olmaktadır. Cam

iyonomer simanın viskozitesine bağlı olarak, Nomoto ve arkadaşları (153), restoratif amaçla kullanılan bir cam iyonomer simanda %0,2'lik porozite varlığında dayanıklılığın %10 oranında azaldığını ya da yapıştırma simanı formunda %3 porozite içerdiğinde ise %50'ye varan dayanıklılık azalması oluştuğunu bildirmişlerdir.

Günlük klinik kullanımda, doğru likit/toz oranlarının belirlenmesi ve el ile karıştırmanın zorluğu nedeniyle, klinisyenler için kapsül formları geliştirilmiştir. Bu kapsül cam iyonomerler;

- Kolay kullanım
- Standart ve yüksek toz/likit oranı
- Homojen ve uygun kıvam gibi avantajlar sunmaktadır.

Diğer taraftan, karıştırma sonrası yüksek oranda porozite oluşmaktadır. Tek eksende yapılan normal karıştırma ile karıştırma sonrası santrifüjleme yapılması karşılaştırıldığında, ikinci yöntemde daha çok ama daha küçük boyutta boşluk alanları oluştuğu görülmüştür (145). Vakum altında yapılan karıştırma yönteminde, porozitede 1/3'lik bir azalma olmasının dayanıklılığı %39 oranında arttığı bulunmuştur (145).

1.4.2.1.3.2. İkinci Bir Faz Partikülü ile Güçlendirme

Simanın dayanıklılığını arttırmaya yönelik bir diğer yaklaşım ise, cam iyonomer siman matrisine metal partiküllerinin eklenmesidir. Bire bir oranında AgSn, amalgam ve cam iyonomer siman cam partiküllerinin karıştırılması daha önce klinik uygulamalarda kullanılmıştır. Polikarboksilik asit tozla karıştırıldığında, zamanla sertleşen plastik özellikte bir macun meydana gelir (113). Son zamanlarda yapılmış klinik bir çalışmanın sonucuna göre, sermet (seramik/metal) simanların posterior

restoratif materyal olarak klinik ömrü, geleneksel cam iyonomer simanlardan daha kısa bulunmuştur (178). Sermet simanlarda metal matristeki bağlanma yetersizdir. Ayrıca, sermet simanların metalik görünümü estetiklerini de büyük oranda azaltmaktadır. Flor salınımları geleneksel cam iyonomer simanlardan düşüktür. Bu nedenlerle, metalle güçlendirilmiş simanlara yönelik az miktarda klinik sonuç bulunmaktadır.

Diğer bir yaklaşım ise, yapıya kısa fiberlerin eklenmesidir. Bu amaçla, aluminyum, karbon, silikon nitrtit ya da E-cam fiberler kullanılmıştır (200). Kobayashi ve arkadaşları (103), reaktif kısa cam fiberlerle güçlendirerek (FRCİS) bir çalışma yapmışlardır. Geleneksel cam iyonomer simanla karşılaştırıldığında, 4,5 kat daha fazla esneme dayanıklılığı tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, ağırlıkça %40 reaktif fiber ilavesinin eğme dayanıklılığını %140 oranında arttırdığı görülmüştür (99). Yine Xu ve arkadaşları (214), kısa karbon fiber ilavesiyle kırık oluşumunun 100 kat azaldığını ve kırılma dayanıklığının 4 kat arttığını bildirmişlerdir. Geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında, reaktif cam partiküllerinin kullanılmasının kırlıma dayanıklılığını %140 ve toplam enerji salınımını da %440 oranında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır (114). Matris-fiber arayüzünde gerçekleşen reaksiyonun, fiberin ayrılmasını engellemek ve buna bağlı olarak toplam enerji salınımını kontrol etmek suretiyle FRCİS'in mekanik özellikleri üzerinde doğrudan etkin olduğu düşünülmektedir (113).

Bioaktif ajanların fazla miktarda salınmaması, cam iyonomer simanların oral-maksillofasiyal ve ortopedik cerrahi alanlarında sert dokuların yerini alması gibi biyomedikal uygulamarda gelişmelere neden olmuştur. Kemik dokusuna bağlanmayı arttırmak amacıyla, hidroksiapatit ile güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar (HA-CİS) geliştirilmiştir (216). Tamamen kristal yapıda olan HA ilavesi ile mekanik

performansın artması sağlanmıştır. Ayrıca, nano boyutta zirkon doldurucuların da HA-CİS yapısına eklenmesiyle elastiklik modülü, dayanıklılık ve sertlik değerlerinde belirgin bir artış elde edilmiştir. Bu sayede, tozun ıslanma zamanı artmış ve çözünürlük stabilizasyonu geliştirilmiştir (75).

1.4.2.1.3.3. Rezin Modifikasyonu

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), 1980'lerde geleneksel cam iyonomer simanların yerini almak üzere geliştirilmiştir. McLean ve arkadaşlarına göre (123), bu materyaller temel olarak asit-baz reaksiyonu ile sertleşmekle birlikte, polimerizasyonu hızlandırmak için fotopolimerizasyon yöntemi de uygulanabilmektedir. Ağırlıkça %4,5 hidrofilik rezin monomerlerin [2-hidroksietilmetakrilat (HEMA)] ve foto inisiyatörlerin ilave edilmesiyle, RMCİS'ler görünür ışıkla polimerize olabilmektedirler. Geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldıklarında;

- Daha uzun çalışma zamanı
- Hızlı sertleşme süresi
- Gelişmiş estetik ve translüsentlik
- Erken dönemde daha fazla dayanıklılık gibi avantajları ön plana çıkmaktadır.

Fotopolimerizasyon sonucu hızlı oluşan rezin çapraz bağlarına bağlı olarak, ilk 24 saatlik sertleşmede, geleneksel cam iyonomer simanlara oranla iki ya da üç kat daha fazla basma dayanıklılığına sahiptirler (43). Rezin monomer ilavesi ve fotopolimerizasyon RMCİS'lerin dehidratasyon sorunlarını belirgin şekilde azaltmamıştır (180). RMCİS'lerin yüzeyinin su kontaminasyonundan korunmasına yönelik birkaç çalışma bulunmaktadır. Ribeiro ve arkadaşları (169), yüzeyin

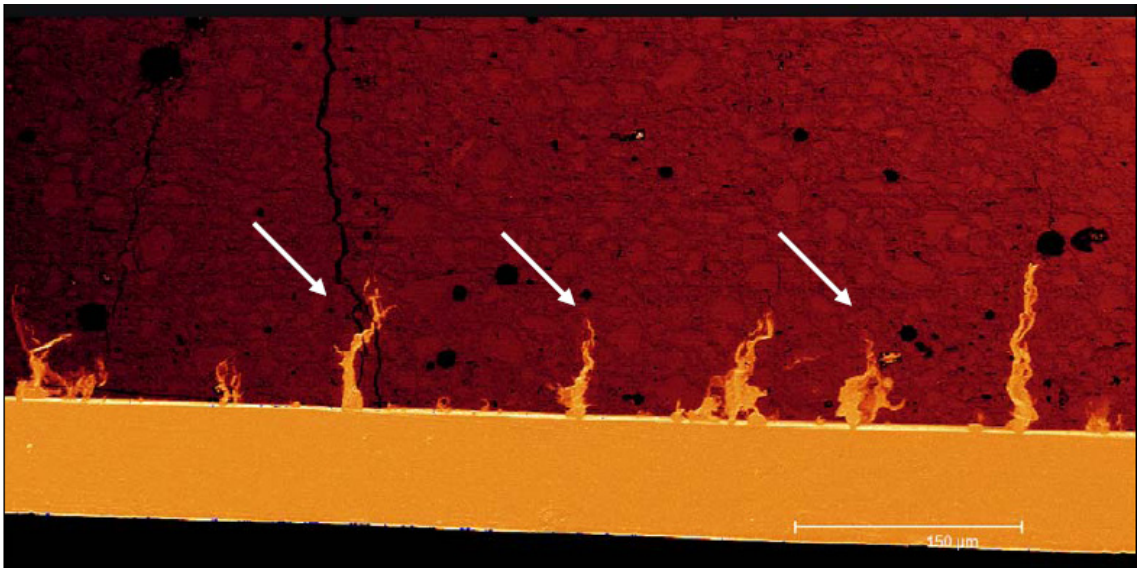
korunmasının RMCİS'lerin renklenmesine etkisini ispatlamışlardır. Miyazaki ve arkadaşlarının (128) yapmış oldukları bir başka çalışma ise, yüzeyin örtülenmesinin geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların esneme özelliklerine etkisine yöneliktir. Bu çalışmanın sonucuna göre, RMCİS'lerin fotopolimerizasyon sonrası en az 1 saat sıvı kontaminasyonundan korunması gerektiğini göstermiştir. Ancak birçok üretici firma, RMCİS'lerin yüzey koruması uygulanarak ya da uygulanmadan kullanılabileceğini söylemektedir.

Klinik açıdan, RMCİS'lerin endikasyonları geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerdir. Hızlı sertleşme özelliği, çocuklar veya engelli bireyler gibi kooperasyonun zor olduğu hastalarda kullanımını cazip kılmaktadır. Diğer yandan, RMCİS'lerin zayıf doldurucu-matris bağlanması nedeniyle aşınma dirençleri de düşüktür (6). Son yıllarda RMCİS'lerle ilgili yapılmış bir derlemede, 13 yılda %3'lük yıllık bir başarısızlık oranıyla genel olarak Sınıf V kavitelere iyi bağlandığı görülmüştür (180).

1.4.2.1.3.4. Rezin İçerikli Yüzey Örtücü Uygulaması

Suyun uygun maturasyonda anahtar görevi görmesinden dolayı, su kontaminasyonu ve dehidratasyon başlangıç sertleşme aşamalarında restorasyonun fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler (143). Gemalmaz ve arkadaşları (68), erken dönemde nem kontaminasyonunun cam iyonomer restorasyonların mekanik dayanıklılığını düşürdüğünü ve yüzeyinin erozyona ve abrazyona bağlı aşınmaya eğilimli hale geldiğini bildirmişlerdir. Bu dezavantajları ortadan kaldırabilmek için, restorasyonların yapımından sonra en az 1 saat ve hatta 2 haftaya kadar su etkileşiminden kesinlikle korunması önerilmektedir. Vazelin, kakao yağı, su geçirmeyen yüzey örtücüler ve hatta tırnak cilaları geçmiş dönemlerde kullanılan

yüzey örtücü ajanlar olmuştur. Çiğnemeye bağlı aşınma sonucu bu yüzey örtücüler zaman içinde restorasyon yüzeyinden uzaklaşmaktaydı, ancak bu geçen süre içinde simanlar sertleşme sonrası su dengesine ulaştığı için değişimlere karşı daha dirençli hale gelmekteydi. Yüzey örtücü sistemlerdeki gelişmelerle birlikte, ışıkla sertleşen yüzey örtücüler optimal yüzey koruyucu ajan olarak karşımıza çıktı. Hotta ve arkadaşları (86), ışıkla sertleşen yüzey örtücülerin suyun sertleşme sırasında restorasyon yüzeyi ile temasını kısıtladığını bulmuşlardır. Ayrıca, Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA), 1990 yılında verniklerin ve ışıkla sertleşen yüzey örtücülerin geleneksel cam iyonomer simanlar için önemini beyan etmiştir. Son zamanlarda, posterior restoratif cam iyonomer siman ve bu simanla kombine kullanılan nano dolduruculu yüzey örtücüden oluşan bir sistem piyasaya sürülmüştür (Equia, GC Europe, Leuven, Belçika). Bu self adeziv, nano dolduruculu rezin içerkli yüzey örtücü, yüksek hidrofilik özelliği ve çok düşük viskozitesi ile cam iyonomer siman yüzeyinde mükemmel bir örtüleme sağladığı firma tarafından bildirilmiştir (Resim 1).



Resim 1. Cam iyonomer siman yüzeyindeki rezin içerikli yüzey örtücünün CLSM görünümü (113).

İçeriğindeki nano doldurucular abraziv karakterdeki aşınmaya karşı restorasyonu korumaktadır. Bu özellik, restorasyonun maturasyonunun tamamlanacağı ve ağız içi kuvvetlere karşı direnç kazanacağı ilk aylarda büyük önem taşımaktadır. Yüzey örtücü, restorasyonun estetik özelliklerini de geliştirmektedir. Deneysel çalışmalar, vernik ya da diğer yüzey örtücülerin kullanımının, cam iyonomer simanın yapısındaki su kaybının önüne geçmedeki önemini ortaya koymuştur (51). Yüzey örtücü uygulaması ile yüzey çatlaklarının oluşumu ve translüsensi kaybının önlenmesinin yanı sıra, restorasyonun dayanıklılığı da olumlu yönde etkilenmektedir (189). Williams ve arkadaşları (200), metalle güçlendirilmiş cam iyonomer simanların yüzeyinin vernik ya da vazelin ile korunmasının dayanıklılığı belirgin düzeyde arttırdığını bulmuşlardır. Esneme dayanıklılığının yüzey örtücü uygulandığında (24,8 MPa), uygulanmadığı duruma (16,8 MPa) göre %48 oranında arttığını bildirmişlerdir (98).

14.2.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)

%80 cam iyonomer siman ve %20 rezin esaslı hibrit bir restoratif materyalin karışımından oluşmuş olan bir materyeldir (155). Rezin modifiye cam iyonomer simanların fiziksel ve mekanik özellikleri, geleneksel cam iyonomer siman ile kompozit rezinler arasındadır. Toz kısmını floroaluminosilikat cam tozları, likit kısmını ise HEMA (2-Hidroksietil metakrilat), metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 oranında su oluşturmaktadır (196,146). RMCİS'ler dual sertleşme mekanizmasına sahiptirler, yani asit-baz reaksiyonuna ek olarak foto-kimyasal bir sertleşme de gösteririler. Materyal HEMA ile reaksiyona girecek kimyasal bir indikatör içeriyorsa, bu durumda üç aşamalı bir sertleşme görülür. RMCİS'lardaki flor salınımı ve reşarj özellikleri geleneksel cam iyonomer simanlara yakın olmakla

beraber; diş dokularına adezyonu ise, bu simanlardan farklı olarak kimyasal ve fizikseldir (155, 45).

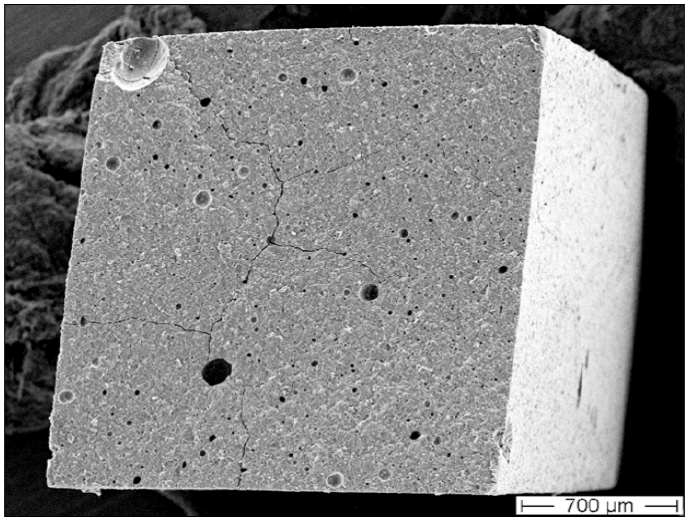
1.4.2.2. Poliasit Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Kompomerler)

Bu restoratif materyal, iki karboksil gruplu dimetakrilat monomerler ve geleneksel cam iyonomer simanlarda bulunan iyon salabilen cam benzeri doldurucular içermektedir. Bunlara ilaveten, reaksiyon başlatıcılar, stabilizörler ve pigmentler bulunur (12). İçeriğinde %20-30 oranında cam iyonomer siman ve %70-80 oranında kompozit rezin bulunan kompomerlerin flor salınımları oldukça düşüktür. Kompomerlerin fizksel ve mekanik özellikleri kompozit rezinlere daha yakındır. Uygulamaları kolaydır ve ışıkla polimerize olmaları tercih edilme nedenlerindendir (93,155).

1.4.2.4. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların zayıf mekanik özelliklerini ve okluzal kuvvetler karşısındaki aşınma direncini arttırmak ve Sınıf I ve Sınıf V restorasyonlarla sınırlı olan endikasyon alanlarını genişletmek üzere geliştirilmişlerdir (179). Ayrıca, daimi restorasyon materyali olarak kompozit rezin ve amalgam alternatifi olmaları da amaçlanmıştır. Geleneksel cam iyonomer simanlardaki toz likit oranı 3:1 veya 4:1 iken; yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda bu oran 6:1 veya 7:1'dir (Resim 2-4) (40, 54).

Sertleşme mekanizmaları geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı olan bu simanların aşınma direnci, yüzey sertliği, eğme ve basma dayanıklılıkları arttırılmış ve çözünürlükleri azaltılmıştır. Ayrıca, flor salınımları geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı orandadır ve biyouyumlulukları da benzerdir (49).



Resim 2. Yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanın gözenekli yapısı (113).



Resim 3. Piyasadaki yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanlara örnekler.



Resim 4. Nanofil yapıda, ışıkla sertleşen cam iyonomer siman yüzey örtücüleri.

2. DİREKT POSTERİOR RESTORASYONLARININ ÖMRÜ

Hastalar artık daha uzun yaşamakta ve doğal dişlerini daha uzun süre kullanmaktadırlar (105). Geliştirilmiş çürük önleyici yöntemler, etkili ağız bakımı ve çürüksüz dişlere olan ilgi çürük prevalansını ve tipini değiştirmiştir. Restoratif tedavi yöntemlerinin değişmesi ile birlikte, yeni, gelişmiş restoratif materyallerin ve tekniklerin kullanılması dental restorasyonların ömürlerini çok etkilemiştir (132).

Dental restorasyonlardaki başarısızlıklar, erişkinlerin dental tedavilerinde temel bir problem oluşturmaktadır. Her ne kadar koruyucu programlar uygulansa ve bunun da birçok ülkedeki DMFT indekslerine olumlu etkileri olsa da, genel muayenehane uygulamalarında, restorasyonların yerleştirilmesi ve yenilenmesi hala en büyük iş yükünü oluşturmaktadır (106,129,177). Yapılan uygulamaların %60'ını restorasyonların yenilenmesi oluşturmaktadır (133). Restorasyonların başarısızlıklarının klinik değerlendirilmesi, uygulanan teşhis kriterlerine göre farklılık göstermekte ve farklı uygulayıcıların yorumlarını içermektedir. Hastaların tedavi ihtiyaçları bakımından değerlendirilmesi, çoğu durumda belirli kriterlere uymamasına rağmen, yenilenmeden klinik kullanıma devam edilebilecek restorasyonların varlığını göstermektedir. Topluma diş hekimliği hizmeti vermenin yüksek maliyeti göz önüne alınırsa, restorasyonların ne kadar süre ile hizmet edeceğinin bilinmesinin önemi ortaya çıkacaktır.

2.1. Amalgam Restorasyonlar

Amalgam 100 yılı aşkın bir süredir Sınıf I ve Sınıf II kavitelerinin restorasyonları için tercih edilen materyal olmuştur (174). Birçok klinik çalışma, amalgam restorasyonların uzun dönemli klinik başarısını bildirmiştir. Yirmi yıllık bir gözlem süresince, non-gamma-2 ve gamma-2 amalgam alaşımlar için yıllık başarısızlık oranı %0 ile 7 arasında bulunmuştur (5,33,36,95,108,109,164,171,174).

Bazı yazarlar, Sınıf I amalgam restorasyonların Sınıf II'lere oranla daha uzun süre ağızda kaldığını ve daha düşük yıllık başarısızlık oranı gösterdiğini bildirmiştir (5,36,97). Robinson (171), 20 yıllık bir gözlem süreci sonucunda, amalgam restorasyonlar için ortalama 10 yıllık bir ağızda kalma süresi belirlemiştir.

Dahl ve Eriksen (42), 200 adet amalgam restorasyonun yenilenme nedenlerinin ikincil çürük (%53), kırık (%33) ve restorasyon taşkınlıkları (%10) olduğunu bildirmişlerdir. Lavelle (108), 6000 amalgam restorasyon incelemesine dayanan çapraz–bölümlü kontrollü bir çalışması sonucunda, ikincil çürük (> %50), kırık (> %26) ve boyutsal defektlerin (> %20) temel problemler olduğunu vurgulamıştır. Restorasyonların başarısızlıklarında pulpal iritasyonlar ancak %1 oranında etkilidir. Aynı çalışmanın devamı niteliğinde olan uzun dönemli ikinci kısmında, Lavelle amalgam restorasyonlar için yıllık ortalama yenilenme veya düşme oranını %7 olarak belirlemiştir.

Çapraz bölümlü uzun dönemli çalışmalarının bulgularına dayanarak 1997'de Mjör (133), İsveç'te muayenehane hekimlerinin yapmış oldukları 282 amalgam restorasyonun ortalama ömrünün 9 yıl olduğunu bildirmiştir. Yenilenme nedenlerinin başında ikincil çürükler (%50) ve parça kopmaları (%29) gelmektedir. Küçük amalgam restorasyonların ömrünün ortalama 10 yıl, geniş olanların ise 8 yıl olduğu

bildirilmiş ve böylece kavite boyutunun amalgam restorasyonların ömrünü etkilediği gösterilmiştir (131).

Kontrollü klinik çalışmalarında Doglia ve arkadaşları (48), dört farklı amalgam alaşımı için 5 yıllık kullanım ömrünün %83'den %100'e kadar olduğunu gözlemlemişlerdir. Osborne ve arkadaşları (154), üç farklı alaşım için %49 ile %84'lük bir oranda 8 yıllık bir kullanım ömrü saptamışlardır. Her iki çalışmada da, alaşımın seçimi klinik başarıyı anlamlı derecede etkilemiştir.

Jokstad ve arkadaşları (95), Sınıf I amalgam restorasyonlar için ortalama kullanım süresinin 14 yıl olduğunu, buna karşın Sınıf II restorasyonların ancak 7-11 yıl dayandığını bildirmişlerdir. İki yönlü amalgam restorasyonlar, üç veya dört yönlü restorasyonlardan daha uzun ömürlüdürler.

Plasmans ve arkadaşları (164), geniş amalgam restorasyonları, yani en az bir tüberkülü de içine alan molar dişleri incelemişler ve 8 yılın sonunda %88'lik bir başarı oranı saptamışlardır. Farklı klinisyenlerin tedavi başarısına herhangi bir istatistiksel etkisi olmazken, yaşın etkisi oldukça belirgin bulunmuştur. Yani, geniş amalgam restorasyonlar genç hasta gruplarında (≤30 yaş) erişkinlere göre (>30yaş) daha uzun ömürlü olmuştur.

Cichon ve Kerschbaum (33), ciddi mental ve/veya fiziksel engeli bulunan ve genel anestezi altında tedavi görmüş bir hasta popülasyonundaki amalgam restorasyonların ömürlerini incelemişlerdir. Bulgularına göre, Sınıf I restorasyonlarda yıllık başarısızlık oranı %2,5; iki yönlülerde %3,4 ve çok yönlülerde ise %3,6 olarak belirlenmiş ve bu oranların genel hasta gruplarından farklı olmadığı görülmüştür. Bu çalışmanın bulgularına göre, fiziksel veya mental engellerin amalgam restorasyonların başarısını etkileyen faktörler arasında olmadığı görülmüştür (33).

Letzel ve arkadaşları (109), dört farklı grup alaşımla yapılmış olan 3199 amalgam restorasyonun başarı oranlarını incelemişlerdir. Onüç yılın sonunda, geleneksel çinkosuz amalgamlar ancak %25 oranında başarılı olurken, geleneksel çinkolu alaşımlar ve yüksek bakırlı-çinkosuz alaşımlar %70 oranında bir başarı göstermiştir. Yüksek bakır içerikli, çinkolu amalgamlar en yüksek başarı oranı olan %85'i göstermiştir. Alaşımlarda bulunan çinko ve bakır, amalgamın korozyona dayanıklı olmasını sağlamakta ve başarısını etkilemektedir.

Amalgamlarla ilgili uzun dönemli klinik çalışmalar, yüksek çürük insidansı olan dönemlerde yapılmış (173,174) ve bu restorasyonların ana başarısızlık sebeplerinin ikincil çürükler olduğu önceden belirlenmiştir (27,42,80,133,170). Bu nedenlerden ötürü, dental amalgamların genel klinik bulguları mükemmel olarak kabul edilmelidir.

2.2. Direkt Kompozit Rezin Restorasyonlar

Günümüzde kompozit rezinlerin kullanımı, çiğneme kuvvetlerinin doğrudan geldiği arka bölge dişlerinde çok yaygınlaşmıştır.

1989'da Moffa (134), 5 yıllık bir kullanımdan sonra Sınıf I kompozit rezin restorasyonlarda %80'lik, Sınıf II restorasyonlarda ise %55'lik bir başarı oranı saptamışlardır. Bir diğer hasta popülasyonunda, 12 yıllık bir kullanım sonrasındaki başarı oranı %41,7 olarak saptanmış ve başlıca başarısızlık sebebi olarak da ikincil çürükler (%40,6), kırıklar (%20,7) ve aşınmalar (%13,4) gösterilmiştir.

Mjör (132) Sınıf I kompozit rezin restorasyonlar için 7 yıl, Sınıf II (MOD) restorasyonlar için ise 4 yıllık bir ömür belirtilmiştir. Wilson ve arkadaşları, her yıl kontrol edilmek suretiyle 5 yıl izlenen bir klinik çalışmada, başarı oranını %84 (206-210) olarak saptamış, Sınıf II kavitelerde ise %75 oranında başarısızlık

gözlemlemiştir. Wassell ve arkadaşları (193), tabakalama tekniği ile yerleştirilmiş olan 71 Sınıf I ve Sınıf II direkt kompozit rezin restorasyonların 3 yılın sonundaki başarı oranını %96 olarak bildirilmiştir. Hiçbir olguda ikincil çürük gözlenmemiştir.

Geurtsen ve Schoeler (69) 1209 Sınıf I ve II Herculite XR (Kerr, Orange, CA) restorasyonunda %87'lik bir başarı oranı belirlemişlerdir. İstatistiksel analiz sonucunda, premolar dişlerde (%82) molarlara göre (%77) çok fazla Alpha skoru saptanmıştır. Sınıf I ve II restorasyonlar arasında herhangi bir fark gözlenmemiştir.

Ultraviyole ışıkla sertleşen posterior kompozit rezinlerde yapılmış olan 17 yıllık çalışmanın sonunda Wilder ve arkadaşları (199), %76'lık başarı oranı ile çok başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. 17 yılın sonunda renk uyumu (%94 Alpha), kenar renklenmesi (%100 Alpha), kenar bütünlüğü (%100 Alpha), ikincil çürükler (%92 Alpha), yüzey yapısı (%72 Alpha), anatomik form (%22 Alpha) ve ortalama aşınma olan 264 µm değerleri elde edilmiştir. Aşınmanın çoğu (%75) ilk 5 yıl içinde oluşmuş ve Rakin ve arkadaşlarının (168) bulgularını doğrulamıştır. Mair (117), 10 yılın sonunda üç posterior kompozit rezin için başarı oranını %92,9, ortalama aşınmayı ise 300-400 µm arasında bildirmiştir.

2.3. Cam İyonomer Simanlar ve Kompomerler

Arka bölgede kullanılan cam iyonomerler, rezin modifiye cam iyonomerler ve kompomer restorasyonların yıllık başarısızlık oranları %1,4–14,4 arasındadır (59,83,121,181,188).

Mount (139), 10'dan 12 yıla kadar özel muayenehanede yapılan 8 adet Sınıf I cam iyonomer restorasyonun hiçbirinin bozulmadığını bildirmiştir. Metal iyonlarla modifiye edilmiş cam iyonomer simanlarla (Ketac-Silver) yapılmış olan küçük boyutta Sınıf II restorasyonların 5 yıllık klinik gözlemi sonucunda, Mjör ve Jokstad

(131), yaklaşık olarak %55'lik bir başarı oranı vermişlerdir. Başarısızlığın ana sebebi olarak kırılma bildirilmiştir. Krämer ve arkadaşları (104), 4 yıllık bir gözlem sonucunda Sınıf I Sermet restorasyonların %90'ının ve Sınıf II restorasyonların ise %72'sinin başarılı olduğunu bildirmiştir. Özellikle, Sınıf II kavitelerde kırıklara bağlı başarısızlıklar sıkça görülmekteydi. Hickel ve arkadaşları (83), 2,5-3,5 yıl inceledikleri sermet restorasyonlarda (Ketac-Silver) Sınıf I kaviteler için %88,5, Sınıf II kaviteler için %50 ve küçük Sınıf II kaviteler için ise %80,8'lik bir başarı oranı tespit etmişlerdir.

2.3.1. ART Restorasyonları

Ho ve arkadaşları (85), atravmatik restoratif tekniği (ART) takiben uygulanmış olan iki farklı cam iyonomer simanla yapılmış olan restorasyonları (ChemFil Superior, Dentsply ve Fuji IX, GC) iki yıl boyunca takip etmişlerdir. Restorasyonların %93'ü başarılı kabul edilmiştir. Geriye kalan restorasyonlar; aşınma, kırılma ve ikincil çürük sebebiyle başarısız olmuşlardır. Ortalama aşınma değerleri Fuji IX için 83,1 µm ve ChemFil Superior için 104 µm'dir.

ART tekniği, diş çürüğünün sadece özel el aletleri ile uzaklaştırılmasını takiben, kavitenin cam iyonomer simanla doldurulmasına dayanmaktadır (61). Bu teknik, gelişmekte olan ülkelerde, elektriğin ve dental ekipmanların mevcut olmadığı kırsal kesimlere minimum dental hizmetlerin ulaştırılması amacıyla geliştirilmiştir.

Phantumvanit ve arkadaşları (162), Tayland'ın kırsal bir köyünde yapılmış olan 1, 2 ve 3 yıllık restorasyonları izlemişler ve sırasıyla %93, %83 ve %71'lik başarı oranı belirlemişlerdir. Yüksek viskoziteye sahip olan cam iyonomer siman Fuji IX ile yapılmış olan restorasyonlarda; 1, 2 ve 3 yılın sonunda daha yüksek başarı oranları olan %98,6, %93,8 ve %88,3 saptanmıştır (59). Kamboçya'nın kırsal kesiminde, diş

hekimliği hemşireliği öğrencileri tarafından uygulanan ART restorasyonlarda, 6 ayın sonunda daha düşük başarı oranları görülmüştür: Fuji-GC (GC)'nin %87,1'i ve MAGIC (Nulite, Hornsby, Avustralya)'in %58,8'i başarılı olmuştur (120). Aynı yazarın bir başka çalışmasında, yine Kamboçya'da hemşirelik öğrencilerinin yapmış oldukları ART Fuji II (GC) Sınıf I restorasyonların 1 yılın sonunda göstermiş oldukları %76,3'lük başarı oranına rağmen, 3 yılın sonunda ancak %57,9'unun ağızda kaldığı bildirilmiştir. (121)

3. Çalışmanın Amacı ve Hipotezleri

Çalışmamızın amacı; nano dolduruculu yüzey örtücü ürünün farklı cam iyonomer simanların fiziksel ve mekanik özelliklerini ne oranda güçlendirebileceğini, *in-vivo* olarak uzun dönemli ve çeşitli *in-vitro* testler ile incelemektir. Bu çalışma sonucunda;

- nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın zayıf olan mekanik özelliklerini güçlendirerek Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde amalgam ve kompozit rezin yerine daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilecek kadar başarılı sonuçlar vereceği
- nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın estetiğine ve optik özelliklerine olumlu yönde katkıda bulunacağı

hipotezlerini destekler sonuçlar elde etmeyi ummaktayız. Ayrıca, çalışmamızın, cam iyonomer simanların güçlendirilmesine ve daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilmesine dair yeni gelişmelere ışık tutacağını düşünmekteyiz.

BÖLÜM II

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız *in-vivo* ve *in-vitro* olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. *İn-vivo* bölümde, Fuji Varnish uygulanan gruplar kontrol grubu olarak alınırken; *in-vitro* bölümde kompozit rezin grubu pozitif kontrol ve yüzey örtücü uygulanmayan cam iyonomer siman grupları ise negatif kontrol grupları olarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız restoratif materyallerin temel içerikleri firma bilgileri doğrultusunda aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Kullanılan materyaller, üretici firmaları ve içerikleri.

Materyal	**Firma**	**İçerikleri**
Fuji IX GP eXtra	GC Europe (Leuven, Belçika)	Poliakrilik asit (%10-15), aluminosilikat cam partikülleri (%70-80, d_{50}=5 µm), deiyonize su (%10-15)
Riva Self Cure	SDI (Bayswater, VIC, Avustralya)	Toz: Stronsiyum floroaluminosilikat cam partikülleri, poliasit kopolimer tozu, pigmentler Likit: Poliasit kopolimeri, Tartarik asit, Su
G-Coat PLUS	GC Europe (Leuven, Belçika)	Metil metakrilat (%40-50), kolloidal silika (%10-15, d_{50}=40nm), kamforokinon (<%1), üretan metakrilat (%30-40), fosforik ester monomeri (%1-5)
Fuji Varnish	GC Europe (Leuven, Belçika)	İzopropil asetat (<%70), aseton (<%15), vinil asetat ve vinil klorid kopolimeri (<%15), gliserol ile birlikte rezin asitleri ve rezin asit esterleri (<%7)
Gradia Direct Posterior	GC Europe (Leuven, Belçika)	Metakrilat monomeri (%23), silika(%19), floroaluminasilikat cam partikülleri (%38), önceden polimerize edilmiş doldurucu (%20), pigmentler ve katalizörler.

1. *İN-VİVO* BÖLÜM

Çalışmamıza, 2008-2009 yılları arasında Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalına arka bölge dişlerinde en az dört Sınıf I ve II kavitesi/restorasyonu olan ve restoratif tedavi işlemleri için başvuran 44 bayan (17 ila 50 yaş aralığında, 26,6 yaş ortalamasında) ve 10 erkek (16 ila 55 yaş aralığında, 27,5 yaş ortalamasında) olmak üzere toplam 54 hasta dahil edildi. Hastaların çalışmaya dahil edilme kriterleri aşağıda sıralanmıştır:

Hastanın;

- İyi oral hijyene sahip olması
- Sistemik hastalığının ve alerjik potansiyelinin olmaması
- Ağzında en az dört adet çürük ya da hijyenik olmayan restorasyon bulunması
- Çalışma süresince kontrollere gelmeyi kabul etmiş olması

Restore edilecek dişlerin;

- Komşu dişlerle temasta ve antagonist dişlerle okluzyonda olması
- Periodontal problemsiz olması
- Canlı (vital) olması
- Preoperatif ağrılı veya pulpal enflamasyonlu olmaması

Çalışmaya başlamadan önce, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan gerekli izinler alındı (08-10.1/6, 29.12.2007) ve hastalar bilgilendirilerek hasta onam formları imzalatıldı.

Hastaların kaviteleri iki farklı restoratif cam iyonomer simanla ve yüzey örtücü/vernik kombinasyonları ile 6 aylık bir süreçte restore edildi. Böylece her materyal kombinasyonu için 64 adet olmak üzere, toplam 256 restorasyon uygulandı (112 adet tek yönlü, 144 adet iki yönlü). Restorasyonların gruplara göre ve yönlere göre dağılımları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Restorasyonların kullanılan cam iyonomer simanlara, yüzey örtücülere ve kavite yönlerine göre sayısal dağılımları.

	G-Coat PLUS (GC Europe)		**Fuji Varnish (GC Europe)**	
	Sınıf II	**Sınıf I**	**Sınıf II**	**Sınıf I**
Fuji IX GP eXtra [GC Europe, Leuven, Belçika Lot: 0903101/0808129 (A2, A3)]	**50**	**14**	**26**	**38**
	64		**64**	
Riva Self Cure [SDI, Bayswater, Victoria, Australia Lot: B0806192 / B0810231 / A0712182 (A2, A3, A3,5)]	**42**	**22**	**26**	**38**
	64		**64**	
TOPLAM	**54 Hasta - 256 Restorasyon**			

Hijyenik olmayan ve ikincil çürük gelişmiş restorasyonların uzaklaştırılması, çürüklerin temizlenmesi ve kavitelerin hazırlanmasında çeşitli şekil ve boyutlarda aeratör ve angldruva frezleri kullanıldı [tungsten karbit H1.204 (8-10-12-14-16-18-21, elmas rond 802.314 (10-12-14-16-18), elmas fissür 6837.314 (12-14-16) (Komet, GEBR. BRASSELER GmbH&Co.KG, Lemgo, Almanya)]. İki yönlü kavitelere yüzük matrisler (Hahnenkratt, Königsbach-Stein, Almanya), metal premolar ve molar bantlar (Hahnenkratt) ve çeşitli boyutlarda tahta kamalar (Kerr, Orange, CA,

ABD) yardımıyla restorasyonlar yapıldı. Kavite kenarlarına bizotaj uygulanmadı ve izolasyon yöntemi olarak pamuk rulolar ve tükürük emicilerden yararlanıldı.

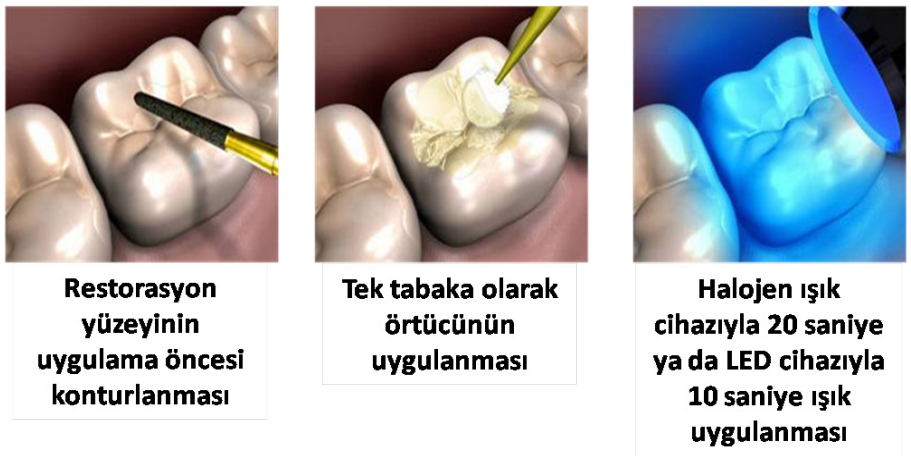
Restoratif materyaller uygulanmadan önce, prepare edilen tüm kavitelere %20'lik poliakrilik asit içeren bir yüzey düzenleyici (GC conditioner, GC Europe, Leuven, Belçika) 10 saniye süre ile uygulandı, yıkandı ve dişler hafifçe kurutuldu. Kullandığımız cam iyonomer siman restoratif materyaller kapsül formunda olup Fuji IX GP eXtra (GC Europe, Leuven, Belçika) ve Riva Self Cure (SDI, Bayswater, Victoria, Avustralya) dır. Her iki materyal de Silvermix90 (GC Europe, Leuven, Belçika) cihazında 10 saniye boyunca karıştırılarak taşıyıcı tabanca yardımıyla kavitelere tek kütle halinde uygulandı ve materyal donana kadar el aletleri ile kabaca şekillendirildi. Uygulamadan 2 dakika sonra, su soğutması altındaki bir aeratörle restorasyonların yükseklikleri alındı ve iki farklı yüzey örtücüden biri restorasyonların yüzeyine sürüldü. Kontrol gruplarında yer alan restorasyonlara klasik bir vernik olan Fuji Varnish (GC Europe, Leuven, Belçika) iki kat uygulanırken; test gruplarına ışıkla sertleşen bir yüzey örtücü olan G-Coat PLUS (GC Europe, Leuven, Belçika) tek kat olarak uygulanıp 20 saniye süreyle 750 mW/cm² ışık gücünde olan Bluephase C5 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ışık cihazı ile polimerize edildi (Resim 5). Materyallerin uygulamaları şematik olarak Resim 6 ve 7'de görülmektedir. Uygulama aşamaları klinik olgular üzerinden Resim 8 ve 9'da izlenmektedir.



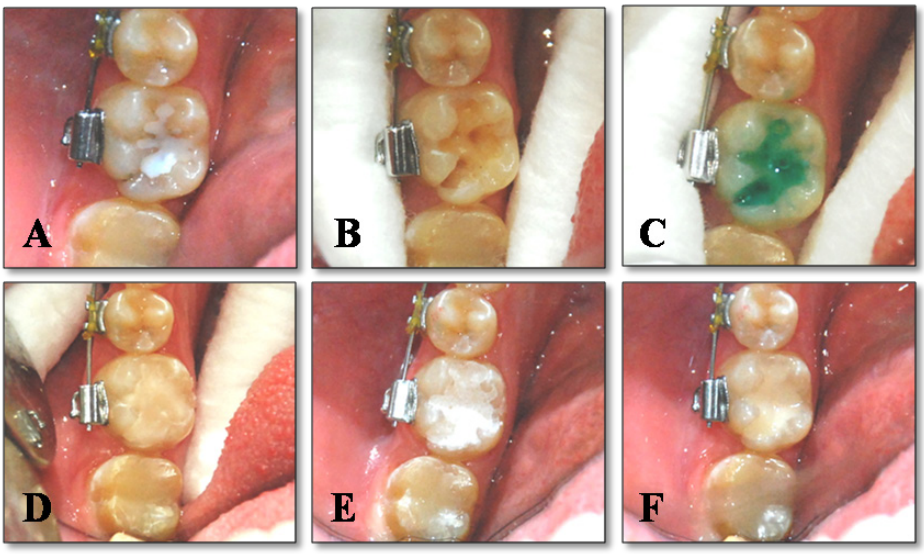
Resim 5. Bluephase C5 ışık tabancası (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).



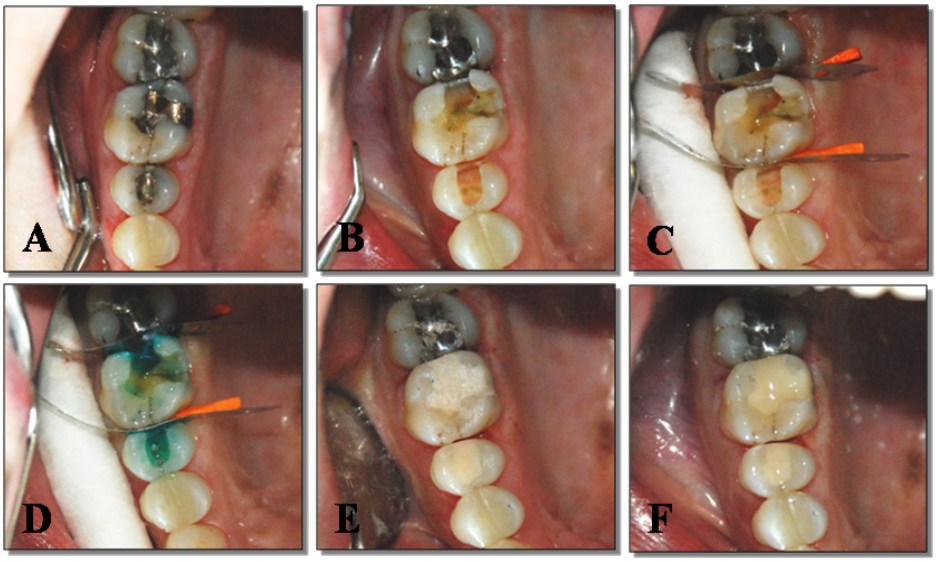
Resim 6. Yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanların kapsül aktivasyonu ve model üzerinde uygulanması.



Resim 7. Işıkla polimerize olan yüzey örtücünün (G-Coat PLUS) uygulanması.



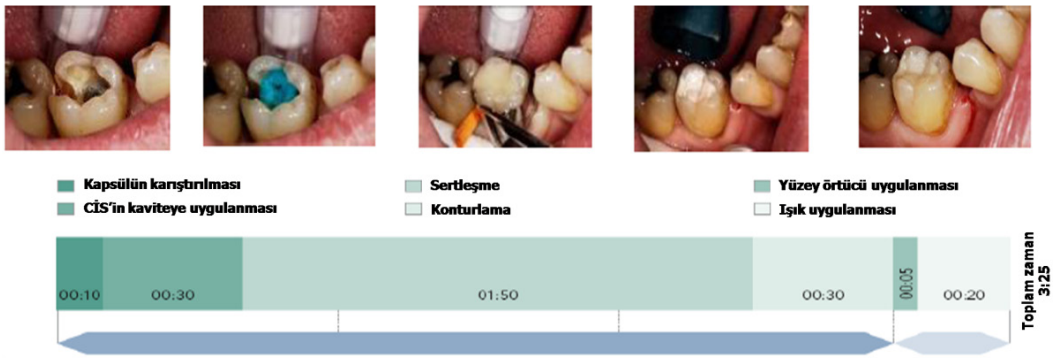
Resim 8. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ve ışıkla sertleşen yüzey örtücünün, 46 numaralı dişte fissür örtücü altında gelişmiş ikincil bir çürük nedeniyle açılmış Sınıf I kavitede klinik uygulaması. **A:** başlangıç; **B:** kavite; **C:** yüzey düzenleyicinin uygulanması; **D:** CİS'ın kaviteye uygulanması; **E:** konturlanmış restorasyon; **F:** yüzey örtücünün sürülmesi ve restorasyonun bitmiş görünümü.



Resim 9. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın ve ışıkla sertleşen yüzey örtücünün, 15 ve 16 numaralı dişlerde amalgam altında gelişmiş ikincil çürük nedeniyle açılmış Sınıf II kavitelerde klinik uygulaması. **A:** başlangıç; **B:** her iki dişe OD kavitelerin açılması; **C:** matris bantlarının ve kamaların yerleştirilmesi; **D:** yüzey düzenleyicinin uygulanması; **E:** CİS restorasyonlarının uygulanması; **F:** yüzey örtücülerin sürülmesi ve restorasyonun bitmiş görünümü.

İki yönlü kavitelere yüzük matrisler uygulanmasına karşın, Resim 9'daki klinik fotoğraflar çekilirken, görüntüye engel olmamak amacıyla, matrisler bantlarından çıkarılmıştır.

Kapsül cam iyonomer siman, ambalajından çıkarıldıktan sonra, içindeki tozun homojen karışması için bir yüzeye yatay olarak bırakıldı ve birkaç kez hafifçe vuruldu. Bu işlemden sonra, alt kısmında yer alan piston bastırılarak kapsül cam iyonomer uygulama tabancasına yerleştirilerek bir kez aktiflenmek suretiyle kapsül içindeki toz ve likit birbiriyle temas ettirildikten sonra kapsül karıştırıcıya yerleştirildi.



Resim 10. Kavitenin açılmasından itibaren restorasyonun bitimine kadar geçen toplam süre ve aşamalara göre zamanın dağılımı.

Karıştırma işlemi 10 saniye sürdü. Karıştırma tamamlandıktan sonra, kapsül tekrar uygulama tabancasına yerleştirilerek tabanca üç kez aktiflendi. Üçüncü aktifleme sonrası kapsülün uç kısmındaki şeffaf uygulama ucu kavite tabanına temas ettirilerek yarı akışkan kıvamda olan cam iyonomer siman kavite içine tek kütle halinde uygulandı. Kavite simanla dolmaya başladıkça uygulama ucu hafifçe yukarı yönde hareket ettirildi. Daha sonra, cam iyonomer simanın ön sertleşmesi için yaklaşık 2 dakika beklendi ve bunu takiben su soğutması altında, elmas aeratör

frezler ile konturlama yapıldı. Okluzal düzenleme yapıldıktan sonra, yüzey örtücülü gruplarda, G-Coat PLUS bir aplikatör yardımıyla yüzeye ince ve tek tabaka halinde sürüldü ve Bluephase C5 ışık tabancısı ile sertleştirildi (Resim 10). Fuji Varnish uygulanacak gruplarda, vernik bir aplikatör yardımıyla bir kat sürülüp beklendi sonra ikinci bir kat koruma amacıyla tekrar yüzeylere uygulandı.

Restorasyonlar yapılmadan önce ve yapıldığı seansta başlangıç ve bitiş fotoğrafları çekildi. Hastalar 6., 12. ve 18. aylarda periyodik kontrollere çağrıldı. Kontrol seanslarında, restorasyonlar modifiye USPHS kriterlerine göre iki bağımsız ve deneyimli gözlemci tarafından ayna ve sond yardımıyla değerlendirildi, skorlandı ve her kontrol seansında restorasyonların tekrar fotoğrafları alındı. Bu amaçla, restorasyonların renk uyumları, kenar bütünlükleri ve renklenmeleri, anatomik formları, ikincil çürük oluşumları, retansiyon kayıpları ve postoperatif hassasiyetleri değerlendirildi. Kriterlerde A, A1, A2, B ve C skorları kullanıldı. Her bir kriter için verilen A veya A1 skoru restorasyonun mükemmel klinik şartlarda olduğunu ifade ederken; A2 ve/veya B skoru hafif hatalı ancak klinik olarak kabul edilebilir ve düzeltilebilir bir durumu ifade etmektedir. Kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinde, cam iyonomer materyallerine özgü düzeltilebilir/tamir edilebilir küçük sorunlar gözlenebildiğinden; bu kriterler için A skoru A1 ve A2 olarak alt gruplara ayrılmıştır. İkincil çürük ve postoperatif hassasiyet kriterlerinde var/yok şeklinde iki seçenek olduğundan bu kategorilerde verilen "B" skorları başarısız durumları ifade etmektedir. Tablo 4'te modifiye USPHS kriterlerini tanımlayan bilgiler görülmektedir (176).

Tablo 4. Modifiye USPHS kriterlerinin tanımı ve skorların ifadesi (176).

KATEGORİ	SKORLAMA
Renk uyumu	**A:** Diş ile dolgu arasında renk, gölge veya parlaklık açısından uyumsuzluk mevcut değil. **B:** Normal klinik sınırlar çerçevesinde, önemsiz bir renk, gölge veya parlaklık uyumsuzluğu var. **C:** Renk uyumsuzluğu ve estetik olmayan bir görünüm var.
Kenar renklenmesi	**A:** Restorasyonla bitişik diş dokusu arasında renk değişikliği yok. **B:** Lokalize, çoğunlukla uzaklaştırılabilir, yüzeyel renk değişimi var. **C:** Renklenme kenardan pulpal yönde dentin seviyesine kadar ilerlemiş.
Kenar uyumu (okluzal, aproksimal)	**A1:** Kenar boyunca görülebilir bir aralanma mevcut değil. **A2:** Sondla muayenede fark edilebilen, ancak kenar boyunca belirgin olmayan bir aralanma var. **B:** Aralanmanın fark edilmesi, dentin veya kaidenin açığa çıkması. **C:** Restorasyon kırılmış, hareketli veya tamamen düşmüş.
İkincil çürük oluşumu	**A:** Restorasyonda çürük oluşumu yok. **B:** Restorasyon kenarında yumuşama, opasite veya beyaz nokta gibi çürük belirtileri var.
Anatomik form (okluzal, aproximal)	**A1:** Dolgu dişle devamlılık gösteriyor. **A2:** Kenar sırtında meydana gelmiş kopmaya bağlı olarak, dolgu dişle kısmen devamlılık göstermiyor, dentin ya da kaide açığa çıkmamış. **B:** Madde kaybına bağlı olarak anatomik formun devamlılığı bozulmuş ama aproksimal kontak hala mevcut, tamir edilebilir. **C:** Kenar sırtın kırılması sonucu aproksimal kontak tamamen kaybedilmiş, yenilenme gerekiyor.
Postoperatif hassasiyet	**A:** Hassasiyet belirtisi yok. **B:** Hassasiyet belirtisi var.
Retansiyon kaybı	**A:** Restorasyon bütün olarak yerinde durmakta. **B:** Restorasyonda dişe zarar vermeden düzeltilebilecek önemsiz kayıplar mevcut. **C:** Restorasyonda dişe ve restorasyona zarar vermeden düzeltilmesi mümkün olmayan madde kaybı mevcut. **D:** Restorasyonun tamamı düşmüş.

2. *İN-VİTRO* BÖLÜM

Çalışmamızın laboratuar aşamalarında, yüzey örtücü ile kaplanmış veya vernik ile örtülenmiş iki farklı cam iyonomer restoratif materyalin aşınma dirençleri, eğme ve basma dayanıklılıkları, yüzey sertlikleri ve renklenmeleri çeşitli cihazların yardımıyla ölçüldü.

Diş fırçası abrazyonu, üç nokta eğme dayanıklılığı ve basma dayanıklılığı testleri Friedrich-Alexander Üniversitesi (Erlangen, Nüremberg, Almanya) Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuarında; Vickers mikrosertlik ve renklenme testleri de Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (İzmir, Türkiye) Araştırma Laboratuarında gerçekleştirildi.

Çalışmamızda kullanılan yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanlar, yüzey örtücüleri ve kompozit rezin tablo 5'te firma adı ve üretim bilgileriyle birlikte görülmektedir. Posterior kompozit rezin grubu pozitif kontrol grubu olarak, yüzey örtücü uygulanmayan cam iyonomer siman grupları ise negatif kontrol grupları olarak çalışmaya dahil edildi (Tablo 6).

Tablo 5. Laboratuar aşamalarında kullanılan ürünlerin isimleri, üretici firmaları, renkleri ve lot numaraları.

Ürün	Firma	Renk	Lot No.
Fuji IX GP eXtra (F)	GC Europe (Leuven, Belçika)	A2	1005261
Riva Self Cure (R)	SDI (Bayswater, VIC, Avustralya)	A3	B1006112
G-Coat PLUS (g)	GC Europe (Leuven, Belçika)	-	0801121
Fuji Varnish (v)	GC Europe (Leuven, Belçika)	-	0911271
Gradia Direct Posterior (K)	GC Europe (Leuven, Belçika)	A2	1004211

Tablo 6. Çalışmada kullanılan farklı gruplar ve kullanılan kodlar.

Gruplar	Kod	Kombinasyonlar
I	Fn	Fuji IX GP eXtra, örtücüsüz
II	Fg	Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS
III	Fv	Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish
IV	Rn	Riva Self Cure, örtücüsüz
V	Rg	Riva Self Cure + G-Coat PLUS
VI	Rv	Riva Self Cure + Fuji Varnish
VII	K (kompozit rezin)	Gradia Direct Posterior

Tüm çalışma boyunca örneklerin saklandığı solüsyon olarak SAGF medium yapay tükürük solüsyonu, uygun laboratuar şartlarında hazırlanarak kullanıldı (64, 110,172). Kullanılan solüsyonun pH'ı 6,7 idi. Yapay tükürük solüsyonu içerisinde yer alan elementler ve iyonlar Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7. Hazırlanan SAGF medium yapay tükürük solüsyonunun bileşenleri (pH=6,7) ve konsantrasyonları (110,172).

Bileşenler	**Konsantrasyon (mg/l)**
NaCl	125,6
KCl	963,9
KSCN	189,2
KH_2PO_4	654,5
$CO(NH_2)_2$ (Üre)	200,0
Na_2SO_4, $10H_2O$	763,2
NH_4Cl	178,0
$CaCl_2$, $2H_2O$	227,8
$NaHCO_3$	630,8

ISO (International Organization for Standardization), dünya çapında bir organizasyon olup belirli alanlarda uzmanlaşmış alt komitelerin birleşiminden meydana gelmektedir. ISO/PAS (ISO Publicly Available Specification) ve ISO/TS (ISO Technical Specification) standartları üç yılda bir güncellenmektedir.

Çalışmalarda kullanılan diğer bir standart ise, BSI (British Standarts Institution) standartlarıdır. Bu iki standart arasındaki temel fark hazırlanacak örneklerin boyutlarından ileri gelmektedir (87).

Laboratuar testlerimizi gerçekleştirirken, simanlara yönelik olarak hazırlanmış olan ISO standartlarını kullanılmıştır.

2.1. Diş Fırçası Abrazyonu Testi

ISO/TS 14569 standardı dental materyallerin aşınma direncine yöneliktir. İki bölümden oluşur ve birinci bölümü diş fırçası abrazyonunu içermektedir.

Ağız içindeki aşınma mekanizmasının çok karmaşık olduğu ve kişiden kişiye farklılık gösterdiği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, tek bir aşınma testi ile bu değişken şartların taklit edilebilmesi imkânsızdır.

Bu ISO standardında, diş fırçasının temas edebildiği labial ve okluzal yüzey gibi alanlara uygulanabilen dental materyallerin aşınma direncine yönelik test koşulları belirtilmektedir. Diş macunu ile birlikte diş fırçasının etkinliğine bağlı olarak oluşan madde kaybı iki boyutlu aşınma (two-body wear) olarak adlandırılmaktadır.

Aşağıda sıralanan **ISO/TS 14569-1** standardının şartları çalışmamızda kullanıldı (92):

- Örnekler 23±2ºC'de teste tabi tutuldu.
- Fırçalar örneklere 0,5-2,5 N aralığında bir kuvvet uyguladı.

- Diş macunu karışımının sıcaklığı 23±3ºC'de sabit tutuldu.
- Diş fırçaları, ISO 8627 standardına uygun olarak 9-10 cN/mm² sertlikteydi.
- Deiyonize suyun sertliği ISO 3696 standardına uygun olarak grade 3 olarak hazırlandı.
- Her gruptan 8 örnek test edildi (n=8).
- Örneklerin yüzeyi 1000 grenli silikon karbit zımparalarla düzenlendi.
- Tüm örnekler 37±1ºC'de 7 gün süreyle bekletildi.

Bu test için örnekler 23ºC'de ve 15x7x2 mm boyutlarında hazırlandı. Yüzey örtücü uygulanmayan negatif kontrol gruplarında, cam iyonomer siman kapsüllerinin firma önerileri doğrultusunda 10 saniye olan aktivasyon süresi dahil, toplam 3 dakika sertleşene kadar kalıp içinde bekletildi ve sertleşme sonrası yapay tükürük solusyonunda saklandı.

Cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonlarındaki örnekler, yine firma talimatı doğrultusunda, cam iyonomer simanlar kapsüllerin 10 saniye aktivasyonuyla birlikte toplam 3 dakika sertleşene kadar kalıp içinde bekletildi. Daha sonra, ağız içi durumu taklit etmek için 7 dakika yapay tükürük içinde tutularak yüzey örtücü uygulanacak yüzey klinik şartlara uygun olarak hava spreyi ile 3-5 saniye hafif havayla kurutulduktan sonra yüzey örtücüler uygulandı. Örneklerin üst yüzeyleri haricindeki bölgelerin, Sınıf II restorasyonlarda ara yüzlerde olduğu gibi, yüzey örtücüsüz olarak yapay tükürük ile temasına izin verildi. Pozitif kontrol grubu olan kompozit rezin örnekler kalıplara yerleştirildi ve aşınmanın uygulanacağı üst yüzey, yüze alanının genişliği nedeniyle 80 saniye süreyle 750 mW/cm² ışık gücünde halojen ışıkla (Elipar® Trilight; 3M ESPE, Seefeld, Almanya) polimerize edildi (Resim 11).



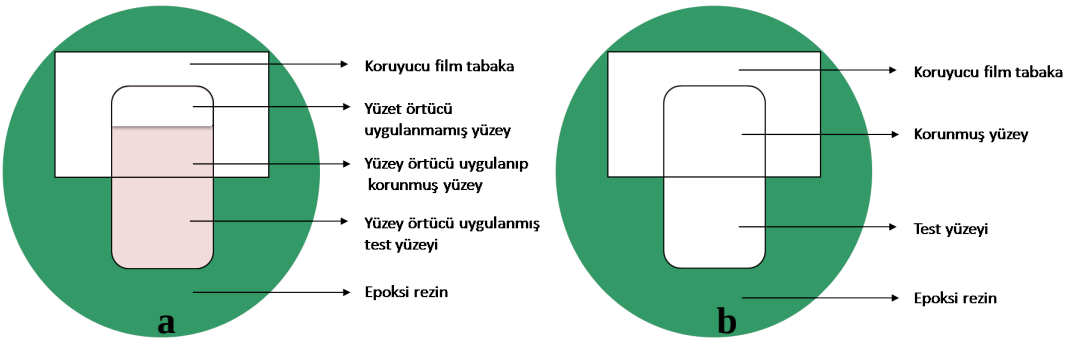
Resim 11. Elipar® Trilight halojen ışık cihazı (3M ESPE, Seefeld, Almanya).

Yüzey örtücülerin içerisine renklendirici madde olan Rhodamine® B isothiocyanate (Merck, Darmstadt, Almanya) ‰ 0,01 oranında eklenerek kolay görünür hale gelip ayırt edilmeleri sağlandı. Fuji Varnish uygulanan örnekler 2 dakika süreyle kurumaya bırakıldıktan sonra tekrar yapay tükürük içinde muhafaza edildi. G-Coat PLUS uygulanan örnekler ise, yüzey alanları geniş olduğu için, 40 saniye halojen ışık uygulanarak sertleştirildikten sonra yapay tükürük içine tekrar bırakıldı.

Testten bir gün önce, tüm örnekler epoksi rezin (Technovit 4071, Kulzer, Hanau, Almanya) içine üst yüzeyleri açıkta kalacak şekilde gömüldü (Resim 12). Uygulama günü, düz bir yüzey elde etmek için, 1000 grenli silikon karbit bir zımpara ile örneklerin yüzeyleri zımparalandı. Yüzey örtücü uygulanmayan gruplarda, cam iyonomer yüzeyinin yarısı tek taraflı yapışkan bir film ile diş fırçası abrazyonundan korundu (Şekil 13a ve b). Yüzey örtücü uygulanan gruplarda, cam iyonomer siman örneklerinin yüzeyine örtücü uygulaması yapıldıktan sonra, örneğin üst yarısı yine tek taraflı yapışkan bir filmle kapatılarak diş fırçası abrazyonundan korundu. Örnek numaraları frezle epoksi rezin taşıyıcılar üzerine kazındı (Resim 13).



Resim 12. Epoksi rezin materyali (Technovit 4071, Kulzer, Hanau, Almanya).



Şekil 13. a. Yüzey örtücü uygulanan örneklerin hazırlanışı. **b.** Yüzey örtücü uygulanmayan örneklerin hazırlanışı.



Resim 13. Epoksi rezin içine gömülüp izolasyonu sağlanmış örnek.

Aşıma testinde kullanılan diş macunu karışımı her grup için yeniden hazırlandı. Diş macununun formülü aşağıdaki gibiydi: (17,115)

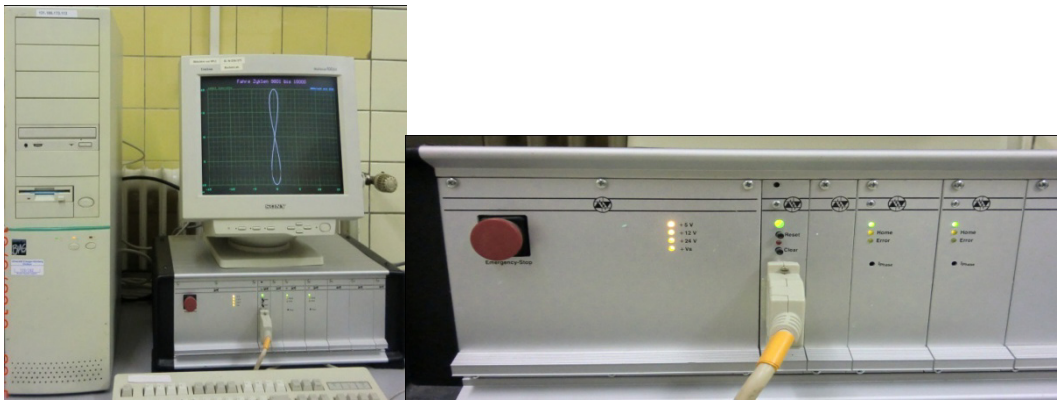
246,88 gr	Gliserin (≥%86 Ph.Eur.)
246,88 gr	Deiyonize su
6,24 gr	Traganth
500 gr	Diş macunu (Elmex, GABA, Karlsruhe, Almanya)

Bireylerin günde birer dakikadan, sabah ve akşam olmak üzere dişlerini iki kez fırçaladığını varsayarsak; toplam dört yarım çene ve her yarım çenede üç yüzey olduğu dikkate alındığında, her yüzeyin günde 10 saniye süre ile diş fırçası temasına (abrazyonuna) maruz kaldığı sonucuna ulaşabiliriz (115). 8000 saniyelik abrazyon, 10000 siklusa eşit olduğundan, cihaz 1 saniyede 1,25 Hz hızla çalışmaktadır. Bu verilerden yola çıkarak; 10000 döngünün eşit olduğu fırçalama abrazyonu süresi 800 gün olarak hesaplandı (2 yıl, 2 ay ve 10 gün). Testimizde uyguladığımız maksimum 40000 siklus, 3200 güne (8 yıl, 9 ay ve 10 gün) karşılık gelmektedir. Bu durum aşağıda kısaca özetlenmiştir.

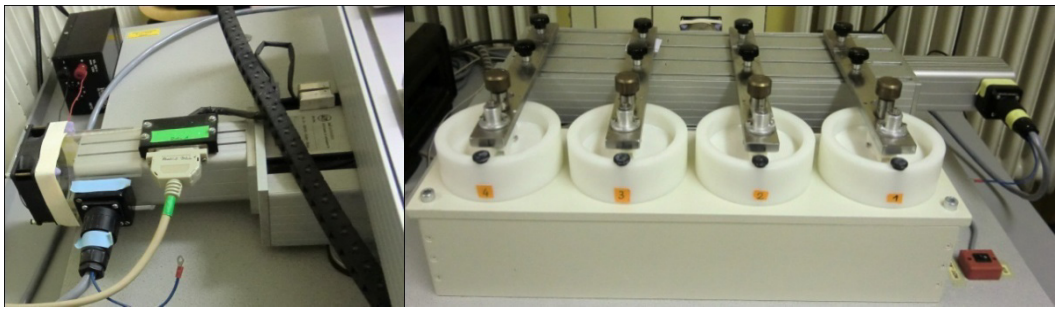
2 x 1 dakika günlük fırçalama süresi
4 yarım çene
3 yüzey
Her yüzeyde günlük 10 saniye fırçalama süresi.
8000 saniye *in-vitro* abrazyon süresi (=10000 döngü, saniyede 1,25 Hz)

Diş fırçası abrazyonu testi, dikey yönde 1 N'luk kuvvet uygulamak suretiyle, üniversal bir test cihazı (Willytech, Almanya) (Resim 14,15) ile 40000 siklusta ve Oral B indicator diş fırçası kullanılarak yapıldı (Resim 16). 2500, 7500, 20000 ve 40000 sikluslarda örneklerden ölçü (Panasil light, Kettenbach, Eschenburg, Almanya) alınarak dublikat modeller (Alpha Die, Schütz Dental, Rosbach, Almanya) oluşturuldu (Resim 17,18). Koruyucu film tabaka, her dublikat işlemi sonrasında ışık mikroskobunda x10 büyütme altında tekrar aynı şekilde yerine yerleştirildi.

Test cihazı, diş fırçaları örnekler üzerinde 8 şekli çizerek aşındırma yapacak şekilde ayarlandı (Resim 19). X ve Y ekseni üzerindeki hareket alanı genişliği ve frekansı örnek boyutuna uygun olarak en verimli fırçalamayı sağlayacak şekilde hesaplandı (Tablo 8).



Resim 14. Diş fırçası abrazyonu test cihazının bilgisayar bölümü ve programlayıcısı.



Resim 15. Diş fırçası abrazyonu test cihazının mekanik bölümü; hareket sağlayıcı düzeneği ve soğutma fanı.



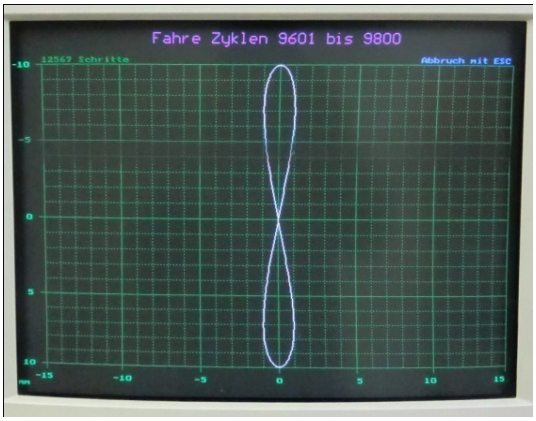
Resim 16. Aşınma testinde kullanılan diş fırçaları (İndicator, Oral B).



Resim 17. Kullanılan ölçü materyali (Panasil light, Kettenbach, Eschenburg, Almanya) ve dublikat materyali (Alpha Die, Schütz Dental, Rosbach, Almanya).



Resim 18. Siklus aralıklarında örneklerden elde edilmiş dublikat modeller.



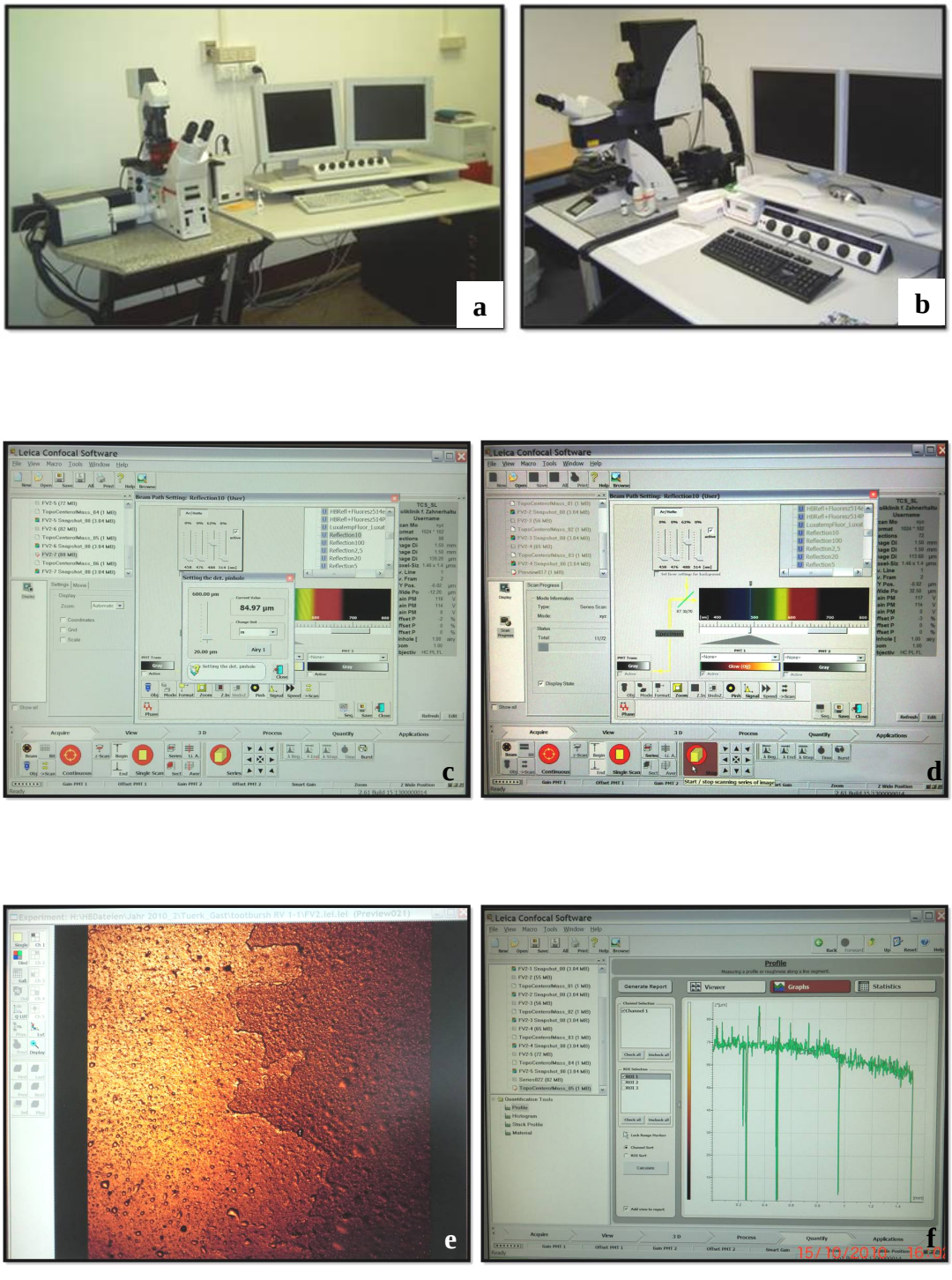
Resim 19. Diş fırçası abrazyonu test cihazının mekanik hareketinin bilgisayar ekranındaki görünümü.

Tablo 8. Diş fırçası abrazyonu cihazında kullanılan referans aralıkları (89).

	“8” (mm)	**“0” (mm)**
X Eksenindeki Genişliği	2	2
Xeksenindeki Frekansı	1	1
Y Eksenindeki Genişliği	20	20
Y Eksenindeki Frekansı	2	2
Başa Dönme	1000	1000
Siklus Referans Aralığı	200	200

Elde edilen dublikat modeller, Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) (Leica TCS SP2, Leica, Bensheim, Almanya) cihazında üç boyutlu olarak karşılaştırıldı (Resim 20). Yüzey örtücü uygulanmayan gruplarda, abrazyona maruz kalan ve korunan yüzey arasındaki yükseklik farkları üç boyutlu olarak karşılaştırıldı. Yüzey örtücü uygulanmayan yüzey ile, yüzey örtücü uygulanıp korunmuş olan yüzey arasındaki fark ölçülerek yüzey örtücünün başlangıçtaki kalınlığı tespit edildi. Daha sonra yüzey örtücü uygulanıp aşınmaya maruz kalan yüzey ile yüzey örtücü uygulanıp korunmuş olan yüzey karşılaştırılarak aşınma miktarları tespit edildi.

CLSM cihazında, hassas kesim cihazları gerektiren ve hazırlanması zor olan ince kesitlere gerek kalmadan örnekler hazırlanabilmektedir. Ayrıca, örneklerin herhangi bir ön uygulamaya tabi tutulması gerekmemektedir ve araştırmacı, X ışını radyasyonu riski altında değildir. Yüzeydeki düzensizlikler, saçılan, yansıyan ya da odaklanılan alan dışından gelen floresans ışığın elimine edilebilmesine bağlı olarak göz ardı edilebilir; sadece odaklanılan alan izlenir. Bu uygulama sonucunda, analizi yapılan örneğin yüzey özellikleri detaylandırılabilir, alan ve hacim analizleri yapılabilir ve yapı üç boyutlu olarak her açıdan izlenebilir (70,185).



Resim 20. CLSM cihazı; **a-b.** Cihazın önden ve yandan görünümü; **c.** Mikroskobun büyütme ayarları; **d.** Yüzey taramasının görünümü; **e.** Tarama sonucu ekranda oluşan görüntü; **f.** Yüzey derinliğinin grafiksel görünümü.

2.2. Üç Nokta Eğme Dayanıklılığı Testi (Three-point bending)

ISO 9917 standardı, ISO/TC 106 komitesince hazırlanmış olup su içeren simanlara yöneliktir. Üç nokta eğme testi, **ISO 9917-2** standardına uygun olarak gerçekleştirildi (91):

- 25±2mm x 2±0,1mm x 2±0,1mm boyutlarında bir kalıp hazırlandı.
- Kalıbın, yapışmayı önlemek amacıyla, çoğunlukla PMMA'dan olması tercih edilmektedir. Ancak çalışmamızda metal kalıplar kullanıldı. Kalıbı sıkıştırmak için rijit metalden bir sıkıştırma düzeneği hazırlandı.
- Crosshead hızı 0,75±0,25mm/dk ya da 50±16N/dk yükleme oranı olacak şekilde cihazın kalibrasyonu yapıldı.
- Örnekler 37±1 ºC'de saklandı.
- Karıştırma anından itibaren 24±1 saat sonra örneklerin boyutu, 0,01 mm hassasiyette bir kumpas ile ortalarından ölçüldü.
- Her grup için 10 adet örnek hazırlandı (n=10).

Üç nokta eğme dayanıklılığı testi örnekleri, 25x2x2 mm'lik dikdörtgen prizma şeklindeki kalıplarda (Resim 21) 23ºC'de hazırlandı (n=10). Kullandığımız kalıplar metalden olduğu için, cam iyonomer simanın metale tutunmasını engellemek amacıyla, heksan içeren bir izolasyon maddesi (Signum Insulating Pen II, Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) (Resim 22) her örnek yapımı öncesinde kalıba sürüldü. Cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonlarında, firma önerisi doğrultusunda cam iyonomer simanlar kapsüllerin 10 saniye aktivasyonuyla birlikte toplam 3 dakika sertleşene kadar kalıp içinde tutuldu. Daha sonra 7 dakika yapay tükürük içinde bekletildikten sonra, vernik uygulanacak yüzey, klinik şartlara uygun olarak, hava spreyi ile 3-5 saniye kurutulduktan sonra yüzey örtücü uygulandı. Diğer

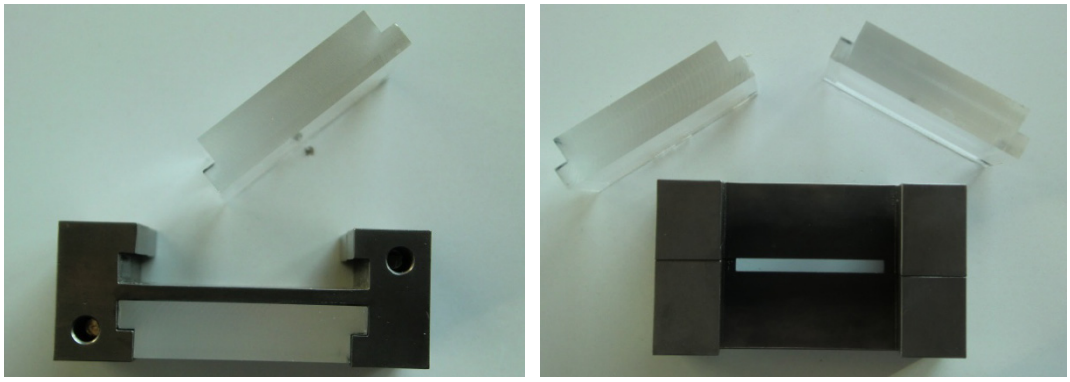
yüzeyler, Sınıf II restorasyonlardaki ara yüzlerde olduğu gibi, örtülenmeden yapay tükürük ile temas ettirildi. Yüzey örtücülere ‰0,01 oranında renklendirici Rhodamine® B isothiocyanate (Merck, Darmstadt, Almanya) eklenerek kolay görünür hale gelmeleri sağlandı. Vernik (Fuji Varnish) uygulanan örnekler 2 dakika kurumaya bırakıldıktan sonra tekrar yapay tükürük içine bırakıldı. G-Coat PLUS uygulanan örneklerde, polimerizasyon için örneğin boyunun 25 mm olmasından dolayı, yüzeye 80 saniye halojen ışık (Elipar® Trilight) uygulandıktan sonra yapay tükürük içine bırakıldı. Yüzey örtücü uygulanmayan gruplar, 3 dakikalık sertleşme süresi sonrasında hiçbir işleme tabi tutulmaksızın yapay tükürük içinde saklandı. Kompozit rezin grubunda hazırlanan örnekler, 80 saniye halojen ışık uygulaması ile sertleştirildikten sonra yapay tükürük solüsyonu içinde bekletildi.

Örneklerin genişliği ve yüksekliği 0,01 hassasiyette bir dijital kumpas ile ölçüldü (Super Solar Caliper, Mitutoyo, Michigan, ABD). Hazırlanan örnekler 37ºC'de 24 saat, 7 gün ve 30 günlük sürelerle bekletildikten sonra bu üç farklı zaman dilimi için üç nokta eğme testi (three-point bending) taşıyıcılar arasında 20 mm mesafe olacak şekilde üniversal bir test cihazıyla (Zwick/Roell GmbH&Co. KG, Ulm, Almanya) ve 0,75 mm/dk crosshead hızla uygulandı (Resim 23, 24 ve Şekil 14). Kompozit rezin örnekler kuru ortamda test edilirken, cam iyonomer siman örnekler, dehidratasyonu engellemek için, ağız içi sıcaklığa eş değerdeki distile su ortamında teste tabi tutuldu. Üç nokta eğme değeri aşağıdaki formül kullanılarak MPa biriminden hesaplandı:

$$Fs = 3FL / 2wh^2$$

F: Kırılma anındaki kuvvet, L: Taşıyıcılar arası mesafe (20mm),

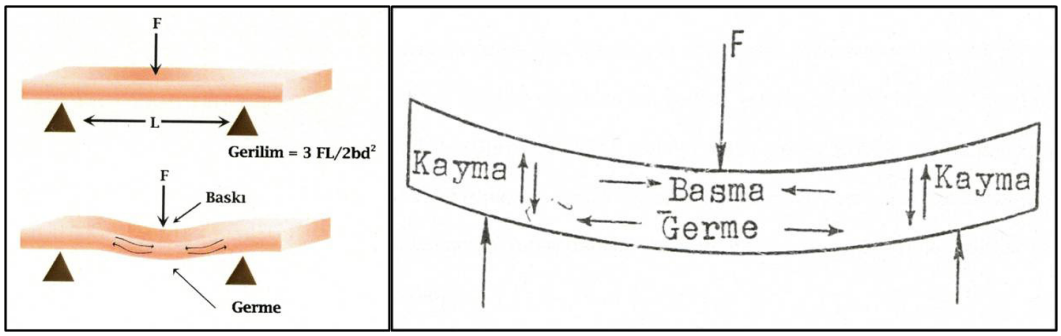
w: Örneğin eni, h: Örneğin yüksekliği



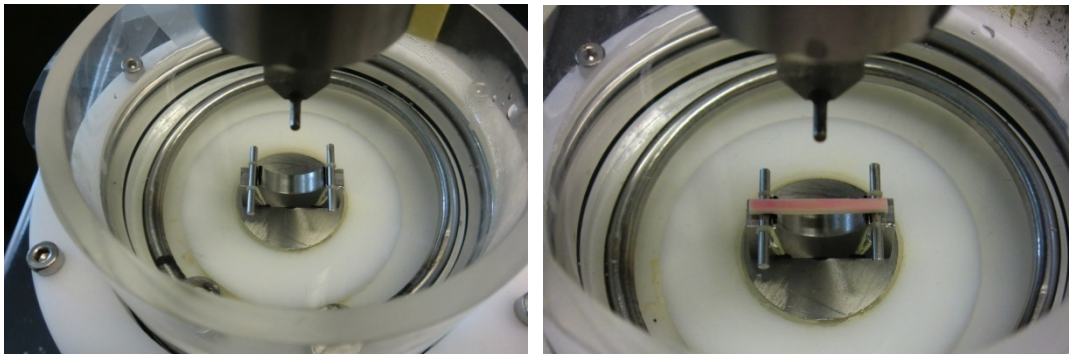
Resim 21. ISO 9917-2 standartlarına uygun hazırlanan kalıbın yandan ve üstten görünümü.



Resim 22. Heksan içerikli izolasyon maddesi (Signum Insulating Pen II, Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya).



Şekil 14. Üç nokta eğme testi prensibinin şematik gösterimi.



Resim 23. Üç nokta eğme testi düzeneği ve örneğin düzenekte konumlandırılması.





Resim 24. Düzenekte kullanılan suyun sıcaklığını dengeleyen cihaz ve testte kullanılan azami kuvvet.

2.3. Basma Dayanıklılığı Testi (Compressive strength)

Basma dayanıklılığı için test edilecek örnekler **ISO 9917-1** standardına göre aşağıdaki şartlara uygun olarak hazırlandı (90):

- En az %30 nemli ortamda ve 37±1 ºC'de test uygulandı.
- Kalıpların iç kısım ölçüleri 6,0±0,1mm yükseklik ve 4,0±0,1mm çap uzunluğu şeklindeydi.
- Crosshead hızı yaklaşık 0,75±0,30mm/dk ya da 50±16N/dk yükleme oranı olacak şekilde cihazın kalibrasyonu yapıldı.
- Örnekler 23±1 ºC'de hazırlandı.
- Her grup için 10 adet örnek hazırlandı (n=10).

Kullanılan kalıp düzeneği ve örnekler Resim 25'te görülmektedir. Örnekler 24 saat, 7 gün ve 30 gün olmak üzere üç farklı zaman diliminde test edildi. G-Coat PLUS uygulanan cam iyonomer grupları 20 saniye ışık uygulamasıyla sertleştirildi (Elipar® Trilight). Diğer işlemler (sertleşme zamanı, yapay tükürükte bekletme, saklama koşulları, kullanılan test cihazı) üç nokta eğme dayanıklılığı testindeki uygulamalar ile aynıdır. Crosshead hızı 1 mm/dk olmak üzere cihaz kalibre edildi (Resim 26). Basma dayanıklılığı değeri, aşağıdaki formüle göre hesaplandı:

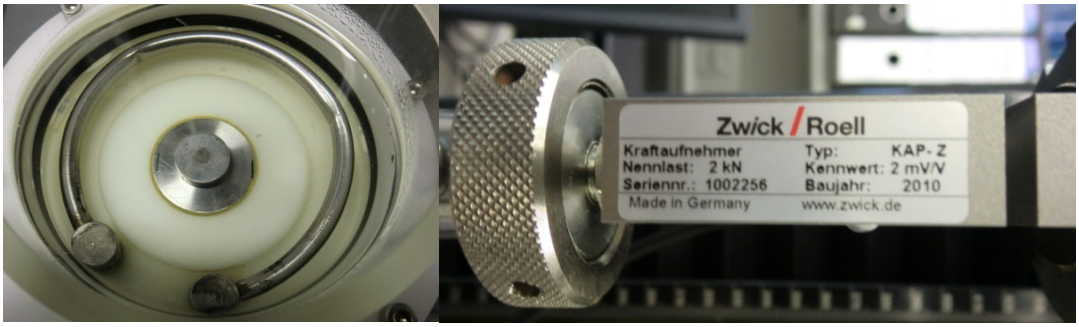
$$Cs = 4F / \pi d^2$$

F: Kırılma anındaki kuvvet

d: Örneğin ölçülen çapı (mm cinsinden)



Resim 25. ISO 9917-1 standartlarına uygun hazırlanan kalıbın ve örneklerin görünümü.



Resim 26. Test düzeneğinin üstten görünümü ve universal test cihazında testin yapılması için uygulanan azami kuvvet.

2.4. Vickers Mikrosertlik Testi

6mm çapında ve 2mm yüksekliğindeki örnekler (n=5) üç nokta eğme dayanıklılığı test koşulları ile aynı şekilde hazırlandı (Resim 27) ve 24 saat, 7 gün ve 30 günlük süreler ile yapay tükürükte 37ºC'de bekletildi. 23±1 saat yapay tükürükte bekletilen örneklerin test yüzeyleri mikrosertlik ölçümü öncesinde sırası ile 180, 600, 1000, 1200, 1500, 2000 ve 3000 grenli silikon karbit zımparalar ve elektronik cihaz yardımı ile zımparalandı (Mecapol P230, Presi, Grenoble, Fransa) (Resim 28a). Yüzey örtücü uygulanan örneklerde bu işlem 7. gün ve 30. gün ölçümleri öncesinde tekrarlandı ve böylece yüzey örtücüler, örneklerin yüzeyinden uzaklaştırılarak ölçümler yapıldı. Kontrol gruplarında; 7. gün ve 30. günlerde zımparalama işlemi tekrarlanmadı. Her ölçüm öncesi, tüm gruplar 10 dakika süre ile ultrasonik banyoda temizlendi (Elmasonic S, Elma Ultrasonic, Singen, Almanya) (Resim 28b).

Universal test cihazında (Shimadzu Micro Hardness Testers HMV-2, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya), 50 gramlık kuvvet 15 saniye süre ile örneklerin yüzeylerine uygulandı (Resim 29 ve Şekil 15). Literatürde 50 gramlık kuvvetin 30 saniye (215) ve ya 25 gramlık kuvvetin 30 saniye (21,213) uygulandığı testler olmakla birlikte, yaptığımız ön çalışmada en net görüntüyü 50 gramlık kuvveti 15 saniye uyguladığımızda elde ettik. Test cihazındaki piramit ucun örnek üzerindeki iz düşümü, cihaza bağlantılı olan kamera sistemi ile 40 kez büyütülerek bilgisayar ekranına aktarıldı. Floresans ışıkta, 50 Hz frekansta ve uygun pozlandırmada elde edilen piramit şeklindeki ucun materyalin yüzeyine batmak suretiyle oluşturduğu ters piramit görüntüsünün resmi çekilip otomatik iyileştirme uygulaması sonrasında ölçümler gerçekleştirildi. Her örnekten ikişer ölçüm yapılarak elde edilen toplam 10 ölçüm değerlendirmeye alındı. Vickers sertlik değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı:

VHN= 1854,4 x P/d²

P: Uygulanan kuvvetin kg cinsinden değeri.

d: Elde edilen ölçümün mm cinsinden ortalama köşegenler arası uzunluk miktarı.



Resim 27. Vickers mikrosertlik testi için hazırlanan örnekler ve kullanılan kalıplar.

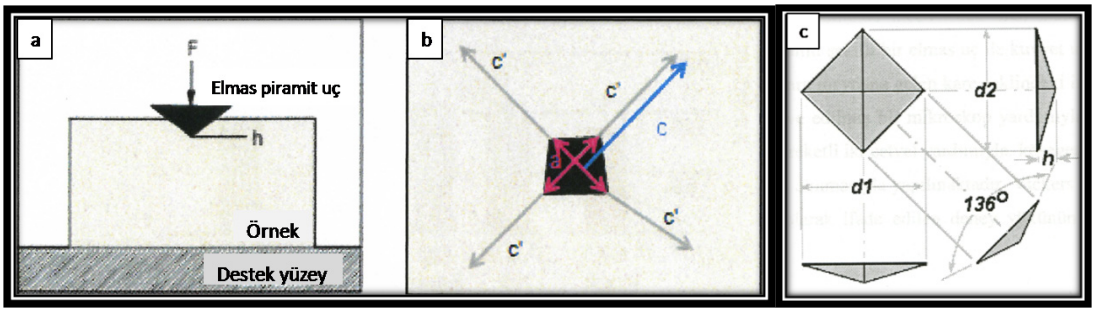




Resim 28. a. Zımparalama ve cila cihazı. **b.** Ultrasonik temizleme cihazı.



Resim 29. Mikrosertlik test cihazı (Shimadzu Micro Hardness Testers HMV-2, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya).



Şekil 15. Vickers mikrosertlik testinin şematik gösterimi.

2.5. Renklenme Testi

2.5.1. Yüzey Örtücülerin Cam İyonomer Simanların Rengine Etkisi

Bu bölümde, 2 mm kalınlığında 10 mm çapında kalıplar kullanılarak cam iyonomer siman diskler hazırlandı (Resim 30). Her grupta 10 örnek olmak üzere dört grup tablo 9'da görüldüğü şekilde oluşturuldu (n=10). Örnekler hazırlanıp ilk sertleşmenin ardından 7 dakika distile suda bekletilip bir spektrofotometre (Vita Easyshade, Vita, Vident, Brea, CA) ile renk ölçümleri yapıldı (Resim 31). Renk ölçümünü takiben örneğin yüzeyine yüzey örtücüler firma önerileri doğrultusunda uygulanarak renk ölçümü yüzey örtücü uygulanmış yüzeyden tekrarlanarak kaydedildi. Yüzey örtücü uygulaması sonrasında elde edilen ölçüm değerleri ile başlangıçta elde edilen ölçüm değerleri arasındaki renk farkları (ΔE, ΔL, Δa ve Δb) hesaplanarak yüzey örtücünün cam iyonomer simanın rengini nasıl etkilediği incelendi.

Bu bölüm, delta değerlerindeki farkların rengin değişim miktarı ve yönü hakkında ve çalışmanın ikinci bölümündeki renklenme testinin yorumlanmasında bize yardımcı olması amacıyla gerçekleştirildi.

Tablo 9. Yüzey örtücünün cam iyonomer simanın rengine etkisinin incelenmesinde oluşturulan gruplar (n=10).

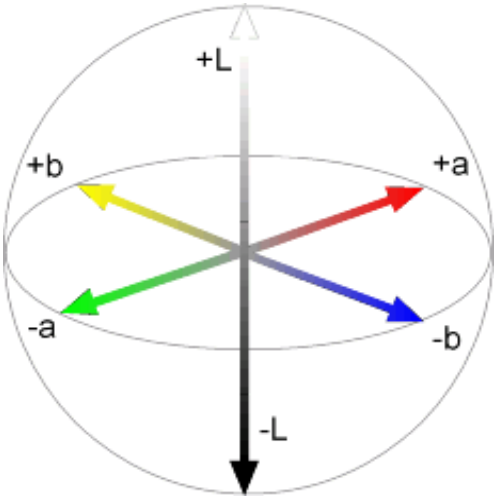
	Yüzey Örtücüsüz Gruplar	**Yüzey Örtücülü Gruplar**
I	Fn (Fuji IX GP eXtra, örtücüsüz)	Fg (Fuji IX GP eXtra +G-Coat PLUS)
II	Fn (Fuji IX GP eXtra, örtücüsüz)	Fv (Fuji IX GP eXtra +Fuji Varnish)
III	Rn (Riva Self Cure, örtücüsüz)	Rg (Riva Self Cure+G-Coat PLUS)
IV	Rn (Riva Self Cure, örtücüsüz)	Rv (Riva Self Cure+Fuji Varnish)



Resim 30. Renklenme testi kalıpları ve örneklerin test sonrası renklenmiş görünümü.



Resim 31. Spektrofotometre cihazı (Vita, Easyshade, Vita).



Şekil 16. CIELab üç boyutlu renk düzlemi.

2.5.2. Renklendirici Ajanların Cam İyonomer Siman ve Yüzey Örtücü Kombinasyonlarının Rengine Etkisi

Çalışmamızın bu bölümünde, 2 mm kalınlığında 10 mm çapında kalıplar kullanılarak cam iyonomer siman diskler hazırlandı. Her bir cam iyonomer simandan 40'ar adet olmak üzere toplam 80 adet disk 8 grup halinde hazırlandı (Resim 30 ve Tablo 10). Cam iyonomer siman diskler plastik halkalar içine, halkaların alt kısmına cam levha ve Mylar strip (SS.White Co. Phil. ABD) bant yerleştirildikten sonra, yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanlar firma önerilerine göre karıştırılarak kalıp içine yerleştirildi ve kalıbın üst kısmından da strip bant ve cam levha ile basınç uygulanarak hazırlandı.

Örneklerin 2mm yükseklikteki yan yüzeyler hariç sadece alt ve üst yüzeylerine olmak üzere, Sınıf II restorasyonları taklit edecek şekilde, yüzey örtücüler uygulandı. G-Coat PLUS sürülen yüzeyler, 20'şer saniye ışık uygulamasıyla sertleştirildi (Bluephase C5, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Fuji Varnish uygulanan örneklerde yüzeye sürülen verniğin donması için 2 dakika beklendi. Örnekler oda sıcaklığında bir hafta süre ile karanlık ortamda ve distile su içinde bekletildi.

Renklenme testi için kahve ve kola solüsyonları kullanıldı. Kahve solüsyonunun hazırlanmasında 30 gram hazır kahve tozu (Nescafe, Nestle, Vevey, İsviçre) 1000 ml sıcak su ile karıştırıldı ve 10 dakika bekletildikten sonra süzüldü. Kola solüsyonu (Coca Cola, The Coca Cola Company, İstanbul), herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan kullanıldı. Renklenme testi süresince, solüsyonlar hergün düzenli olarak yenilendi.

Tablo 10. Renklenme testinde oluşturulan gruplar.

Grup No	Grup Kısaltmaları	Gruplar
I	Fg Kahve	Fuji IX GP eXtra+G-Coat PLUS+Kahve
II	Fv Kahve	Fuji IX GP eXtra +Fuji Varnish+Kahve
III	Rg Kahve	Riva Self Cure+G-Coat PLUS+Kahve
IV	Rv Kahve	Riva Self Cure+Fuji Varnish+Kahve
V	Fg Kola	Fuji IX GP eXtra +G-Coat PLUS+Kola
VI	Fv Kola	Fuji IX GP eXtra +Fuji Varnish+Kola
VII	Rg Kola	Riva Self Cure+G-Coat PLUS+Kola
VIII	Rv Kola	Riva Self Cure+Fuji Varnish+Kola

Cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonları ile hazırlanmış olan disklerin başlangıç renkleri spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade, Vita) ile solüsyonlara yerleştirilmeden önce; renk değişimleri ise 1. gün, 3. gün, 5. gün ve 7. günlerde örneklerin birer dakika akar su altında yıkanması ve hava ile hafifçe kurutulması sonrasında tespit edildi. Her ölçümden önce cihaz firma talimatlarına uygun olarak tekrar kalibre edildi (Resim 31). Renk ölçümleri her gün aynı saat aralığında ve gün ışığında yapıldı. Hafif renk değişimi tespitlerinde geçerli bir yöntem olan CIELab sistemi ile renkler tespit edildikten sonra örneklerde meydana gelen renk değişikliği ΔL, Δa ve Δb değerleri yardımıyla hesaplanan ΔE parametresi ile formule edildi:

$$\Delta E = [(\Delta L_0 - \Delta L_1)^2 + (\Delta a_0 - \Delta a_1)^2 + (\Delta b_0 - \Delta b_1)^2]^{1/2}$$

ΔE değeri, tek başına L, a, b değerlerinden daha anlamlıdır. ΔL, Δa ve Δb değerleri renk uzay düzleminde üç boyutlu olarak pozitif ve negatif değerlere bağlı olarak renk ile ilgili bilgi vermektedir (Şekil 16).

3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

3.1. *İn-vivo bölümün istatistikleri*

Tüm istatistikler, SPSS Version 13.0 programı kullanılarak gerçekleştirildi. Modifiye USPHS kriterlerinin karşılaştırmalarında Pearson Chi-Square testi ve survival analizinde ise, Kaplan-Meier ve log-rank (Mantel-Cox) testleri .05 anlamlılık düzeyinde uygulandı (22,50,58).

3.2. İn-vitro bölümün istatistikleri

Diş fırçası abrazyonu, üç nokta eğme dayanıklılığı ve basma dayanıklılığı testlerinde, farklı zaman dilimleri ve döngü sayıları göz önüne alınmaksızın tüm gruplar Tek Yönlü ANOVA testi ile karşılaştırıldı. Karşılaştırma sonucunda fark gözlendiğinde, grupların karşılaştırmaları Tukey HDS testi ile yapıldı. Her grubun kendi içindeki farklı zaman dilimlerinde ve farklı döngü sayılarındaki karşılaştırmalarında T-testi kullanıldı. P değeri 0,05 olarak alındı.

Renklenme testinde, grup karşılaştırmaları Tukey HDS testi ile yapılırken, her grubun kendi içindeki zamana bağlı delta değerleri T-testi ile karşılaştırıldı. P değeri 0,05 olarak alındı (22).

BÖLÜM III

BULGULAR

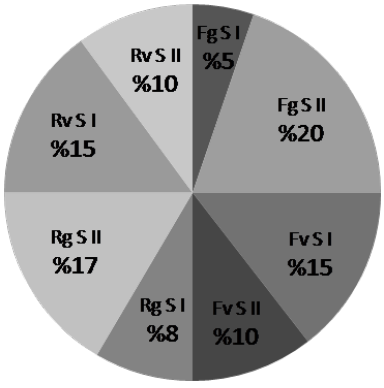
1. *İN-VİVO* BÖLÜMÜN BULGULARI

Çalışmamızdaki 2 hastanın kontrolleri, şehir dışına taşınmaları nedeni ile yapılamadığından, 18 ayın sonunda 52 hasta ve 248 restorasyon kontrol edilebildi ve istatistiksel olarak değerlendirildi. Kontrol edilen restorasyonlar sayısal olarak Tablo 11'de ve şematik olarak Grafik 1'de gösterilmiştir.

Tablo 11. 18 ay sonunda kontrol edilebilen hasta ve restorasyon sayıları.

	G-Coat PLUS (GC)		**Fuji Varnish (GC)**	
	Sınıf II	**Sınıf I**	**Sınıf II**	**Sınıf I**
Fuji IX GP eXtra (GC)	49	13	26	36
	62		62	
Riva Self Cure (SDI)	41	21	25	37
	62		62	
TOPLAM	**52 Hasta – 248 Restorasyon**			

Grafik 1. 18 ay sonunda kontrol edilebilen restorasyonların yüzdesel dağılımı (S I: Sınıf I ve S II: Sınıf II).



Çalışmamızda, Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS (*Fg*), Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish (*Fv*), Riva Self Cure + G-Coat PLUS (*Rg*) ve Riva Self Cure + Fuji Varnish (*Rv*) olmak üzere dört grup vardır. 18 ay süresince elde edilen tüm skorlar Tablo 12'de izlenmektedir.

Tablo 12. Restorasyonların modifiye USPHS kriterlerine göre 18 ay süresince aldıkları skorlar.

Kriterler/Gruplar		**1 Hafta**			**6 Ay**			**12 Ay**			**18 Ay**		
		A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
Renk Uyumu	**Fg**	19	36	7	19	36	7	19	36	7	19	36	7
	Fv	16	36	10	16	36	10	16	36	10	16	36	10
	Rg	0	8	54	0	8	54	0	8	54	0	8	54
	Rv	1	6	55	1	6	55	1	6	55	1	6	55
Kenar Uyumu (A1/A2)	**Fg**	62	0	0	59/1	2	0	55/4	2	1	53/4	1	4
	Fv	62	0	0	60/0	1	1	59/1	1	1	58/1	1	2
	Rg	62	0	0	62/0	0	0	59/3	0	0	56/4	1	1
	Rv	62	0	0	59/3	0	0	56/6	0	0	55/6	1	0
Anatomik Form (A1/A2)	**Fg**	62	0	0	59/1	2	0	56/3	2	1	53/3	1	5
	Fv	62	0	0	60/0	1	1	59/1	1	1	58/1	1	2
	Rg	62	0	0	62/0	0	0	60/2	0	0	57/3	1	1
	Rv	62	0	0	59/3	0	0	56/6	0	0	55/6	1	0
Retansiyon Kaybı	**Fg**	62	0	0	59	3	0	55	6	1	52	5	5
	Fv	62	0	0	60	1	1	59	2	1	58	2	2
	Rg	62	0	0	62	0	0	58	4	0	55	6	1
	Rv	62	0	0	59	3	0	58	4	0	57	4	1
Kenar Renklenmesi	**Fg**	62	0	0	62	0	0	62	0	0	62	0	0
	Fv	62	0	0	61	1	0	61	1	0	61	1	0
	Rg	62	0	0	61	1	0	60	2	0	60	2	0
	Rv	62	0	0	62	0	0	62	0	0	62	0	0
İkincil Çürük	**Fg**	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Fv	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Rg	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Rv	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
Postoperatif Hassasiyet	**Fg**	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Fv	61	1	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Rg	61	1	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-
	Rv	62	0	-	62	0	-	62	0	-	62	0	-

İkincil çürük, kenar renklenmesi ve postoperatif hassasiyet kriterleri değerlendirildiğinde, başarısız olan restorasyon bulunmadı ve buna bağlı olarak gruplar arasında fark gözlenmedi (Resim 32-34).



Resim 32. Renk uyumu kriteri dışında, diğer skorlardan A ve A1 skoru alan ve farklı hastalara ait farklı kombinasyonlar kullanılarak yapılmış restorasyonların 18 ay süresince görünümleri.



Resim 33. Aynı hastaya ait farklı kombinasyonlar kullanılarak yapılan restorasyonların 18 ay süresince görünümleri.



Resim 34. Renk uyumu dışında tüm kriterlede başarılı olan ve aynı hastaya ait farklı kombinasyonlar kullanılarak yapılan restorasyonların 18 ay süresince görünümleri.

Renk uyumu kriterinde, tüm kontrol dönemlerinde materyal kombinasyonları arasındaki fark anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$). 18 ay sonunda, Fg grubunda %11,3, Fv grubunda %16,1, Rg grubunda %87,1 ve Rv grubunda %88,7 başarısızlık (C skoru) görüldü. Fuji IX GP eXtra gruplarının renk uyumu açısından başarı oranları Riva Self Cure gruplarına göre yaklaşık 8 kat daha yüksek bulundu ($p \leq 0,05$) (Resim 35, 36 ve Grafik 2,3).

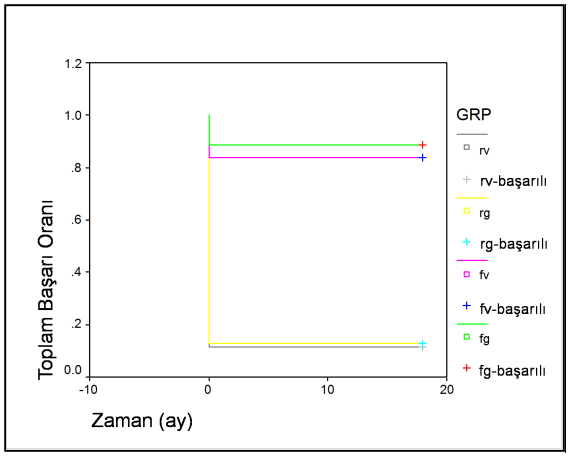


Resim 35. Renk uyumu kriterinde başarılı olan Fuji IX GP eXtra ve Fuji Varnish (Fv) kombinasyonu ile yapılmış okluzal bir restorasyon (A skoru).



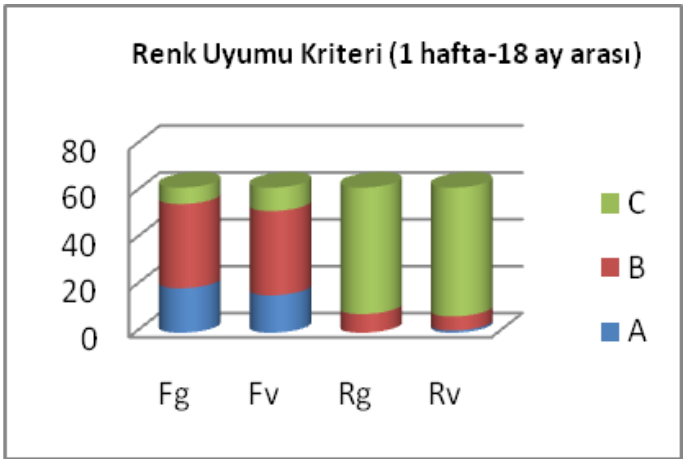
Resim 36. Aynı hastaya ait ve 18 ay boyunca renk uyumu kriterinde başarısız olan Fuji IX GP eXtra (Fg ve Fv) ile Riva Self Cure (Rg ve Rv) restorasyonlar (C skoru).

Grafik 2. 18 ay sonunda, farklı grupların renk uyumu kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri.



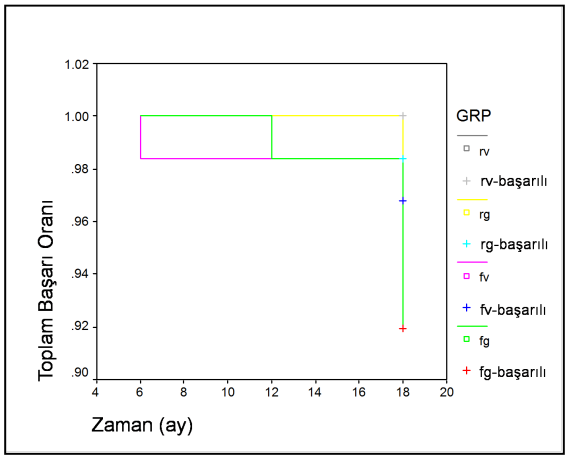
Gruplar	Restorasyon Sayısı	Başarısız Restorasyon Sayısı	Başarılı Restorasyon Sayısı	Başarı Yüzdesi
Fg	62	7	55	88,71
Fv	62	10	52	83,87
Rg	62	54	8	12,90
Rv	62	55	7	11,29
Toplam	248	126	122	49,19

Grafik 3. Renk uyumu kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri.



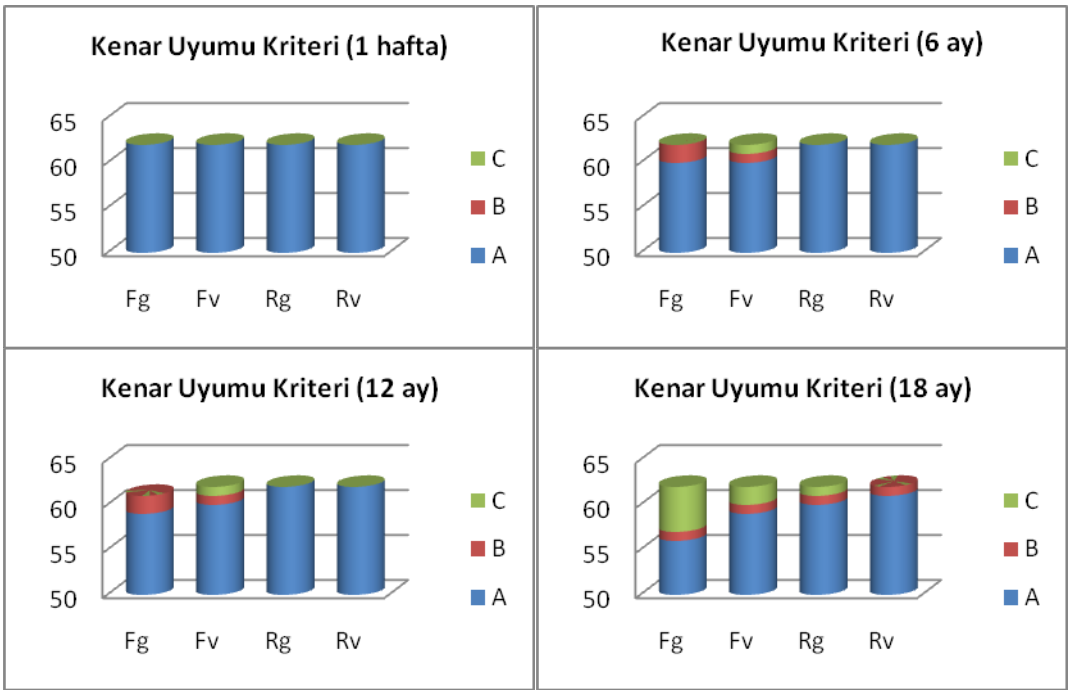
Kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde, gruplar arasında başarısız olan olgu sayısı çok az olduğu için, Pearson Chi-Square testi yapılamadı. 18 ay sonunda, "Fg" grubunda 5 (%8,1), "Fv" grubunda 2 (%3,2), "Rg" grubunda 1 (%1,6) ve "Rv" grubunda 1 (%1,6) restorasyon olmak üzere toplam 9 restorasyon (%3,6) başarısız oldu ve yenilendi (Resim 37-40, Grafik 4-10).

Grafik 4. 18 ay sonunda, farklı grupların kenar uyumu kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri.



Gruplar	Restorasyon Sayısı	Başarısız Restorasyon Sayısı	Başarılı Restorasyon Sayısı	Başarı Yüzdesi
Fg	62	5	57	91,94
Fv	62	2	60	96,77
Rg	62	1	61	98,39
Rv	62	0	62	100,00
Toplam	248	8	240	96,77

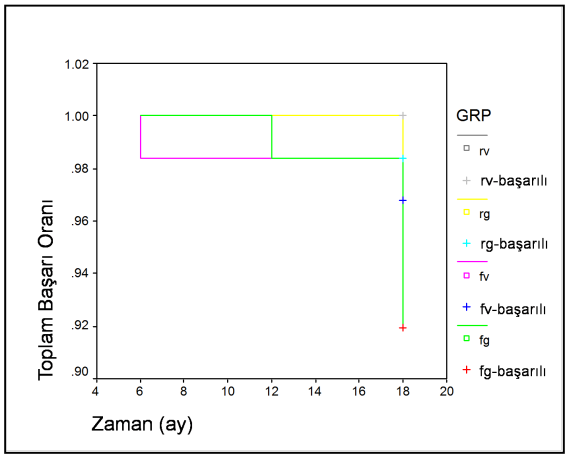
Grafik 5. Kenar uyumu kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri.





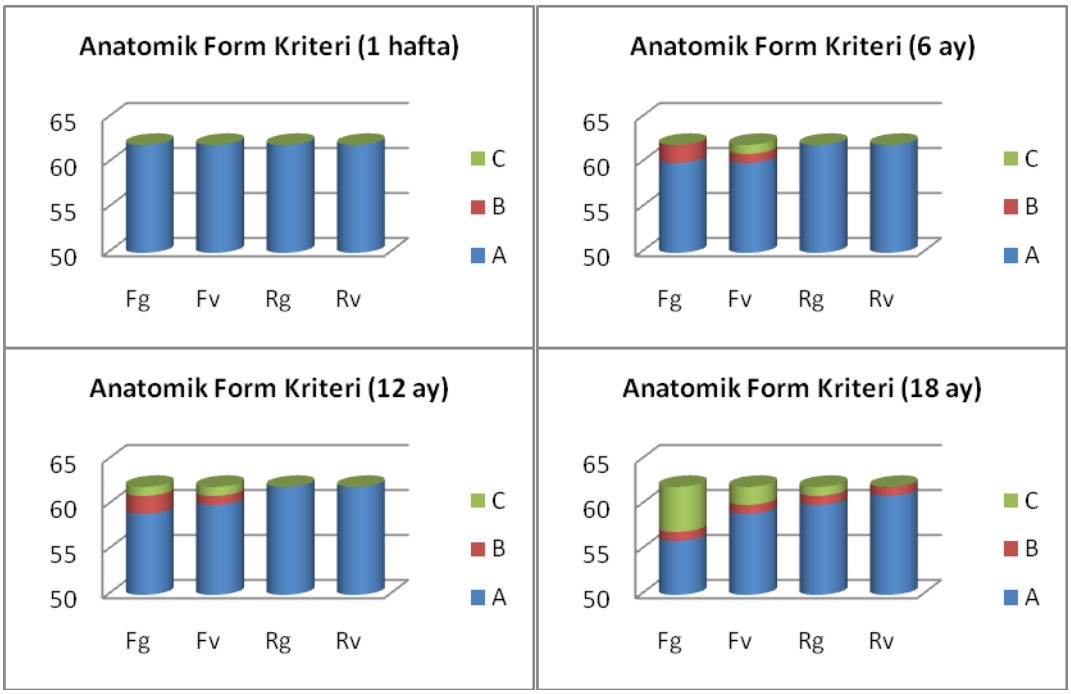
Resim 37. *Üst sıra:* 45 numaralı dişte, 12. ve 18. aylarda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinden A2 skoru alan bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon tamir edildi. *Alt sıra:* 16 numaralı dişte, 6.-12. ve 18. aylarda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinden A2 skoru alan Sınıf II bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon takibe alındı.

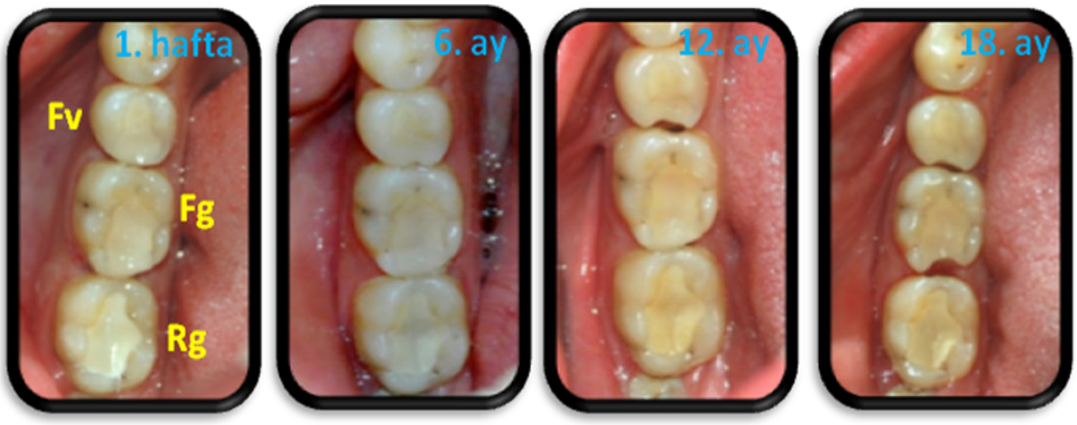
Grafik 6. 18 ay sonunda, farklı grupların anatomik form kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri.



Gruplar	Restorasyon Sayısı	Başarısız Restorasyon Sayısı	Başarılı Restorasyon Sayısı	Başarı Yüzdesi
Fg	62	5	57	91,94
Fv	62	2	60	96,77
Rg	62	1	61	98,39
Rv	62	0	62	100,00
Toplam	248	8	240	96,77

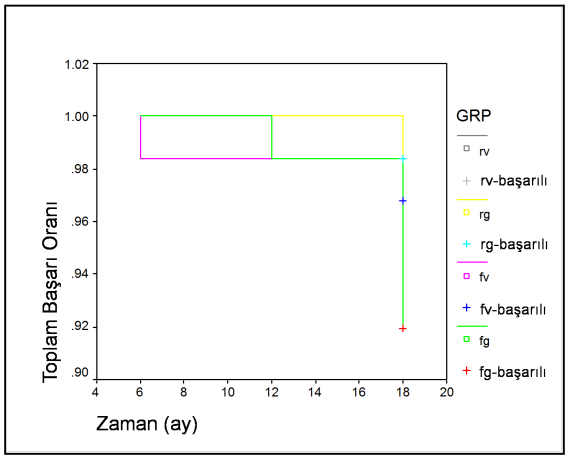
Grafik 7. Anatomik form kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri.





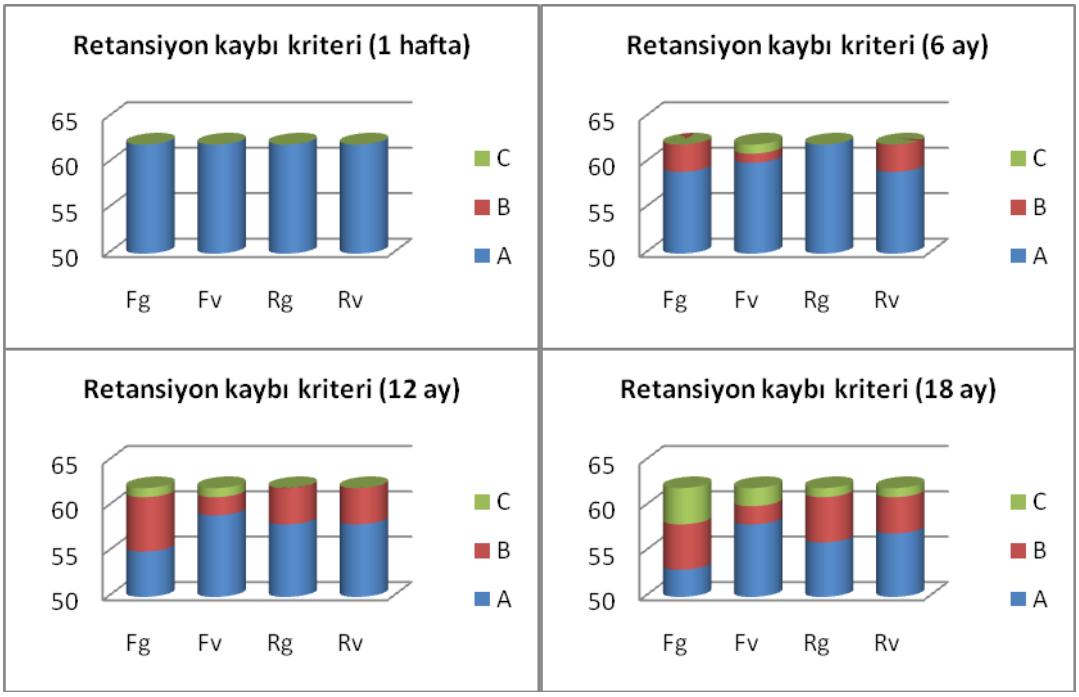
Resim 38. 45 numaralı dişte, 6. ayda kenar uyumu ve anatomik form kriterlerinde A2; 12. ve 18. aylarda kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde B skoru alan Sınıf II bir restorasyon. 46 numaralı dişte, 18. ayda kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde C skoru alan Sınıf II bir restorasyon. Çalışma sonunda 45 nolu dişin dolgusu tamir edilirken, 46 nolu dişin restorasyonu yenilendi.

Grafik 8. 18 ay sonunda, farklı grupların retansiyon kaybı kriterine göre toplam başarısızlık yüzdeleri.



Gruplar	Restorasyon Sayısı	Başarısız Restorasyon Sayısı	Başarılı Restorasyon Sayısı	Başarı Yüzdesi
Fg	62	5	57	91,94
Fv	62	2	60	96,77
Rg	62	1	61	98,39
Rv	62	1	61	98,39
Toplam	248	9	239	96,37

Grafik 9. Retansiyon kaybı kriteri için başlangıçtan 18. aya kadar olan sürede izlenen USPHS skoru değişimleri.



Restorasyonlar kavite tipine göre değerlendirildiğinde; renk uyumu hariç diğer tüm kriterlerde başarısız olan Sınıf I restorasyon bulunmazken; kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde başarısız olan ve yenilenen restorasyonların tamamını Sınıf II ve geniş olan kaviteler oluşturdu.

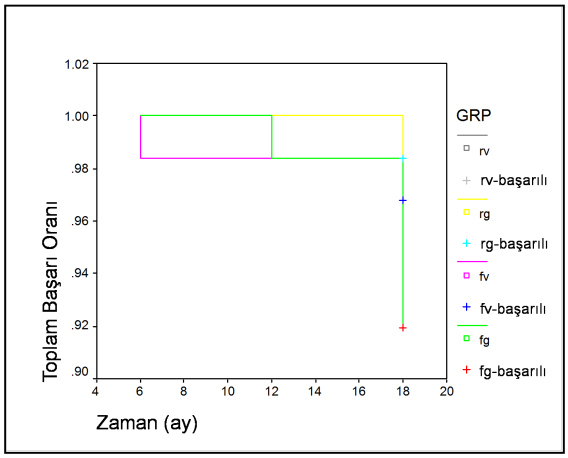


Resim 39. 44-45 numaralı dişlerdeki Sınıf II restorasyonlar ve 47 numaralı dişin Sınıf I restorasyonu 18 ay boyunca başarılı bulunurken; 46 numaralı dişte bulunan restorasyon, 18. ay kontrolünde kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinden B skoru almıştır.



Resim 40. Fuji IX GP eXtra ve G-Coat PLUS kombinasyonu uygulanan 47 nolu dişte, kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterlerinde C skoru alan Sınıf II bir restorasyon. Çalışma sonunda restorasyon kompozit rezin ile yenilendi.

Grafik 10. 18 ay sonunda, farklı grupların kenar uyumu + anatomik form + retansiyon kaybı kriterlerinin üçünü de kapsayan toplam başarısızlık yüzdeleri.

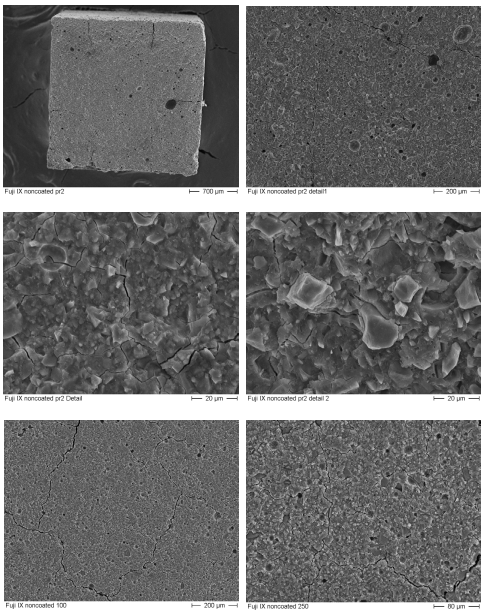


Gruplar	Restorasyon Sayısı	Başarısız Restorasyon Sayısı	Başarılı Restorasyon Sayısı	Başarı Yüzdesi
Fg	62	5	57	91,94
Fv	62	2	60	96,77
Rg	62	1	61	98,39
Rv	62	1	61	98,39
Toplam	248	9	239	96,37

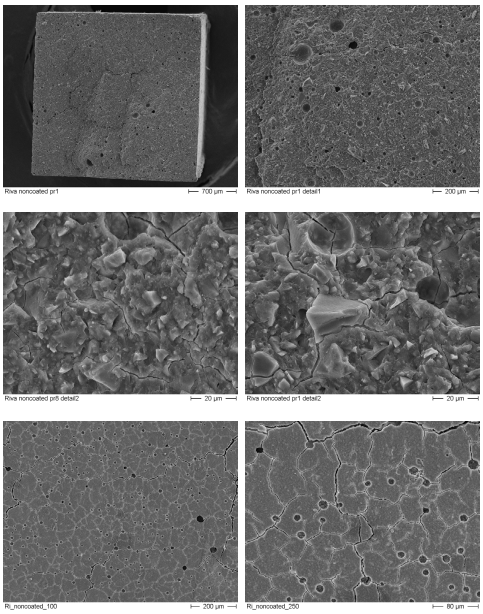
2. *İN-VİTRO* BÖLÜMÜN BULGULARI

Çalışmamızda, kompozit rezin (Gradia Direct Posterior) (*K*), Fuji IX GP eXtra örtücüsüz (*Fn*), Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS (*Fg*), Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish (*Fv*), Riva Self Cure örtücüsüz (*Rn*), Riva Self Cure + G-Coat PLUS (*Rg*) ve Riva Self Cure + Fuji Varnish (*Rv*) olmak üzere yedi grup kullanıldı. Kompozit rezin grubu pozitif kontrol ve örtücüsüz cam iyonomer siman grupları negatif kontrol gruplarıydı.

Materyallerin gruplara bağlı olarak Taramalı Elektron Mikroskobunda (Leitz ISI SR 50, Akashi, Japonya) elde edilen yüzey görüntüleri farklı büyütmelerde Resim 41-44 arasında görülmektedir.

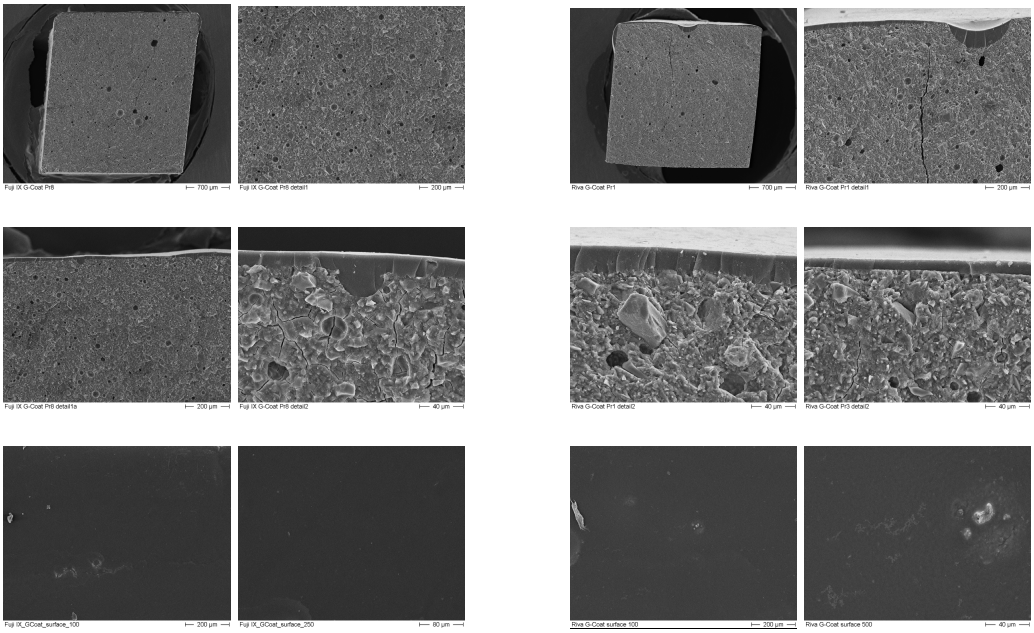


Fuji IX GP eXtra yüzey örtücüsüz.



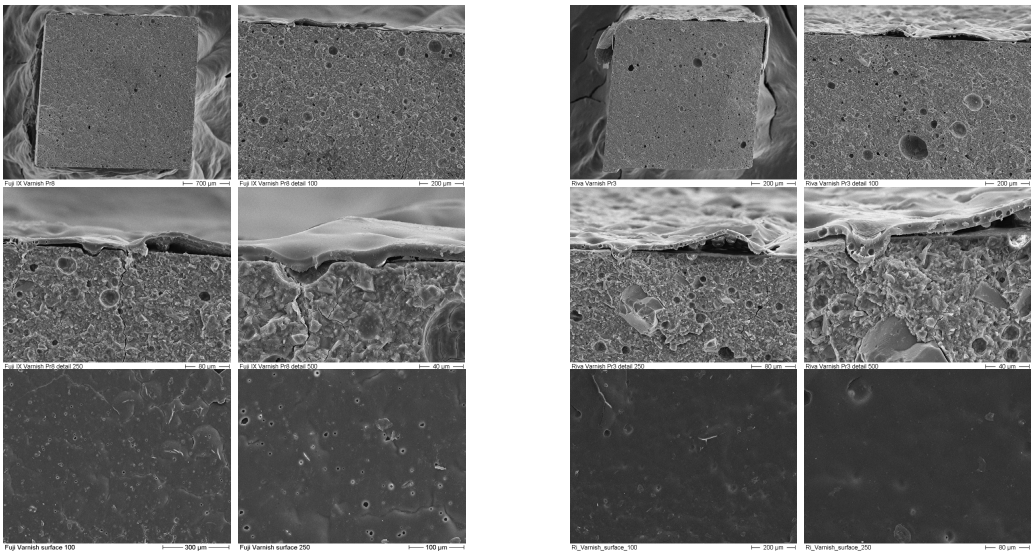
Riva Self Cure yüzey örtücüsüz.

Resim 41. Yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanlarının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen partikül ve yüzey görünümleri.



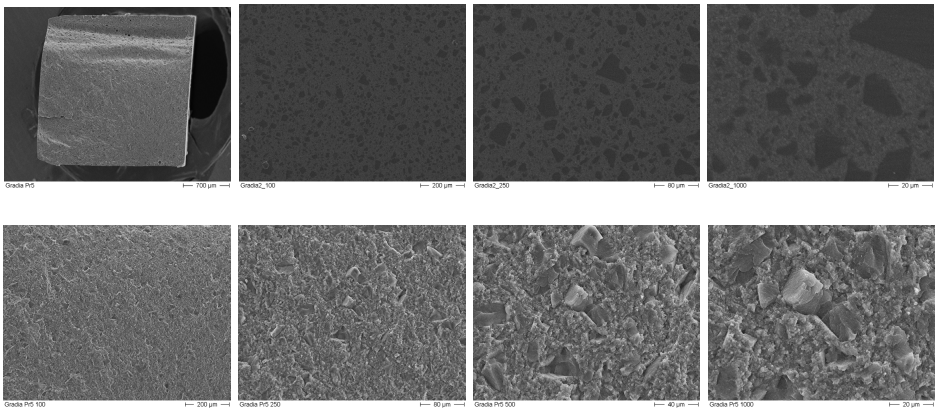
Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS Riva Self Cure + G-Coat PLUS

Resim 42. G-Coat PLUS ile örtülenmiş Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanların farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen adezyonları, partikülleri ve yüzey görünümleri.



Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish Riva Self Cure + Fuji Varnish

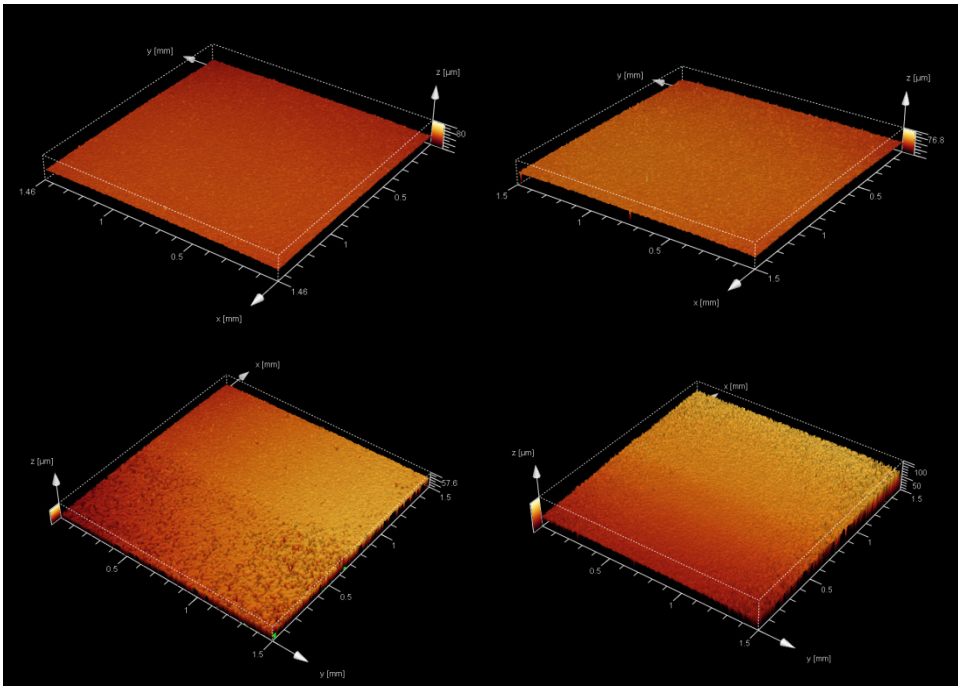
Resim 43. Fuji Varnish ile örtülenmiş Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanların farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde adezyonları, partikülleri ve yüzey görünümleri.



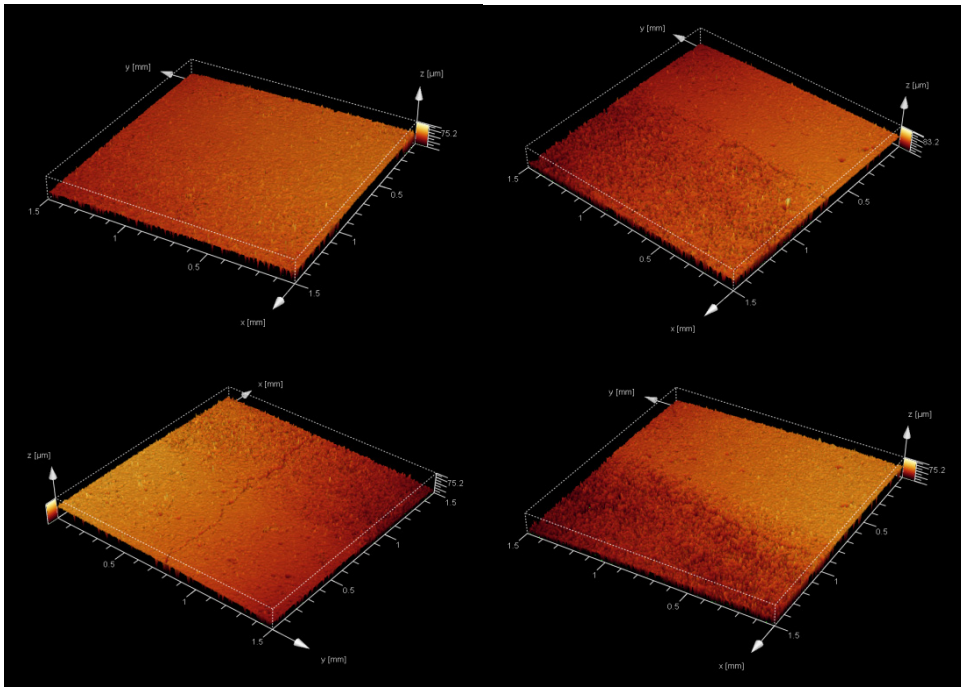
Resim 44. Gradia Direct Posterior kompozit rezinin farklı büyütmelerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemesinde görülen partikül ve yüzey görünümleri.

2.1. Diş Fırçası Abrazyonu Testi

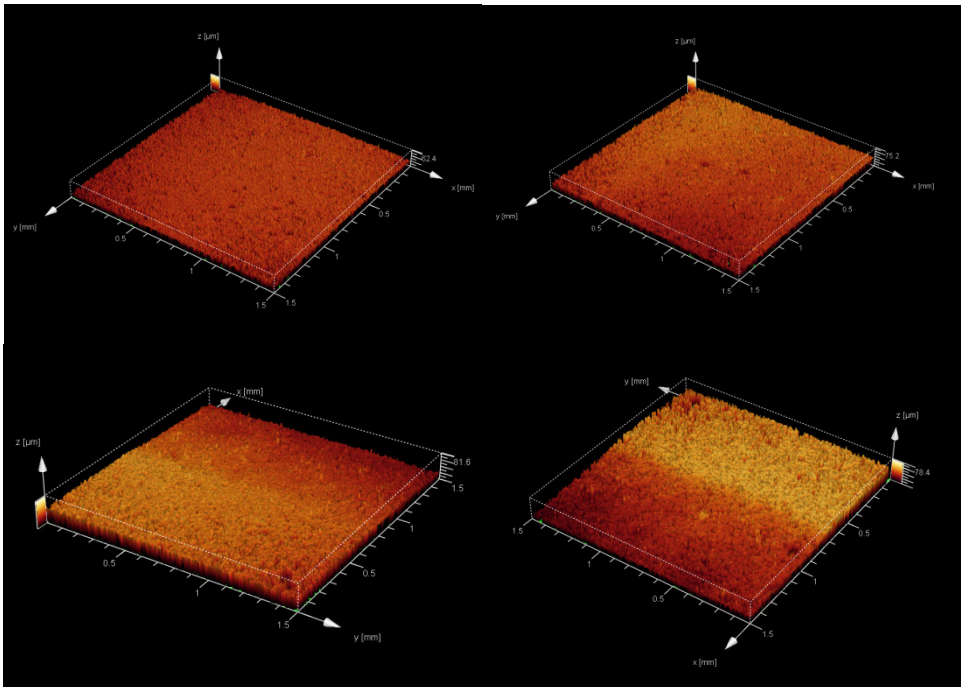
Diş fırçası abrazyonu uygulanan örneklerden alınan dublikatlardan aşınma miktarları CSLM cihazında x10 büyütmede ölçüldü (Resim 45-51).



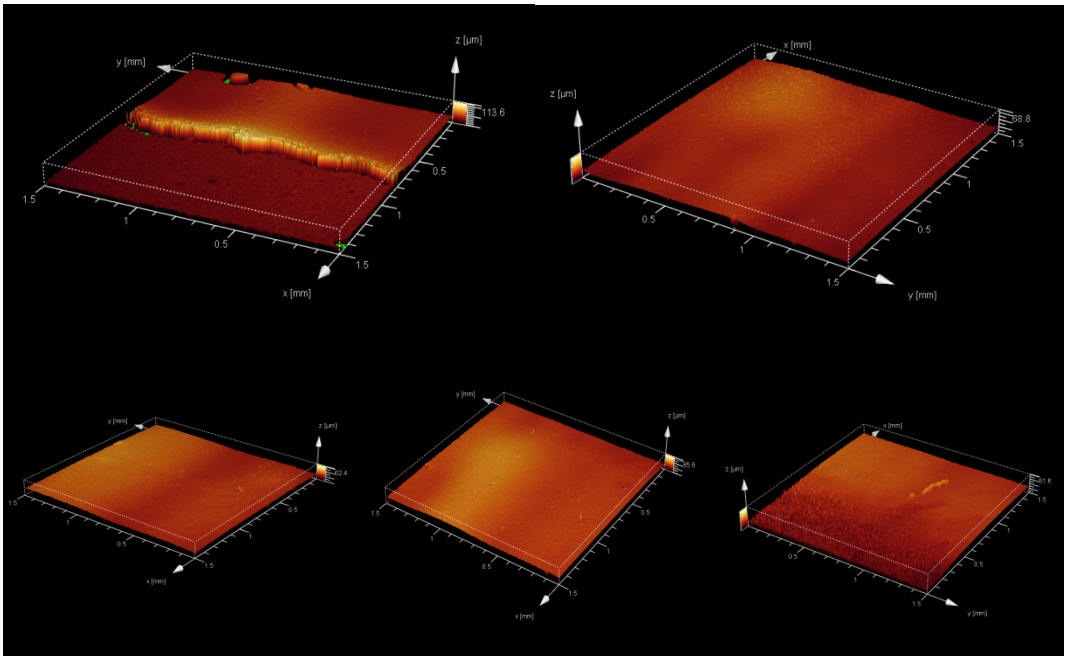
Resim 45. Gradia Direct Posterior kompozit rezinin farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.



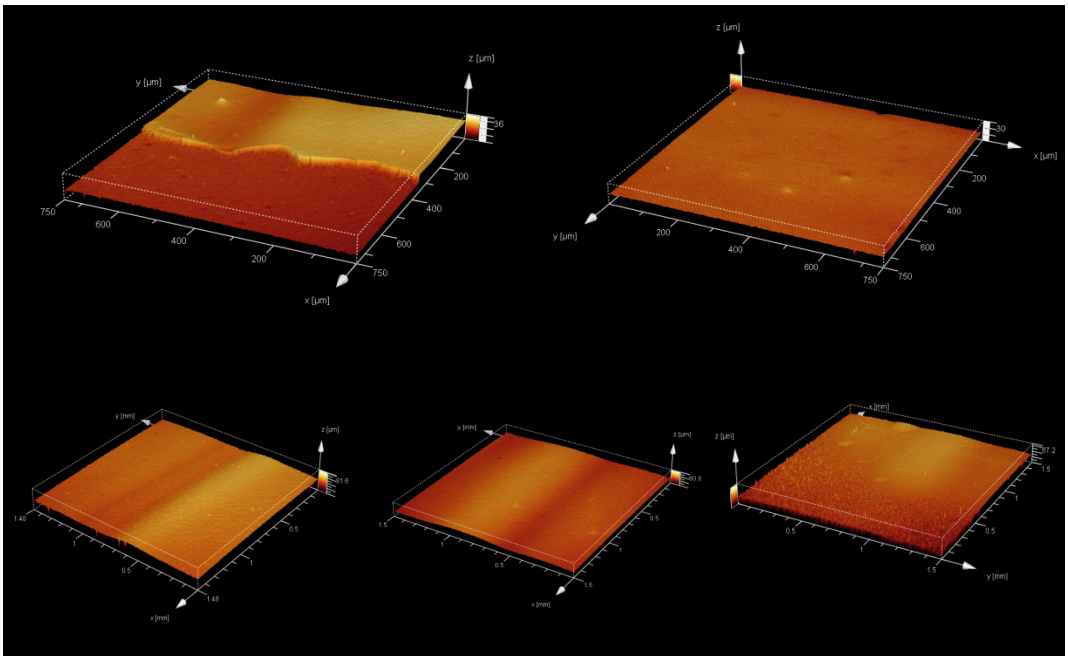
Resim 46. Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanın farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.



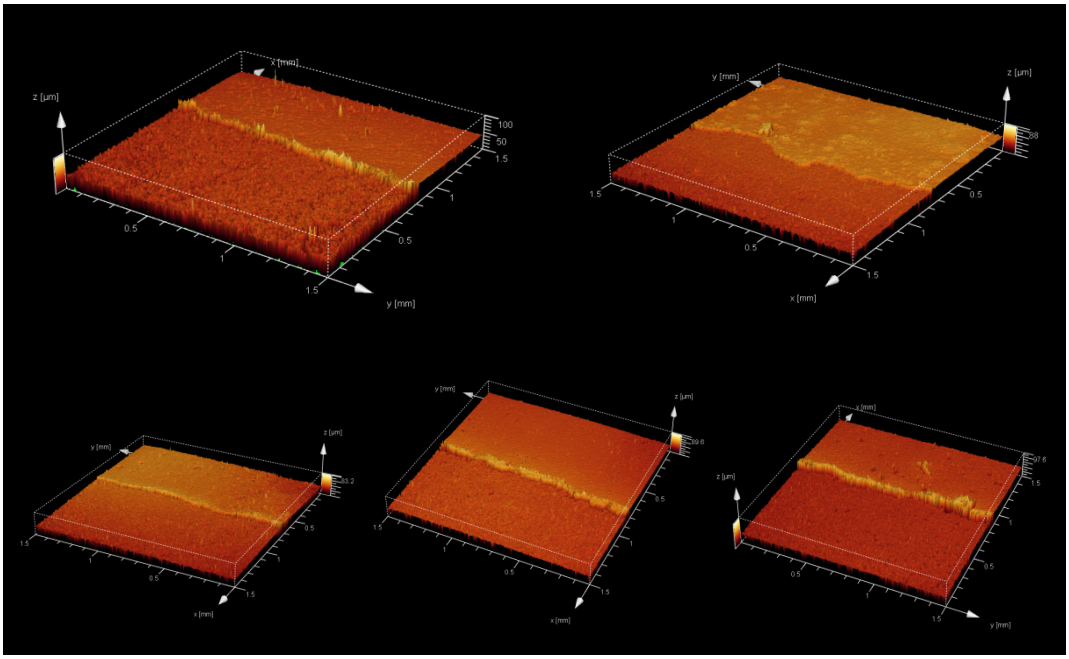
Resim 47. Riva Self Cure cam iyonomer simanın farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.



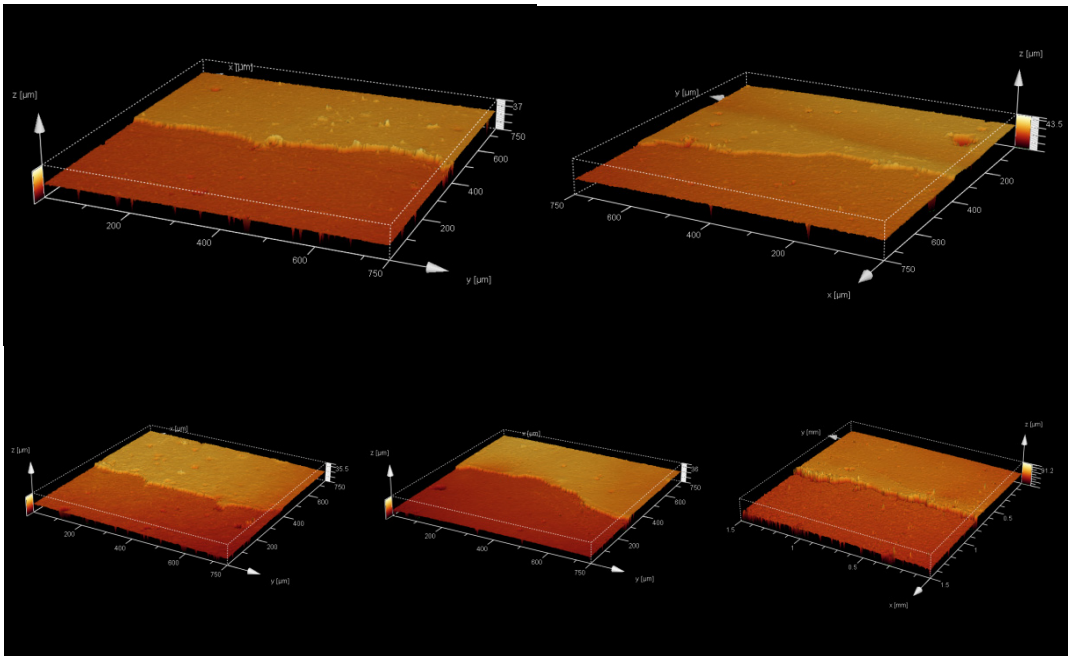
Resim 48. Fuji IX GP eXtra + G-Coat PLUS kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.



Resim 49. Riva Self Cure + G-Coat PLUS kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.

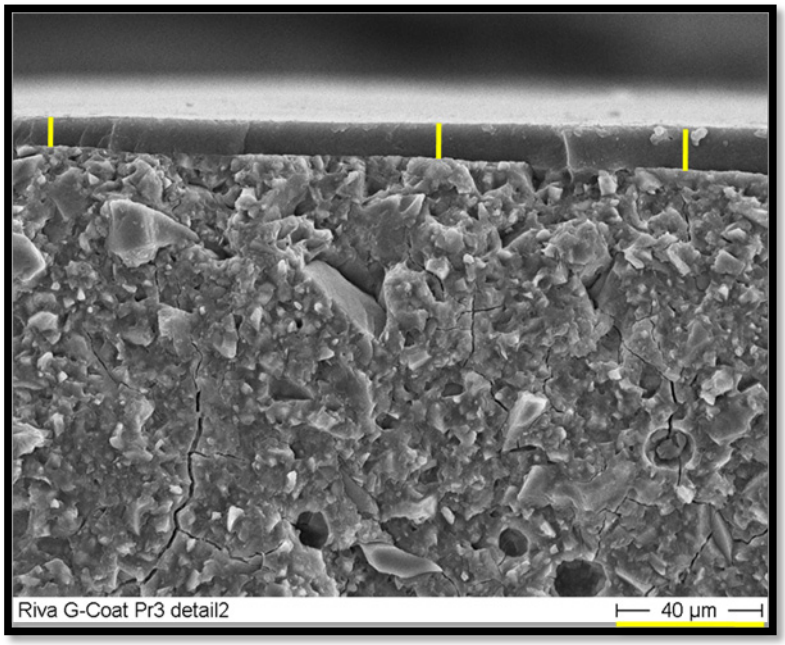


Resim 50. Fuji IX GP eXtra + Fuji Varnish kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.



Resim 51. Riva Self Cure + Fuji Varnish kombinasyonun yüzey örtücü kalınlığı ve farklı sikluslarda CSLM cihazında elde edilmiş aşınmış yüzey görünümleri.

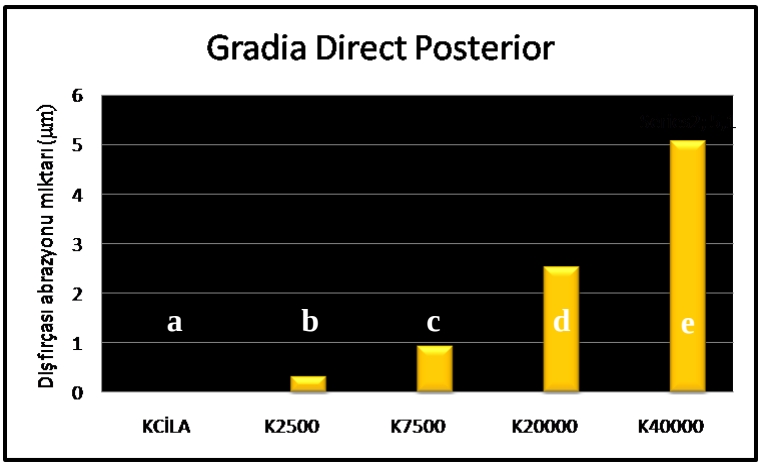
Yüzey örtücünün cam iyonomer siman yüzeyine uygulandığında oluşan kalınlık miktarı SEM görüntülemeleri ile ölçüldü (Resim 52).



Resim 52. Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) 40 µm ölçekte elde edilmiş görüntüde, G-Coat PLUS yüzey örtücünün uygulama kalınlığı (~6-9µm) izlenmektedir.

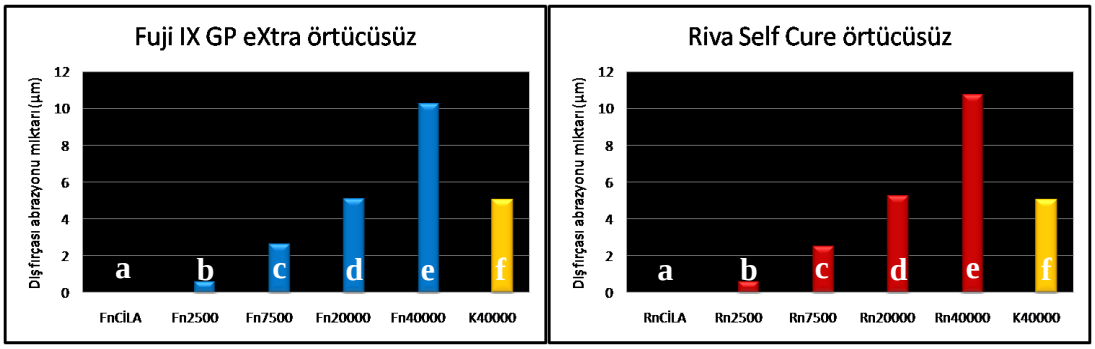
Diş fırçası abrazyonu testinin istatistik sonuçlarına göre, kompozit rezin grubu, tüm gruplardan anlamlı olarak daha az aşındı ($p \leq 0,05$) (Grafik 11).

Grafik 11. Kompozit rezinin farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



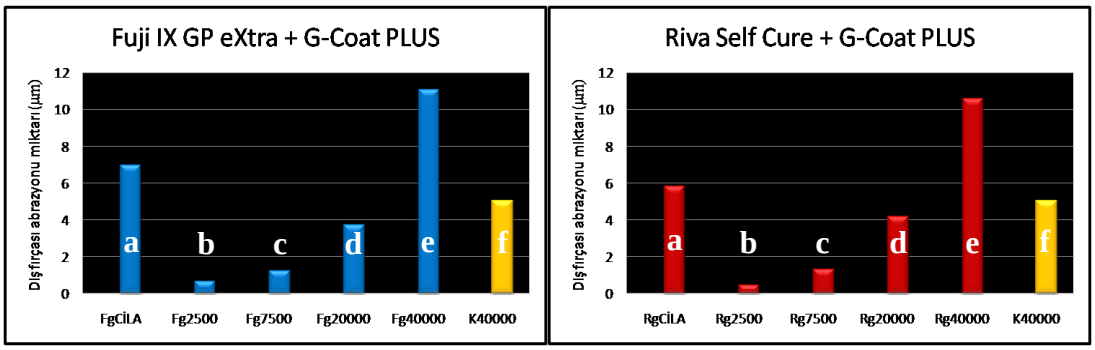
Tüm gruplarda, farklı sikluslarda gözlenen aşınma miktarları arasındaki farklar anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$). Materyaller zaman geçtikçe, gittikçe artan miktarda aşındı. Diğer yandan, örtücüsüz cam iyonomer siman grupları arasındaki aşınma farkı anlamsız ve benzer bulundu (Grafik 12).

Grafik 12. Örtücüsüz cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



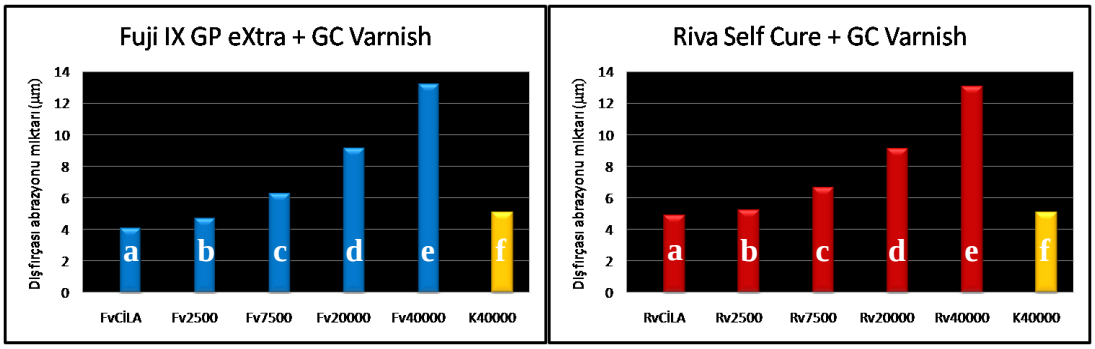
G-Coat ile örtülenen grupların aşınma miktarları, Fuji Varnish ile örtülenen gruplara oranla anlamlı derecede daha az bulundu ($p \leq 0,05$). Ancak, Fuji IX GP Extra grupları için G-Coat ile örtülenen örnekler, çalışmanın sonu olan 40000 siklusta örtücüsüz örneklerden daha fazla aşındı ($p \leq 0,05$) (Grafik 13).

Grafik 13. G-Coat PLUS ile örtülenmiş cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



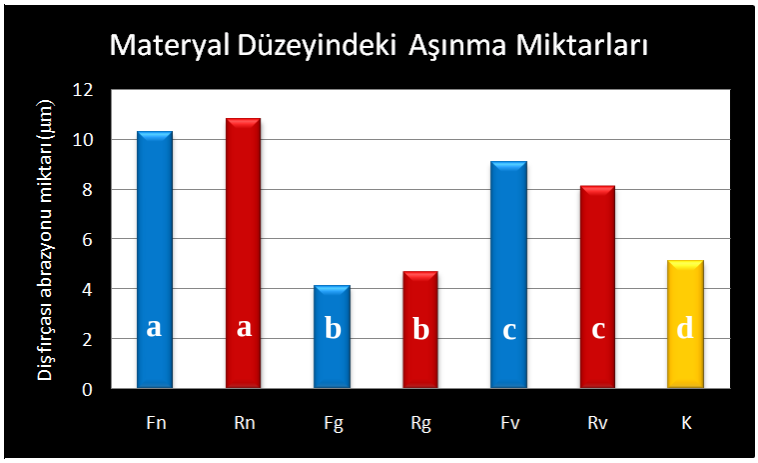
Her iki cam iyonomer simanın, Fuji Varnish ile örtülendiğinde aşınma miktarları benzerdi, ancak diğer tüm gruplardan anlamlı olarak daha fazla bulundu ($p \leq 0,05$) (Grafik 14).

Grafik 14. Fuji Varnish ile örtülenmiş cam iyonomer siman gruplarının farklı sikluslardaki aşınma miktarları (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



Örtücüsüz cam iyonomer siman gruplarının aşınma miktarları, kompozit rezin grubuyla kıyaslandığında, iki kat daha fazla bulundu ($p \leq 0,05$). Ancak, cam iyonomer siman örnekleri G-Coat PLUS ya da Fuji Varnish ile örtülendiğinde, aşınma öncelikle bu tabakalardan başlamakta ve sonra cam iyonomer siman materyaline inmektedir. G-Coat PLUS ile örtülenen örneklerde, aşınma periyodu sonundaki (40000 siklus) toplam madde kaybı, Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure örnekleri için benzer şekilde gerçekleşti ve G-Coat PLUS yüzey örtücünün kalınlığı ölçümlerden çıkarıldığında, kompozit rezinle aralarında aşınma farkı gözlenmedi. Buna karşın, Fuji Varnish ile örtülenen her iki cam iyonomer siman gruplarındaki aşınma miktarları kompozit rezin grubundan anlamlı derecede daha fazla bulundu ($p \leq 0,05$) (Grafik 15).

Grafik 15. 40000 siklus sonunda, yüzey örtücü kalınlıkları miktarlarından çıkarıldığında, gruplara göre, materyal düzeyinde gerçekleşen aşınma miktarları (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



2.2. Üç Nokta Eğme Dayanıklılığı Testi (Three Point Bending)

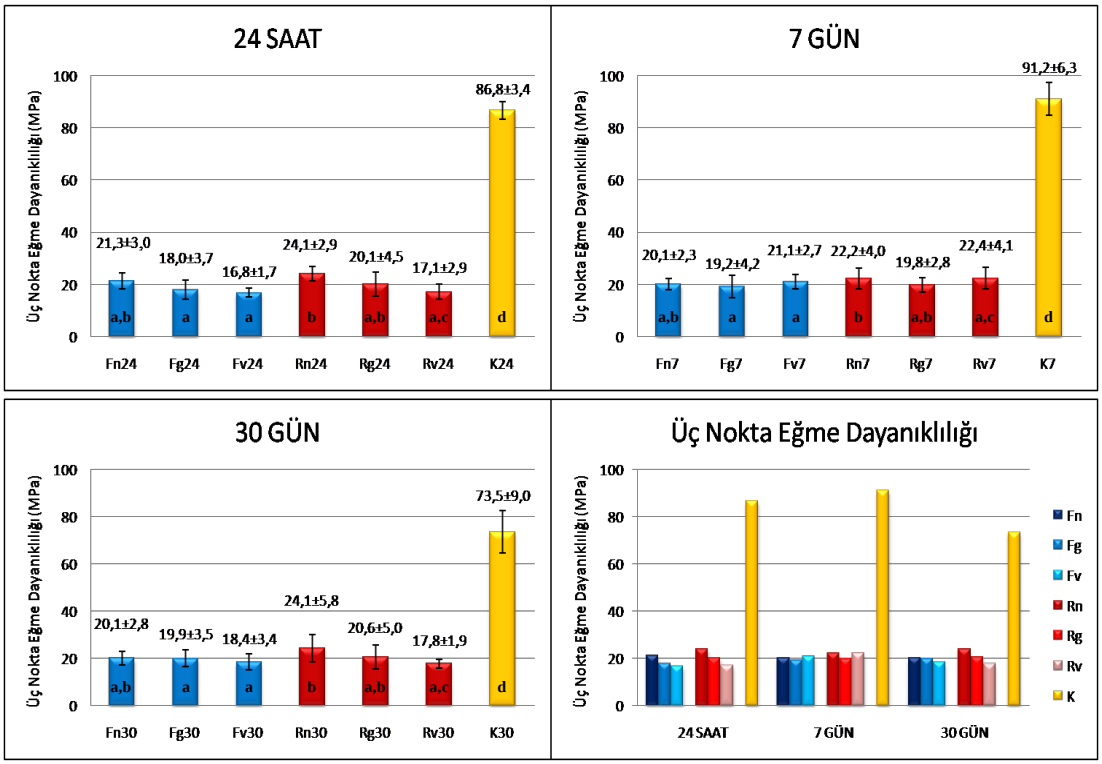
Tüm zaman dilimleri göz önüne alındığında; kompozit rezin grubu diğer tüm gruplardan anlamlı derecede daha yüksek üç nokta eğme dayanıklılığı gösterdi ($p \leq 0,05$) (Grafik 16).

"Fn" ve "Rn" gruplarında üç nokta eğme dayanıklılığı zamana bağlı olarak değişmedi. "Rn" grubunda, "Fg" ve "Fv" gruplarından anlamlı derecede daha yüksek üç nokta eğme dayanıklılığı değerleri gözlendi ($p \leq 0,05$).

"Rg" grubunun üç nokta eğme dayanıklılığı, farklı zaman dilimlerinde değişim gösterdi. "Fv" ve "Rv" grupları, "Rn" grubundan anlamlı olarak daha düşük üç nokta eğme dayanıklılığı gösterdi ($p \leq 0,05$).

Materyallerin farklı zaman dilimlerinde karşılaştırılmaları T-testi ile yapıldı. Buna göre; kompozit rezin grubunun farklı dönemlerdeki üç nokta eğme dayanıklılıkları anlamlı olarak değişkenlik gösterdi ($p \leq 0,05$). 30 gün sonunda, diğer zaman dilimlerine göre anlamlı derecede daha düşük üç nokta eğme değerleri elde edildi ($p \leq 0,05$).

Grafik 16. Farklı zaman dilimlerine göre üç nokta eğme dayanıklılığı test verileri ve standart sapmalarının topluca gösterimi (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



Örtücüsüz her iki cam iyonomer siman grubunun da zamana bağlı olarak üç nokta eğme dayanıklılıklarının benzer olduğu görüldü. Aynı şekilde, G-Coat PLUS ile örtülenen her iki grubun da üç nokta eğme dayanıklılığı verileri zaman dilimlerine göre farklılık göstermedi.

"Fv" grubunda, 24 saat ve 7. gün ölçümleri arasındaki fark anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$). Materyalin 7. günde üç nokta eğme dayanıklılığının daha yüksek olduğu gözlendi. Ancak, 30. günde değerler tekrar 24 saat verileri ile benzer hale geldi.

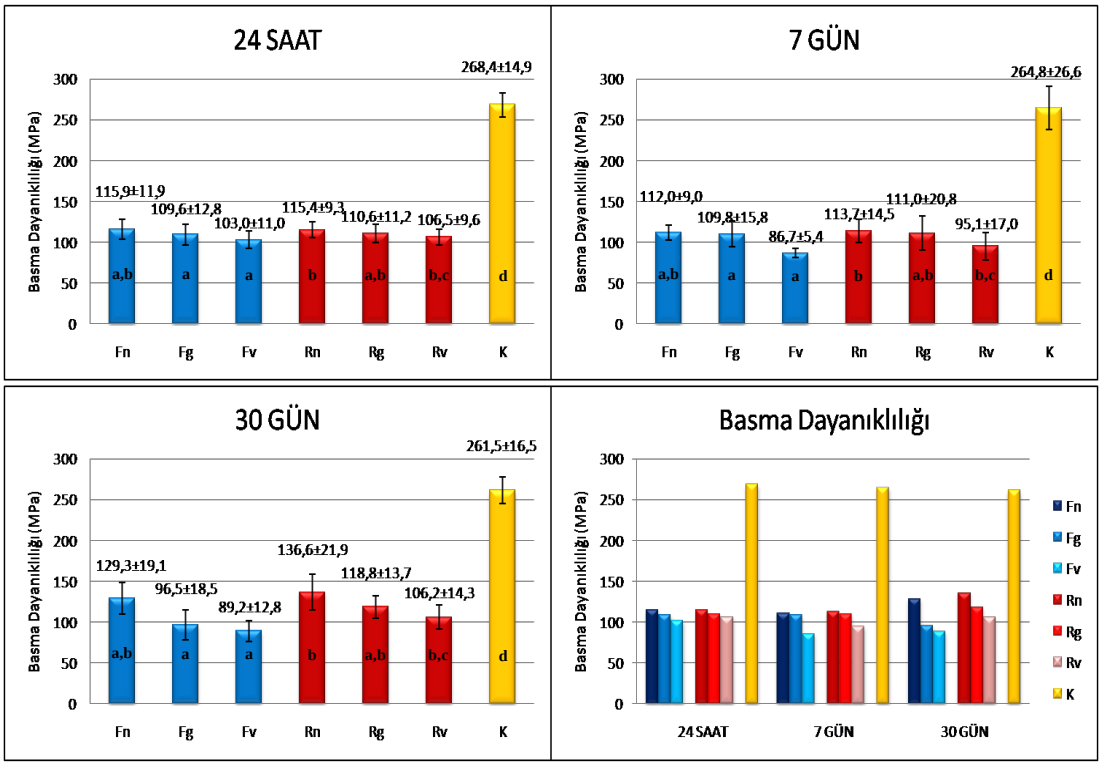
"Rv" grubunda, 24 saat ve 7. gün ile 7. gün ve 30. gün arasındaki farklar anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$). Materyal 7. günde daha yüksek değer gösterirken, 30. günde değerler tekrar 24 saat verileri ile benzer hale geldi.

2.3. Basma Dayanıklılığı Testi (Compressive Strength)

Elde edilen veriler toplu olarak grafik 17'de görülmektedir.

Kompozit grubu, tüm gruplardan anlamlı derecede daha yüksek basma dayanıklılığı göstermiştir ($p \leq 0,05$).

Grafik 17. Farklı zaman dilimlerine göre basma dayanıklılığı test verileri ve standart sapmalarının topluca gösterimi (Grafikler üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



Fuji IX GP eXtra gruplarında, yüzey örtücüsüz olan grup, yüzey örtücü uygulanmış gruplara göre daha yüksek basma dayanıklılığı sonuçları verdi ($p \leq 0,05$).

Riva Self Cure gruplarında, yüzey örtücü uygulanmamış grup, Fuji Varnish uygulanan gruptan daha yüksek basma dayanıklılığı gösterdi ($p \leq 0,05$), ancak G -Coat PLUS grubu ile aralarındaki fark anlamsız bulundu.

Her iki cam iyonomer siman da G-Coat PLUS veya Fuji Varnish ile örtülendiğinde benzer basma dayanıklılıkları gösterdi.

Ölçüm zamanlarına göre basma dayanıklılıkları karşılaştırıldığında; kompozit rezin grubunda basma dayanıklılığı verileri, farklı zaman dilimlerinde değişiklik göstermedi.

"Fn" grubu zaman dilimlerine göre değerlendirildiğinde, değerler arasındaki farklar anlamlı bulundu ve 30 gün sonunda en yüksek basma dayanıklılığı değerlerine ulaşıldı ($p \leq 0,05$).

"Rn" grubunda, 24 saat ve 7. gün ölçümleri benzer olup aralarında herhangi bir fark saptanmazken; 24 saat ile 30. gün ve 7. gün ile 30. gün verileri arasındaki fark anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$). Basma dayanıklılığı, 30 gün sonunda anlamlı derecede daha yüksek bulundu.

"Fg" ve "Rg" gruplarında, zamana göre basma dayanıklılıkları karşılaştırıldığında, zaman dilimleri arasındaki farklar anlamsız bulundu.

"Fv" grubunda, 24 saat ile 7. gün arasında ve 24 saat ile 30. gün arasında anlamlı derecede farklılıklar görüldü ($p \leq 0,05$). En yüksek değer 24 saatte elde edildi, 7. ve 30. günler arasında benzer sonuçlar alındı.

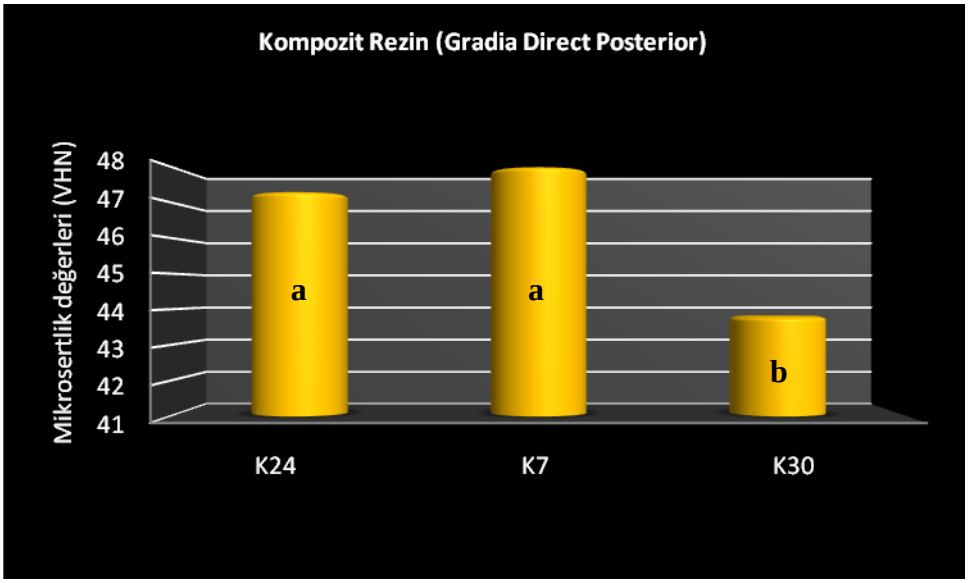
"Rv" kombinasyonu, farklı zaman dilimlerinde benzer basma dayanıklılığı gösterdi. Basma dayanıklılığında zaman geçtikçe belirgin bir artış meydana gelmedi.

Veriler topluca değerlendirildiğinde; yüzey örtücü uygulanmayan her iki cam iyonomer siman grubu da benzer basma dayanıklılığı gösterdi. Yüzey örtücü kullanılmasının basma dayanıklılığının artmasına herhangi bir katkısı olmadığı görüldü.

2.4. Vickers Mikrosertlik Testi

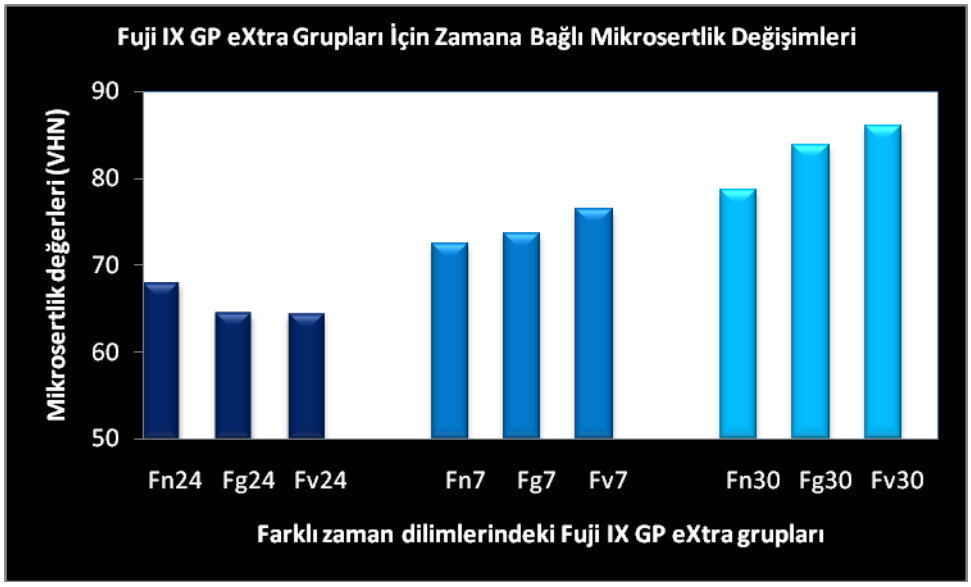
Kompozit rezin grubu tüm zaman dilimlerinde diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve daha düşük mikrosertlik değerleri gösterdi ($p \leq 0,05$) (Resim 53). Kompozit rezin grubunda, 24 saat ve 7. gün verileri arasında fark olmazken, 30. gün ile diğer zaman dilimleri arasında anlamlı farklar gözlendi ($p \leq 0,05$) ve kompozit rezinin sertliği zamanla belirgin şekilde azaldı (Grafik 18).

Grafik 18. Farklı zaman dilimlerine göre, kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).

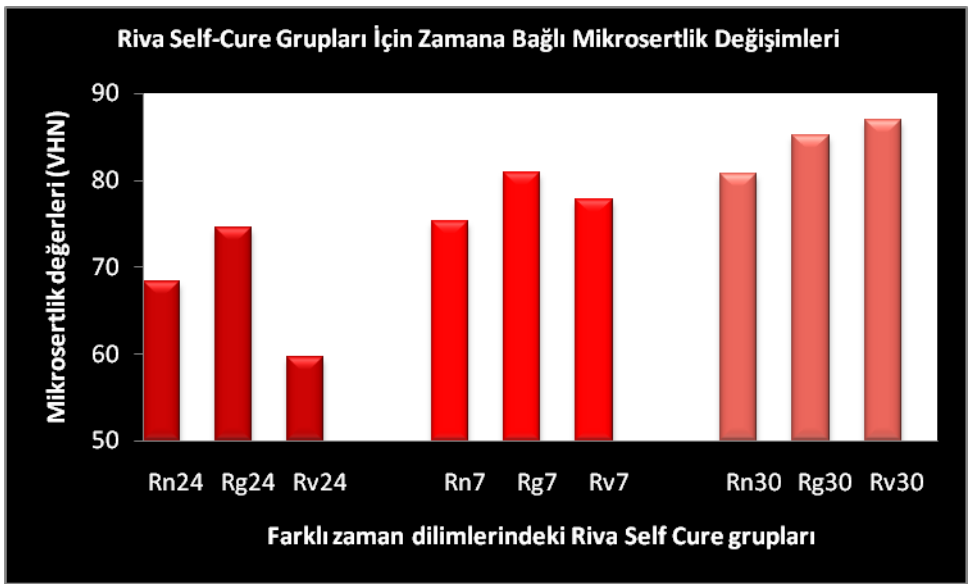


Tüm Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure gruplarında zamana bağlı olarak mikrosertlikler arasında anlamlı farklar gözlendi ($p \leq 0,05$). Mikrosertli k değerleri zaman geçtikçe artış gösterdi (Grafik 19,20).

Grafik 19. Fuji IX GP eXtra gruplarının farklı zaman dilimlerindeki mikrosertlik değerlerinin bir arada görüldüğü grafik.

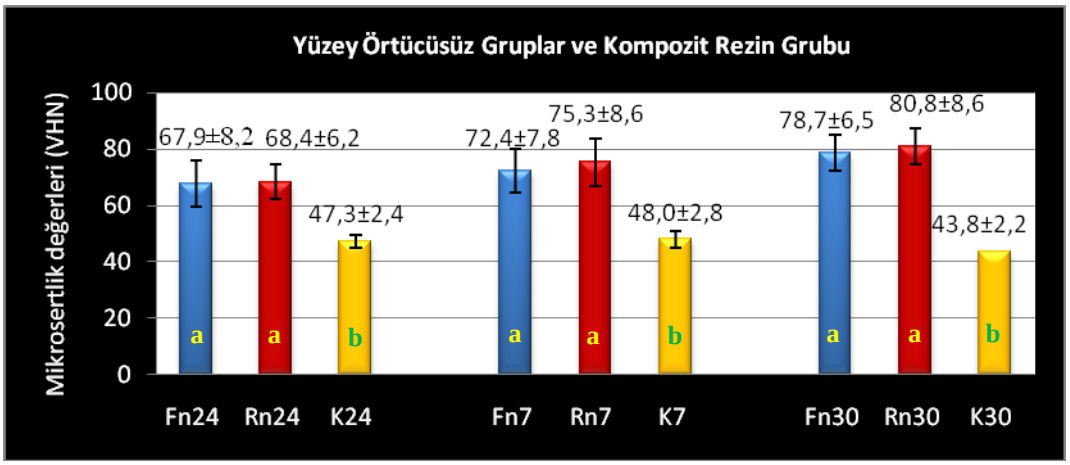


Grafik 20. Riva Self Cure gruplarının farklı zaman dilimlerindeki mikrosertlik değerlerinin bir arada görüldüğü grafik.



Yüzey örtücüsüz "Fn" grubu, "Rg" grubundan anlamlı derecede daha düşük mikro sertlik değerleri gösterdi ($p \leq 0,05$) (Grafik 21) (Resim 54).

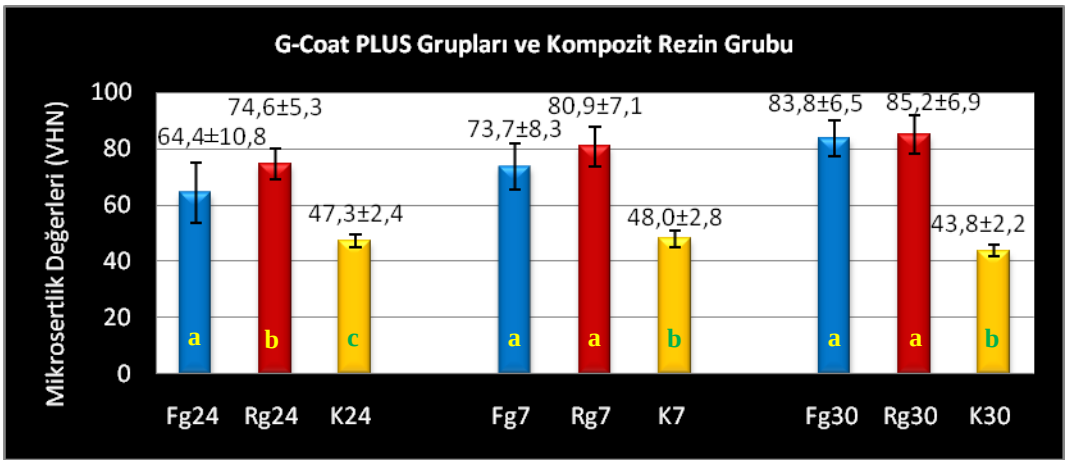
Grafik 21. Farklı zaman dilimlerine göre, yüzey örtücüsüz gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



Yirmidört saatlik verilere göre; "Fv" ile "Rg" grupları arasındaki fark anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$) ve "Rg" grubu daha yüksek mikrosertlik değerleri verdi.

Riva Self Cure gruplarında, G-Coat PLUS ile örtülenmiş olan örneklerin mikrosertlik değerleri daha yüksek bulundu ($p \leq 0,05$). G -Coat PLUS ile örtülenen gruplardan Riva Self Cure grubunun mikrosertlik değeri, Fuji IX GP eXtra grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek bulundu ($p \leq 0,05$) (Grafik 22) (Resim 55).

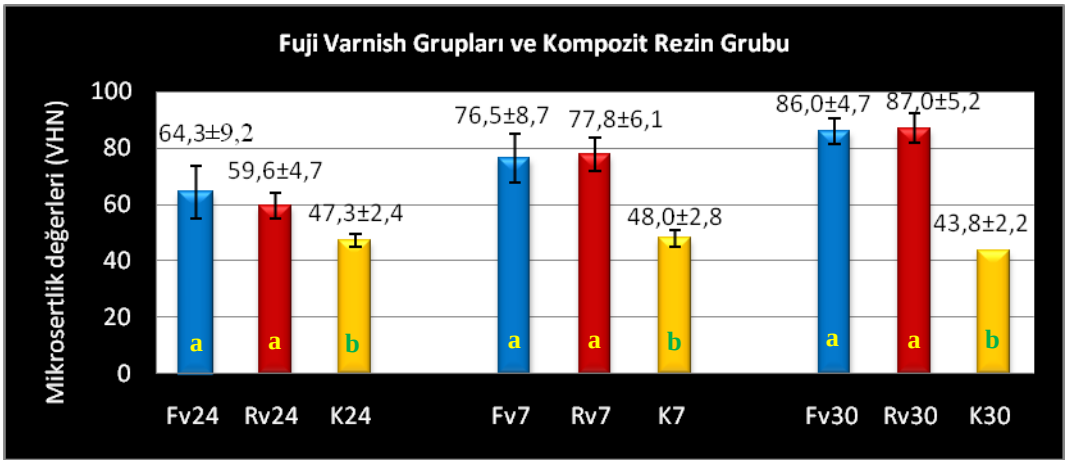
Grafik 22. Farklı zaman dilimlerine göre, G-Coat PLUS uygulanan gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



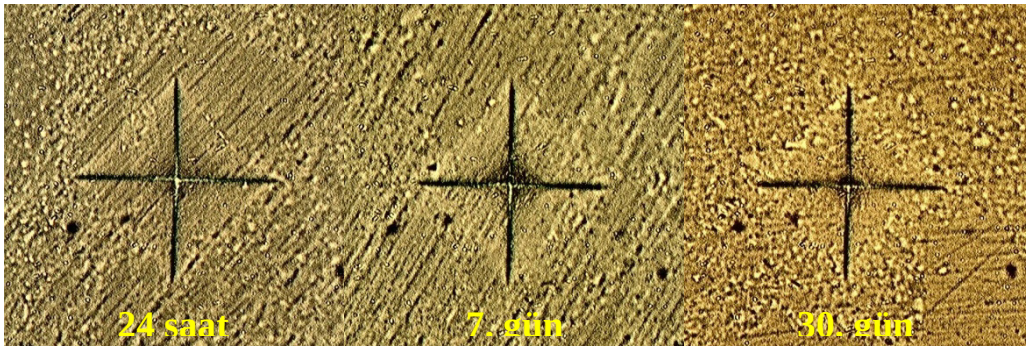
Yedi gün sonunda yapılan testlerde, cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonları arasındaki fark anlamsız bulundu.

Otuz gün sonunda elde edilen veriler göz önüne alındığında; G-Coat PLUS ve Fuji Varnish ile örtülenen cam iyonomer siman gruplarının mikrosertlikleri benzer bulundu (Grafik 23) (Resim 56).

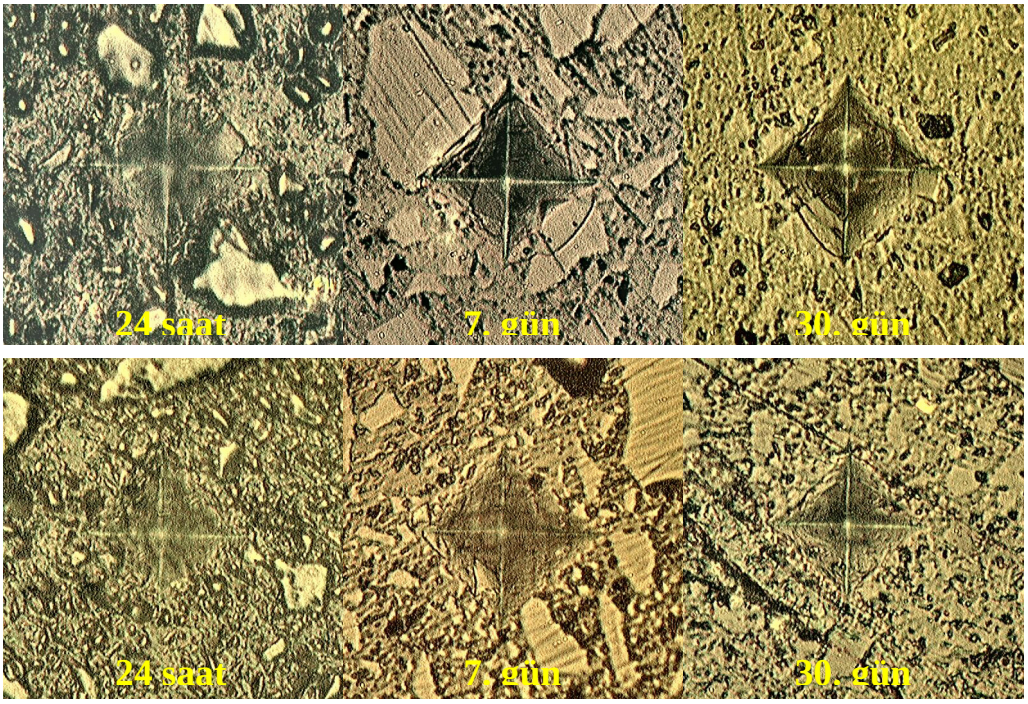
Grafik 23. Farklı zaman dilimlerine göre, Fuji Varnish uygulanan gruplar ile kompozit rezin grubunun Vickers mikrosertlik verileri (Grafik üzerindeki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı olan grupları göstermektedir).



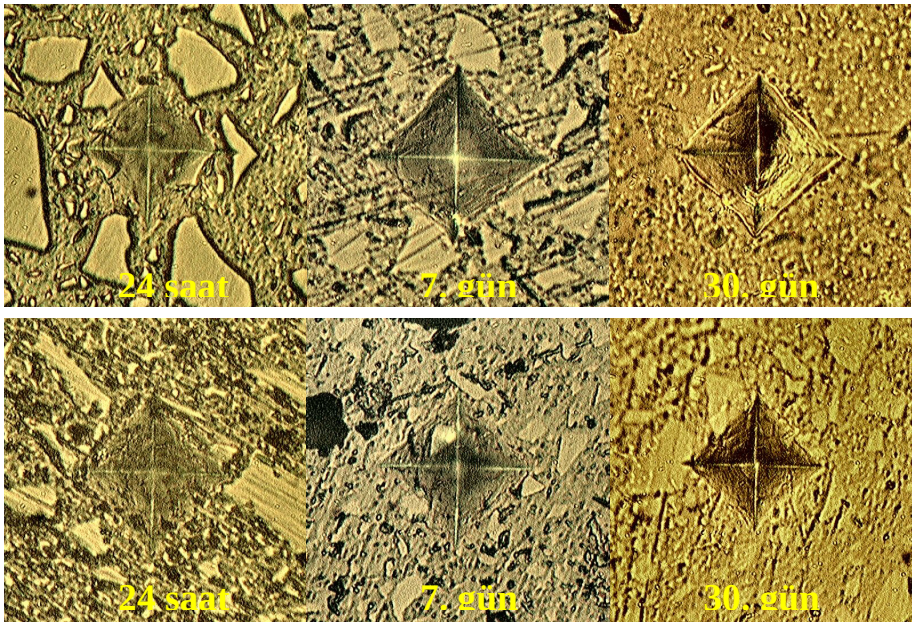
Yüzey örtücü uygulanmayan negatif kontrol grupları arasında mikrosertlik açısından fark gözlenmezken; "Fn" grubunun mikrosertliği, "Rv" grubunun mikrosertliğinden anlamlı derecede daha düşük bulundu ($p \leq 0,05$).



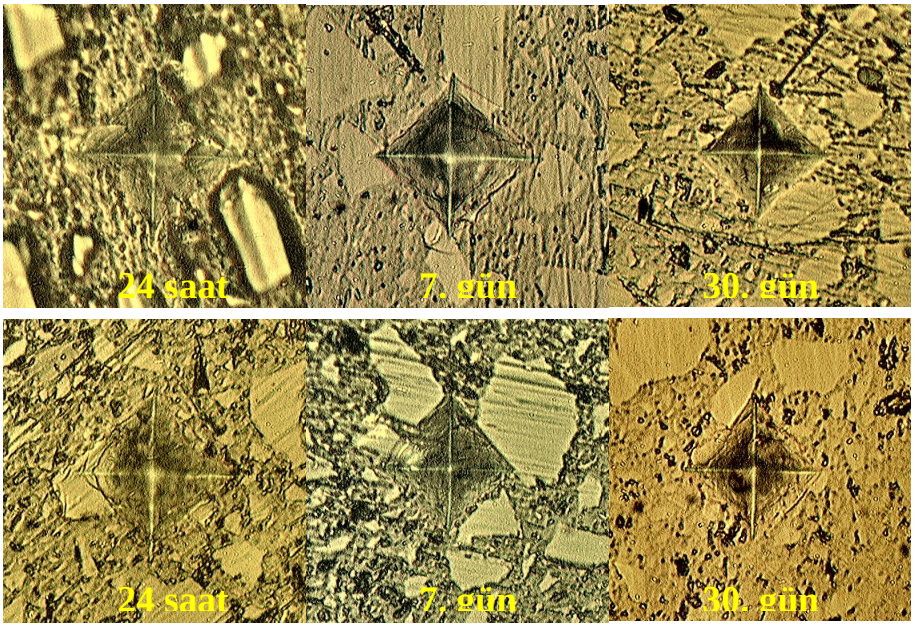
Resim 53. Kompozit rezin örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri.



Resim 54. Yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri.



Resim 55: G-Coat PLUS yüzey örtücü uygulanmış Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri.



Resim 56: Fuji Varnish yüzey örtücü uygulanmış Fuji IX GP eXtra (üst sıra) ve Riva Self Cure (alt sıra) örneklerinin 24 saat, 7. gün ve 30. gün sonunda kaydedilen Vickers mikrosertlik testi görüntüleri.

2.5. Renklenme Testi

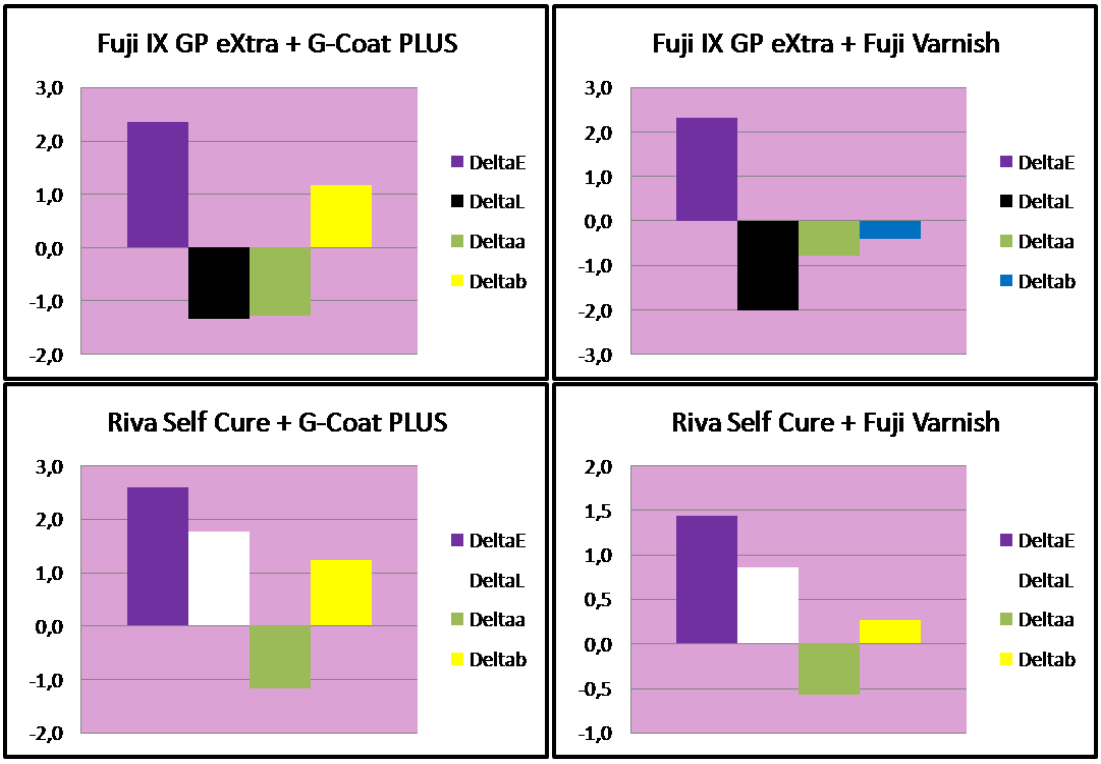
2.5.1. Yüzey Örtücülerin Cam İyonomer Simanların Rengine Etkisi

CIELab renk sisteminde "L" parametresi rengin aydınlık-karanlık boyutunu, "a" parametresi kırmızı-yeşil renk eksenini ve "b" parametresi sarı-mavi renk eksenini ifade eder.

Yüzey örtücü uygulaması sonrasında dört grupta da renk parametrelerinde (ΔL, Δa ve Δb) değişti ve buna bağlı olarak ΔE değerleri de anlamlı olarak değişim gösterdi ($p \leq 0,05$). Grafiklerde, renk parametrelerinin başlangıç değerleri ile yüzey örtücü uygulaması sonrası ölçülen değerleri arasındaki mesafenin açılması, yüzey örtücünün renk değişimine etkisinin daha yüksek olduğunu gösteren bir kriterdir.

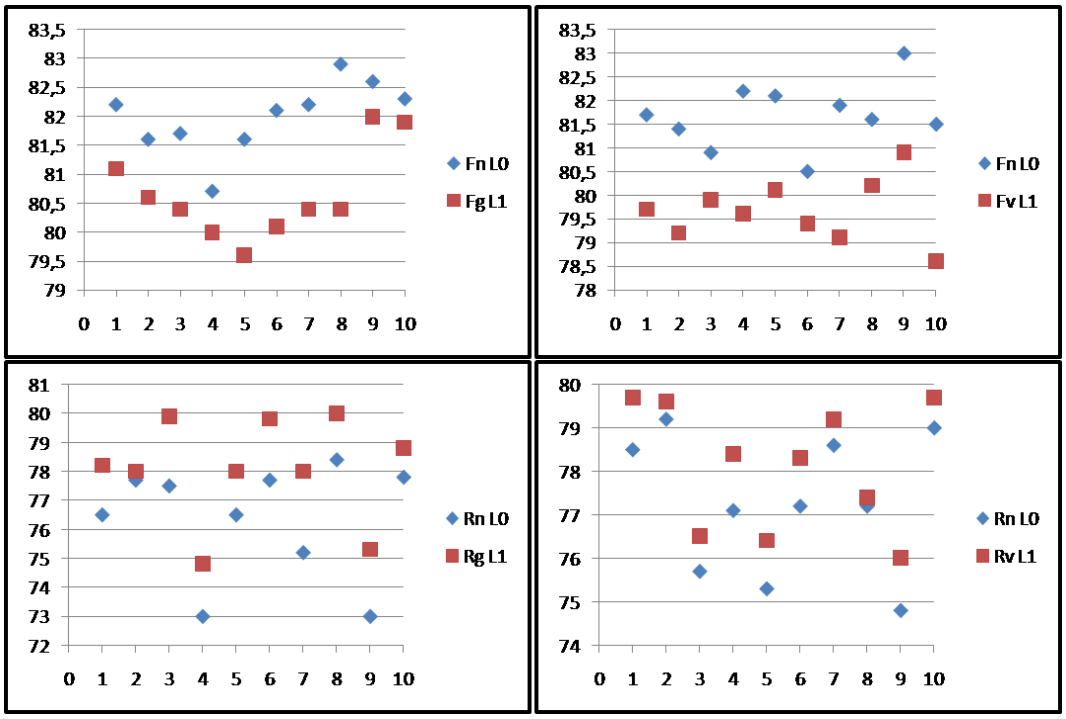
Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanının yüzeyine G-Coat PLUS ve Fuji Varnish uygulamalarının meydana getirdiği renklenmeye ait ΔE değişimleri benzerdir ve aralarındaki fark anlamsızdır. Riva Self Cure cam iyonomer simanının yüzeyine G-Coat PLUS uygulanan grubun ΔE değeri, Fuji Varnish uygulanan grup la karşılaştırldığında anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($p \leq 0,05$). ΔE değerlerindeki bu fark, ağırlıklı olarak G-Coat PLUS'ın aydınlık parametresini ve "b" parametresini pozitif yönde daha fazla etkilemesinden kaynaklanmaktadır. "b" parametresinin pozitif yönde değişmesi rengin sarı-mavi renk ekseninde sarı renk yönünde değişimini ifade eder. Fuji Varnish uygulanan Riva Self Cure grubunda diğer gruplardan anlamlı olarak daha az renk değişikliği oluştuğu görüldü ($p \leq 0,05$). Diğer üç gruptaki renk değişim miktarları (ΔE) birbirine çok yakın bulundu ve anlamlı bir fark görülmedi (Grafik 24).

Grafik 24. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası Δ değerlerindeki değişime bağlı olarak değişen rengin sayısal ifadesi ve yönü.



Yüzey örtücü uygulaması sonrası Fuji IX GP eXtra ve Riva Self Cure cam iyonomer simanlarının "L" parametresindeki değişimleri karşılaştırldığında, Riva Self Cure grupları yönünde anlamlı olarak daha yüksek çıktı ($p \leq 0,05$). Fuji IX GP eXtra gruplarında her iki yüzey örtücünün uygulanmasından sonra, aydınlık parametresinin (L) azaldığı gözlenirken, Riva Self Cure gruplarında aydınlık parametresinin arttığı saptandı. Aydınlık parametresi en fazla Riva Self Cure + G-Coat PLUS uygulamasında artarken, Fuji IX GP eXtra yüzeyine Fuji Varnish uygulamasında aydınlık parametresi en fazla düşüşü gösterdi (Grafik 25).

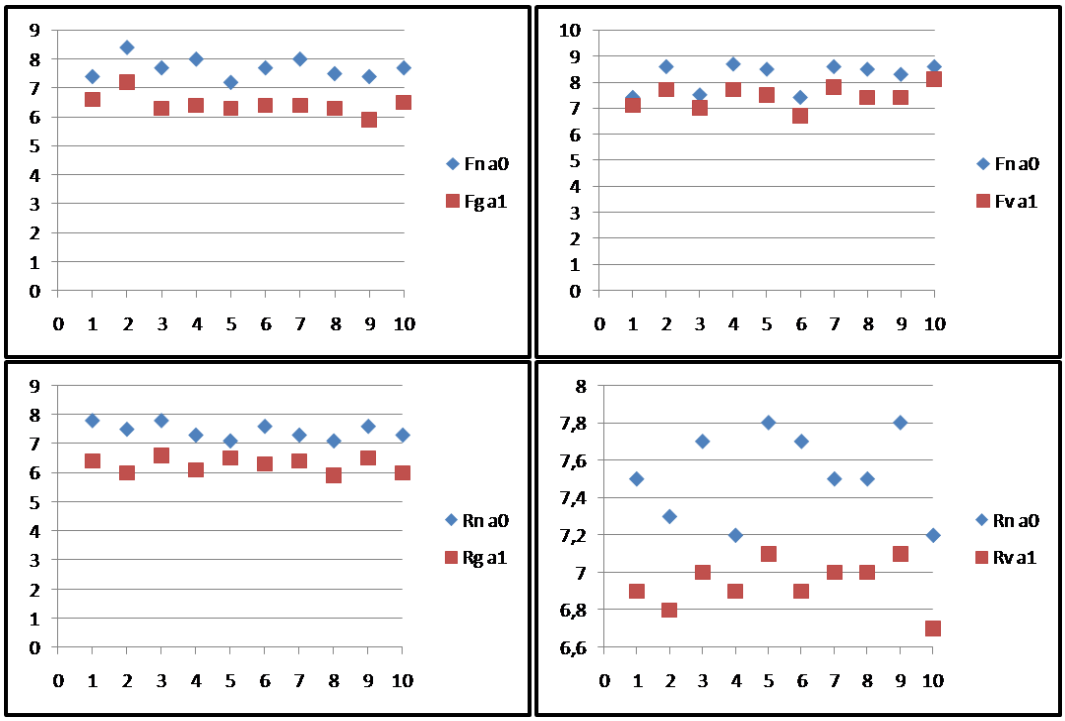
Grafik 25. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "L" parametresinde meydana gelen değişimler.



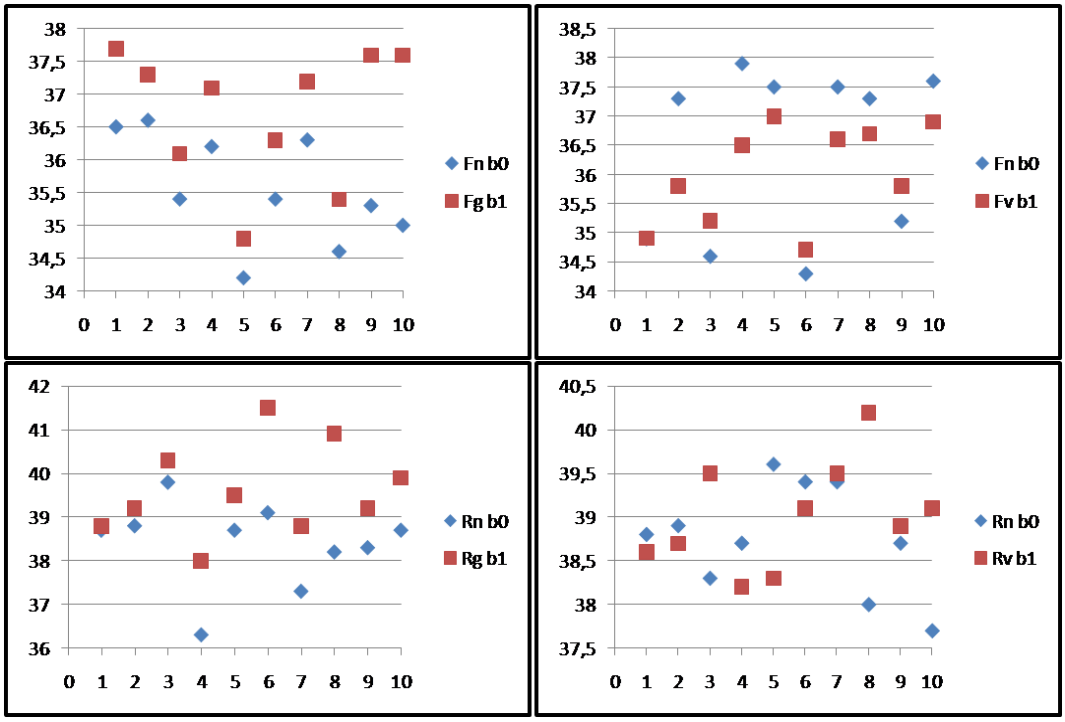
Her iki yüzey örtücü uygulaması, her iki cam iyonomer simanın da rengini kırmızı-yeşil renk ekseninde negatif (yeşil) yönde değiştirdi.Δa parametresi, G -Coat PLUS uygulamasında, Fuji Varnish uygulamasına nazaran anlamlı olarak daha düşük sayısal değer gösterdi ($p \leq 0,05$). Tüm gruplarda "a" parametresindeki değişim, homojen bir yapı sergiledi (Grafik 26).

Fuji Varnish uygulanan Fuji IX GP eXtra grubu hariç, diğer gruplarda renk sarı-mavi renk ekseninde pozitif yönde (sarı) değişim gösterdi. G-Coat PLUS uygulaması her iki cam iyonomer simanın "b" parametresini de benzer şekilde pozitif yönde etkiledi ve aralarındaki fark anlamsız bulundu. Fuji Varnish uygulanan gruplarda renk değişimleri sarı-mavi renk ekseninde farklı yönlerde bulundu ama aralarındak fark anlamsızdı (Grafik 27).

Grafik 26. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "a" parametresinde meydana gelen değişimler.



Grafik 27. CIELab renk sisteminde, yüzey örtücü uygulaması sonrası "b" parametresinde meydana gelen değişimler.



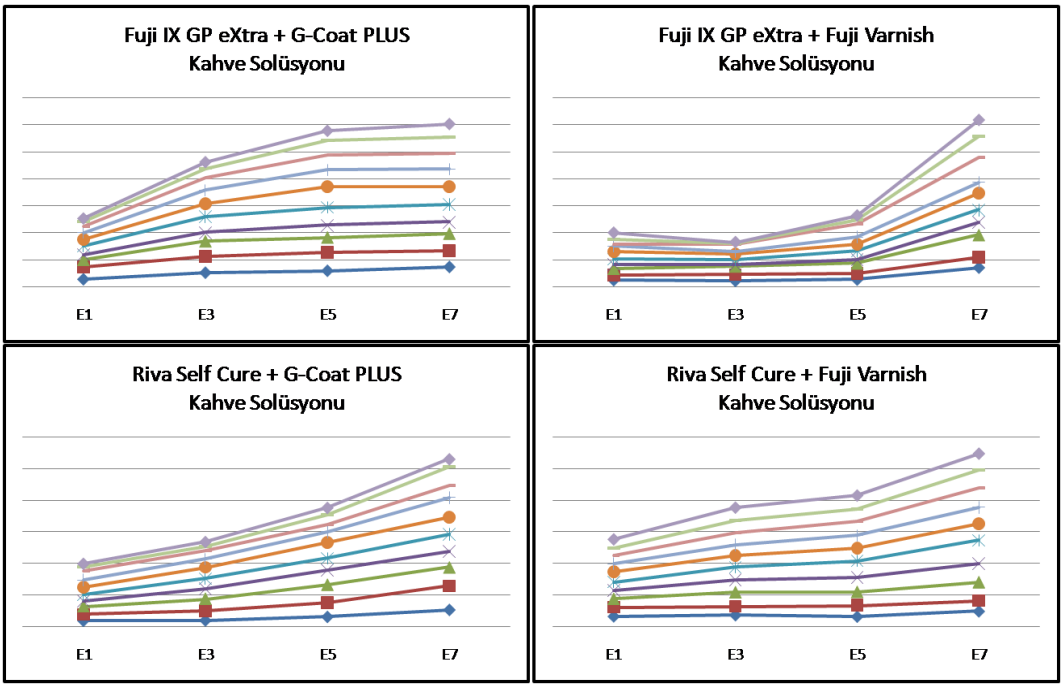
Sonuç olarak, Riva Self Cure gruplarında yüzeye G-Coat PLUS uygulandığında renk değişiminin daha fazla olduğu ve her iki yüzey örtücü uygulamasının rengi olumlu yönde etkilediği görüldü. Buna karşın, Fuji IX GP eXtra gruplarında her iki yüzey örtücü de benzer renklenme etkisi gösterdi ve renk parametreleri genel olarak düştü.

2.5.2. Renklendirici Ajanların Cam İyonomer Siman ve Yüzey Örtücü Kombinasyonlarının Rengine Etkisi

Kahve solüsyonunda bekletilen gruplar genel olarak değerlendirildiğinde; çoğunlukla 1. günden 7. güne kadar renklenmenin kademeli olarak arttığı görüldü. Rengin aydınlık boyutu ΔL (parametresi)özg önüne alındığında, kahve solüsyonunun kola solüsyonuna kıyasla 7. gün sonunda aydınlık değerinin azalmasına bağlı olarak renklendirme etkisinin daha fazla olduğu, dolayısıyla renk farklılık düzeyini belirten ΔE değerinin de arttığı görüldü.

Kahve solüsyonu ile renklendirilen gruplarda; 1. gün ve 7. gün ölçümlerine göre karşılaştırma yapıldığında, renklenme düzeylerinde anlamlı bir fark görülmedi. Ancak 3. günde “Fg” ile “Rg” ve “Fv” ile “Rv” grupları arasındaki renk değişimleri anlamlı derecede farklıydı ($p \leq 0,05$). En fazla renk değişimi “Fg” grubunda ölçülürken, “Rv” grubunun renklenmesi “Fv” grubuna göre anlamlı olarak daha fazlaydı ($p \leq 0,05$). Beşinci gün ölçümleri sonucunda; “Fg” diğer gruplardan anlamlı olarak daha yüksek renk değişim değeri gösterdi ve “Rv” grubu da “Fv” grubuna göre anlamlı düzeyde daha fazla renklendi ($p \leq 0,05$) (Grafik 28).

Grafik 28. Kahve solüsyonunda bekletilen grupların 1.-3.-5. ve 7. günlerdeki renk değişimleri (ΔE).



Yedi gün sonunda, "Fg" ile "Fv" ve "Rg" ile "Rv" gruplarının renklenme düzeylerinin benzer olduğu görüldü. "Fg" ve "Fv" gruplarında 7. günde aydınlık boyutundaki değişimin negatif yönde benzer olduğu ve Riva Self Cure gruplarından anlamlı olarak daha düşük olduğu görüldü ($p \leq 0,05$).

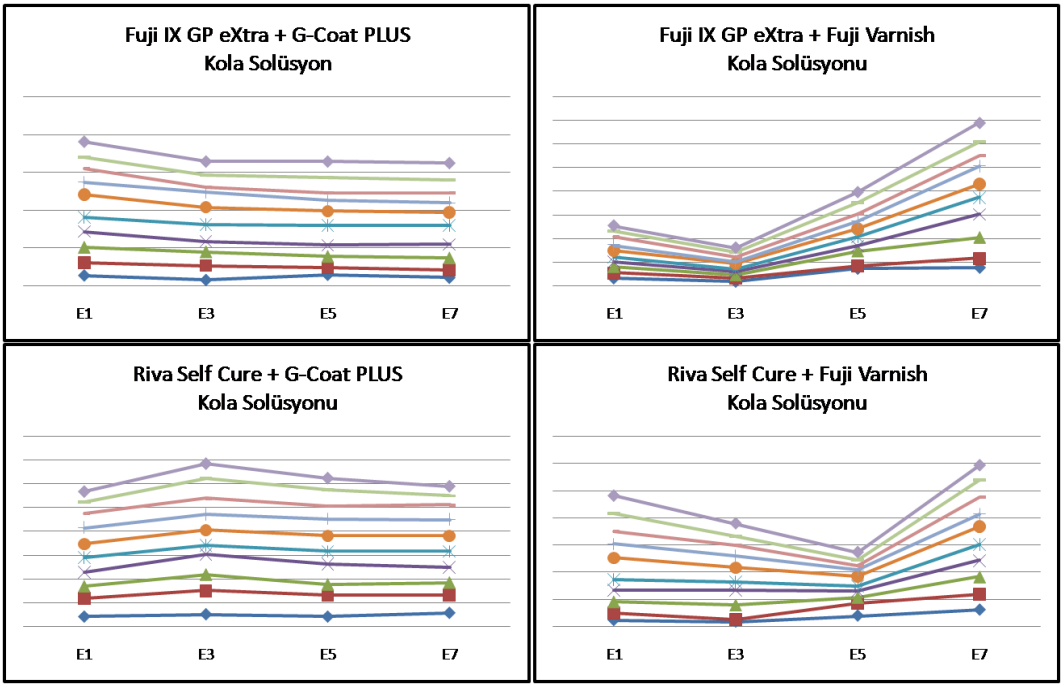
"Rv" grubu hariç, kahve solüsyonunda bekletilen gruplarında Δa değerleri başlangıçtan 7. güne kadar pozitif yönde (kırmızı) artış gösterdi.

"Fg", "Rg" ve "Fv" grupları 7. günde, kırmızı-yeşil (a) ve sarı-mavi (b) renk eksenleri üzerinde pozitif yönde artış gösterirken (sarı), Rv grubunda "a" ve "b" parametreleri negatif yönde en düşük değeri sergiledi ve bu değerler "Fg", "Rg" ve "Fv" gruplarından anlamlı olarak daha düşüktü ($p \leq 0,05$).

Kola solüsyonunda bekletilen gruplarda, "Fg" ve "Rg" grupları arasında 1.-3. ve 5. günlerdeki ΔE farkları anlamlıyken ($p \leq 0,05$), 7. gündeki fark anlamsız bulundu. Rengin aydınlık boyutu (ΔL), her iki grupta da 3. günde artış gösterdi ancak 7. güne

kadar azaldı. “Fg” ve “Rg” gruplarında “b” parametresi farkının tüm ölçüm zamanlarında negatif (mavi) olduğu ve 7. günde en düşük değerine ulaştığı görüldü (Grafik 29).

Grafik 29. Kola solüsyonunda bekletilen grupların 1.-3.-5. ve 7. günlerdeki renk değişimleri (ΔE).



Kola solüsyonunda bekletilen “Fv” ve “Rv” grupları arasında renk değişim miktarları (ΔE) 1. günde anlamlı olarak farklıydı ($p \leq 0,05$) ve bu fark rengin “a” ve “b” parametrelerindeki değişimden kaynaklanmaktaydı. Buna karşın, diğer ölçüm günlerinde benzer renklenme değerleri gözlendi. “Fv” grubunda rengin aydınlık boyutu (ΔL) 3. günde arttı ve 5. -7. günlerde azaldı. “Rv” grubunda ise bu artış 5. güne kadar devam etti ve 7. günde azaldı.

Kola solüsyonunda bekletilmiş Riva Self Cure gruplarında, renk değişimleri arasındaki fark 1. ve 7. günlerde benzerken, 3. ve 5. günlerde anlamlı olarak farklı bulundu ($p \leq 0,05$). Fuji IX GP eXtra grupları arasında bir değerlendirme yapıldığında, 7. gündeki renklenme “Fv” grubunda anlamlı olarak daha fazla bulundu ($p \leq 0,05$).

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

1. *İN-VİVO* BÖLÜM

Modern konservatif diş hekimliği, minimal invaziv teknik ve remineralizasyon etkisi gösteren adeziv restoratif materyaller üzerine odaklanmıştır (137). Geleneksel cam iyonomer simanlarla yapılan *in-vitro* çalışmalar, bu materyalin flor salma ve reşarj olma potansiyelini ortaya koymuştur. Bu durum, cam iyonomer simanların çürük önleyici özelliğinin ve remineralizasyon etkiliğinin klinik açıdan da önemli olduğunu düşündürmektedir (66,100). Cam iyonomer simanların amalgam ve kompozit rezin ile karşılaştırıldığında, en önemli dezavantajları düşük kırılma dayanıklılıkları ve yüksek aşınma potansiyelleridir. Yıllar içinde kompozisyonlarına metal partiküllerin eklenmesi cam iyonomer simanların dayanıklılığına katkıda bulunamamıştır (143). Bu sebeple, cam iyonomer simanlar, Sınıf II restorasyonlar için tercih edilebilecek bir materyal olarak ön plana çıkmamıştır (143,167).

Mjör ve arkadaşları (129), kavite tipinden ve materyalden bağımsız olarak cam iyonomer simanlar için ortalama 3 yıllık bir klinik ömür bulmuşlardır. Otuz yaş üstü bireylerde bu ömür ortalama 5,5 yıl olarak belirlenmiştir. Hickel ve Manhart'ın (81) kaynakça derlemesinde, cam iyonomer simanlar için yıllık başarısızlık oranı %1,4-14 arasında bildirilmiş ve birincil başarısızlık nedeni olarak tüberkül kırıklarını belirtmişlerdir. Mjör ve Moorhead (130), posterior cam iyonomer siman restorasyonların başlıca yenilenme nedenlerinin ikincil çürükler olduğunu ve bunu tüberkül kırıklarının ve kenar sırt kırıklarının izlediğini bildirmişlerdir.

1995 yılında, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar piyasaya sürülmüştür. Bu materyallerin geliştirilme sebeplerinden biri, gelişmekte olan ülkelerde posterior

dişleri ART tekniği ile restore edebilmektir (76). Bu materyaller, Sınıf I restorasyonlarda umut verici sonuçlar sergilemelerine karşın (65,66,219), Sınıf II restorasyonlarda 3 yıllık takip sonuçlarında yüksek başarısızlık oranları göstermektedir (27,189).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, yüksek çürük riskine sahip bireylerde, fiziksel ve mental engeli olan kişilerde, geriatrik hastalarda ve süt dişlerinde daimi restoratif materyal olarak tercih edilebilecekken; özel durumu olmayan bireylerde açık ve kapalı sandviç tekniğinde kaide materyali olarak kullanılmalarının daha uygun olacağı bildirilmiştir (27,54).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarla yapılmış ART tekniğine yönelik çalışmalar sıklıkla görülmesine karşın (65,167,112,181,189,219), Sınıf II restorasyonların uzun dönemli klinik başarısına yönelik çalışmaların sayısı oldukça azdır.

Klinik çalışmalardaki en büyük zorluk, kontrollere düzenli gelebilecek hasta grubu oluşturabilmektir. Hastaların çalışma süresince değişebilecek sosyal koşulları mutlaka göz önüne alınmalıdır. Çalışmamızda, bu nedenlerle kliniğimize yakın bölgelerde ikamet eden hastaları seçmeye özen gösterdik.

Aynı ağızda dört adet uygun (ikincil çürüklü ya da hijyenik olmayan restorasyonlar ve daha önce restore edilmemiş yeni gelişmiş çürüklü dişlerden orta boyutta Sınıf II kaviteye sahip dişler) diş bulabilmenin zorlukları nedeniyle bazı restorasyonlar küçük okluzal kavitelere yapılırken, bir kısmı da orta boyuttan geniş Sınıf II kavitelere yapılmıştır. Bu sebeplerle ve restorasyon sayısını azaltmamak amacıyla, restorasyonların kombinasyonlara ve kavite şekillerine bağlı yüzdesel dağılımları eşit olamamıştır. Amacımız ağırlıklı olarak yüksek viskoziteli cam

iyonomer simanların G-Coat PLUS ile örtülendiği Sınıf II restorasyonların klinik performansını incelemek olduğu için, restorasyonların çoğu bu gruplardan oluştu.

Çalışmamıza benzer kaynaklar incelendiğinde, bu çalışmaların ağırlıklı olarak süt dişlerinde ve/veya ART yöntemi ile uygulandığı görülmektedir. Daimi dişlerde yapılmış uzun dönemli çalışmaların azlığı karşılaştırma yapılmasını zorlaştıran bir diğer etkendir. Bu nedenle, bizim çalışmamızda karşılaştırma yapabilmek için ana kriter olarak özellikle yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarla restore edilmiş çok yüzlü restorasyonlara yönelik çalışmalar tercih edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, 18 aylık takip süreci içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Takip sürecinin uzun olmasının daha güvenilir sonuçlar vereceğinin bilinmesine rağmen, çalışmamızda restorasyonların yapımı ve takibi için mevcut sürecimiz göz önüne alındığında, 18 aylık bir takip süresini yeterli gördük.

Scholtanus ve Huysmans'ın (179) yaptığı 6 yıl takipli bir klinik çalışmada, 32 OM, 39 OD ve 45 MOD kavite, Fuji IX GP kapsül cam iyonomer simanla poliakrilik asit yüzey düzenleyici kullanılarak restore edilmiş ve restorasyon yüzeyine ışıkla serleşen Fuji LC Varnish uygulanmıştır. On sekiz ay sonunda bir başarısızlık görülmezken, 36. ayda restorasyonların %5'i başarısız olmuştur. Yetmiş iki ay sonunda ise, başarısızlık oranı %40 olarak bulunmuştur. Başarısızlığın başlıca nedeni kontak alanında oluşan madde kayıplarıdır. Gıda sıkışması durumu sıkça görülmüş ve birçok hasta bu şikâyeti dile getirmiştir. Restorasyonların hiç birinde klinik düzeyde görülebilir okluzal aşınma, tüberkül kırığı ve ikincil çürük oluşumuna rastlanmamıştır.

Frankenberger ve arkadaşları (58), yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların iki yıllık klinik performansını inceledikleri çalışmalarında, 21 adet Sınıf I ve 94 adet Sınıf II kaviteyi Ketac Molar Maxicap kapsül cam iyonomer siman ile kaviteye

yüzey düzenleyici (Ketac Conditioner) uygulandıktan sonra restore etmişlerdir. Restorasyonlar ön sertleşme tamamlanana kadar ışıkla polimerize olan Ketac Glaze ile örtülenmiştir. Beş dakika sonra döner aletlerle okluzal düzenleme yapılıp, tekrar Ketac Glaze sürülmüş ve restorasyonlar 24 ay süreyle USPHS kriterlerine göre değerlendirilmiştir. On iki ay sonunda 54 restorasyon ve 24 ay sonunda 26 restorasyon kontrol edilebilmiştir. Kontrol edilemeyen restorasyonların 52 tanesi hastalara ulaşılamaması, 10 tanesi protetik nedenler ve 2 tanesi de çekim nedeniyle takip edilememiştir. Yani çalışma boyunca, %76 olgu kaybına uğramışlardır. Yirmi dört ay sonunda başarısızlık oranları, Sınıf I restorasyonlarda %8 ve Sınıf II restorasyonlarda %40 olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonunda, Sınıf II restorasyonların 17 tanesi yenilenmiştir (tüberkül kırığı=9, hassasiyet=4, aralık oluşumu=3, diş kırığı=1 ve restorasyonun tamamen düşmesi=1).

Yılmaz ve arkadaşları (218), yüksek viskoziteli bir cam iyonomer simanı (Fuji IX) firma talimatlarına göre karıştırarak (toz-likit oranı 1:1) restore ettikleri süt dişlerini (toplam 68 adet Sınıf I ve II restorasyon) ön sertleşme sürecinde Final Varnish (Voco, Cuxhaven, Almanya) ile örtülemişler ve 12 ay boyunca takip etmişlerdir. Değerlendirmede USPHS kriterleri kullanılmıştır. On iki ay sonunda 67 restorasyon değerlendirilebilmiştir. Renk uyumu kriterinde tüm restorasyonlar A skoru alırken; Kenar renklenmesi kriterinde 12 ay sonunda, Sınıf I ve II restorasyonlar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Sınıf I restorasyonların %85,3'ü ve Sınıf II restorasyonların %51,5'i A skoru almıştır. Sadece, Sınıf II restorasyonların %3,1'i C skoru almıştır. Anatomik form ve kenar uyumu kriterlerinde C skoru alan restorasyon olmamıştır. On iki ay sonunda, Sınıf I restorasyonlarda sadece 1 ve Sınıf II restorasyonlarda ise 3 dişte ikincil çürük görülmüştür. On iki ay sonunda, 4 restorasyon (%5,97) yenilenmiştir.

Ersin ve arkadaşlarının (53), bir kompozit rezin (Surefil, Dentsply/DeTrey, Konstanz, Almanya) ve bir yüksek viskoziteli cam iyonomer simanı (Fuji IX GP, GC Europe, Leuven, Belçika) karşılaştırdıkları ve ART yöntemini kullanıldıkları çalışmalarında; restorasyonların %17,8'i kontrol edilememiş ve 344 Sınıf I ve II restorasyonu 24 ay takip etmişlerdir. Altı ay sonunda; Sınıf I restorasyonlarda her iki materyalde de %100 başarı elde edilirken, Sınıf II restorasyonlarda cam iyonomer simanda %90,2 ve kompozit rezinde %92,3 oranında başarılı sonuç alınmıştır. On ikinci ayda, Sınıf I cam iyonomer siman restorasyonlarda %100 ve kompozit rezinlerde %98 başarı elde edilmiştir. Sınıf II restorasyonlarda ise, başarı oranları sırasıyla %83,1 ve %87,5 bulunmuştur. Yirmi dördüncü ayda; Sınıf I restorasyonlarda cam iyonomer siman ve kompozit rezin için sırasıyla %96,7 ve %91'lik başarı oranları ve Sınıf II restorasyonlarda sırasıyla %76,1 ve %82'lik başarı oranları elde edilmiştir. Sınıf I restorasyonlar istatistiksel olarak daha başarılı bulunmuştur.

Cefaly ve arkadaşlarının (29) yaptığı ART çalışmasında, yüksek viskoziteli bir cam iyonomer simanla (Ketac Molar, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve bir rezin modifiye cam iyonomer simanla (Fuji VII, GC Corp, Tokyo Japonya) restore edilmiş çok yüzlü 60 kavite yer almaktadır. Altıncı ayda tüm restorasyonların beraber değerlendirildiği durumda, başarı oranları sırasıyla %98 ve %97'dir. On ikinci ay sonunda, Ketac Molar ile restore edilen grupta %100 başarı oranı görülürken, bu oran Fuji VII grubunda %93'tür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir.

ART yönteminin uygulandığı çalışmalardaki bir yıllık sonuçlar karşılaştırıldığında, bir yüzlü restorasyonlarda daimi dişlerde (%93-96) (59,61,61,189,162) başarı oranı süt dişlerine (%82-95) (61,110, 124,189,219) oranla

daha yüksektir. Bununla birlikte, çok yüzlü restorasyonlarda bu durum, daimi dişlerde %67 (61) iken, süt dişlerinde %55-75 arasındadır (61,110,189,219).

Gürgan ve arkadaşlarının (77), Fuji IX GP eXtra ve G-Coat PLUS kombinasyonunu ve Gradia Direct kompozit rezini kullandıkları çalışmalarında, 26 hastada toplam 60 adet restorasyon yapmışlardır. Restorasyonlar, 1 hafta ve 6 ay sonunda iki bağımsız gözlemci tarafından USPHS kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Altıcı ayda 58 restorasyon değerlendirilmiş ve retansiyon kaybı, anatomik form, ikincil çürük, aşınma, yüzey pürüzlülüğü, hassasiyet ve renk uyumu kriterlerinde Alpha skoru almışlardır. Kenar uyumu kriterinde, cam iyonomer siman grubunda 4 ve kompozit rezin grubunda 5 restorasyon Bravo skoru almıştır. Ayrıca, kenar renklenmesi kriterinde, cam iyonomer siman grubunda 1 ve kompozit rezin grubunda 2 restorasyon Bravo skoru elde edilmiştir. Ancak bu iki kriter için gruplar arasındaki farklar anlamsız bulunmuştur. Altı ay sonunda, cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonundan oluşan restoratif sistem, kompozit rezin grubu kadar başarılı bulunmuştur.

Çalışmamızda, G-Coat PLUS uygulanmış 90 adet Sınıf II ve 34 adet Sınıf I restorasyon; GC Varnish uygulanmış 51 adet Sınıf II ve 73 adet Sınıf I restorasyon takip edilebildi. On sekiz ay sonunda, "Fg" grubunda 5 (%8,1), "Fv" grubunda 2 (%3,2), "Rg" grubunda 1 (%1,6) ve "Rv" grubunda 1 (%1,6) restorasyon olmak üzere toplam 9 restorasyon (%3,6) başarısız olduğu için yenilendi. Tüm restorasyonlar beraber değerlendirildiğinde; başarısızlık oranı %3,6 olarak bulundu ve bu oran kaynakça derlemelerinde ortaya çıkan %1,4-14 olarak belirtilen başarısızlık oranları ile uyumludur. Restore edilen Sınıf I restorasyonlarda başarı oranı %100 iken, Sınıf II restorasyonlarda bu oran %96,4 olarak bulundu.

Sınıf II restorasyonlardaki bu başarısızlığın nedeninin, kavitelerin orta boyuttan daha geniş olması olduğunu düşünmekteyiz. Eğer küçük ve orta boyutlu Sınıf II kavitelerle bu çalışma yapılmış olsaydı, başarısızlık oranının daha düşük olacağı kanısındayız.

Çalışmamızda, ikincil çürük, yüzey pürüzlülüğü, kenar renklenmesi ve hassasiyet kriterleri değerlendirildiğinde; başarısız olan, yani C skoru alan, restorasyon bulunmadı ve buna bağlı olarak gruplar arasında fark gözlenmedi. Yüksek çürük riskine sahip, restorasyonlu ve çürüklü dişleri fazla sayıda olan hastalarda bile ikincil çürük gelişmemesi bu materyali amalgam ve kompozit rezine göre avantajlı kılmaktadır.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında; yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonlarının Sınıf I kavitelerde endike olduğunu, ancak küçük ve orta boyutlu Sınıf II kavitelerde, özellikle yüksek çürük riskine sahip bireylerde daha başarılı bir şekilde kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

2. *İN-VİTRO* BÖLÜM

2.1. Diş Fırçası Abrazyonu Testi

Abrazyon testleri iki boyutlu (two-body) ve üç boyutlu (three-body) aşınma testleri olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır.

İki boyutlu aşınma testleri, diş fırçası abrazyonu ya da pin-on-disc-type aparat kullanılarak uygulanan abrazyon testleridir.

Üç boyutlu aşınma testleri sıklıkla ACTA aşındırma cihazı ile uygulanır. Bu cihaz motorla çalışan ve üzerinde 10 ile 20 arasında değişebilen paslanmaz çelik bölmeler içeren bir silindirik döner tekerin sistemi tamamlayan ikinci bir döner

paslanmaz çelik teker ile belli bir kuvvetle sürtünmesi prensibine dayanarak çalışır. Ayrıca pirinç ya da kuş yeminden oluşturulan bir bulamaç, bu silindirler arasında sürtünme sırasında ağız içindeki yiyeceklerin aşındırma etkisini taklit etmek üzere sistemde yer alır. ACTA aşındırma cihazında yapılan üç boyutlu aşındırma testi, ağız içindeki çok fonksiyonlu koşulları taklit edebilmesi açısından materyallerin aşınma potansiyellerini iki boyutlu aşınma testlerine nazaran daha doğru olarak değerlendirmemizi sağlamaktadır. Fakat, cihazın pahalı olması ve bölmelere uygun şekilde yerleştirilen materyallerle birlikte silindirik tekerleklerin kalibrasyon için firmaya gönderilmesi de maliyetli ve zaman alıcı olduğundan zor ve zahmetli bir testtir. ACTA cihazı ile uygulanan kuvvet ve elde edilen aşınma değerleri diş fırçası abrazyonuna göre daha yüksektir. Ağız içindeki durum göz önüne alındığında, restoratif materyallerin aşınmasında etkili olan birçok faktör varken, diş fırçasına bağlı aşınma değerleri bunlardan sadece biridir ve aynı sürede oluşacak aşınma miktarını tam olarak yansıtmasa da, bilgi vermektedir.

Bonifacio ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (21), on bölmeli paslanmaz çelik teker ve pH'ı 7 olan kuş yemi ve pirinçten oluşan bulamaç kullanılmıştır. Sistemde 15 N'luk kuvvet 200000 siklus (55 saat) boyunca uygulanmıştır. Ketac Molar Easymix ve Fuji IX kontrol grubu olarak birer bölmeye yerleştirilirken, elle karıştırılan Riva, Hi Dense, Vitro Molar ve Maxxion cam iyonomer siman örnekler ikişer bölmeye yerleştirilmiştir. Örneklerin yer aldığı teker 1 yıl boyunca 37ºC'de saklanmıştır. Testler tekerleğin hazırlanmasından 6 saat, 4 gün, 63 gün ve 365 gün sonra olmak üzere dört farklı zaman diliminde uygulanmıştır. Her test sonrası materyaller teker üzerinden ayrılmadan dublikatları elde edilmiştir. Birinci günden 1 yıla kadar tüm cam iyonomer simanların aşınma dirençleri artmıştır. Bir, 4 ve 63 gün sonunda en düşük aşınma Ketac Molar Easymix'te görülmüştür (100,9-74,4-57,7µm).

Fuji IX'un aşınma miktarları sırasıyla 105,0-85,8-74,2-44,5µm olarak bulunmuştur. En fazla aşınma Vitro Molar'da (1. günde 198µm ve 1 yıl sonunda 123,2µm) görülürken, Riva ortalama miktarda bir aşınma göstermiştir (124,2-99,3-79,060,6µm). Bir yıl sonunda, Ketac Molar Easymix (44,9µm), Fuji IX (44,5µm) ve Hi Dense (44,4µm) en yüksek aşınma direncini gösteren materyaller olmuştur.

Bonifacio ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka çalışmada (20), iki farklı yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX GP eXtra, Ketac Molar Aplicap) ve bir nano doldurucu ışıkla sertleşen yüzey örtücü (G-Coat PLUS) kullanarak yüzey örtücülü ve örtücüsüz gruplar oluşturmuşlardır. Örnekler ACTA cihazında 1. ve 4. günlerde 200000 siklusta aşındırılmıştır. Fuji IX GP eXtra örtücüsüz grup (1. gün: 93µm, 4. gün: 70µm), örtücülü gruba göre (1. gün: 54µm, 4. gün: 46µm) anlamlı olarak daha fazla aşınmıştır. Ketac Molar Aplicap örtücüsüz grup (1. gün: 83µm), örtücülü gruba göre (1. gün: 72µm) sadece 1. günde anlamlı olarak daha fazla aşınmıştır. Bonifacio ve arkadaşlarından (20) farklı olarak, 7 gün sonunda 1 N dikey kuvvetle uyguladığımız diş fırçası abrazyonu testinde 40000 siklus sonunda, yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra grubunda 10,3µm ve G-Coat PLUS ile örtülenmiş Fuji IX GP eXtra grubunda 11,1µm aşınma değerleri elde edildi.

Yap ve arkadaşları (215), yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların aşınmasını, 1 mm çapında ve dakikada 100 siklus yapan, distile suyun kayganlaştırıcı olarak görev yaptığı, ucu düz sonlanan AISI SS304 paslanmaz çelik aparat kullanılarak hazırlanmış sistemde değerlendirmişlerdir. 8 mm uzunluk, 4 mm genişlik ve 2 mm derinlikte hazırlanan yüksek viskoziteli cam iyonomer siman örnekler (Fuji IX GP Fast ve Fuji IX GP) 37ºC'de 1 gün bekletilmiştir. 20 MPa stres oluşturan 1,6 kg kuvvet uygulayarak 30000 siklus gerçekleştirilmiştir. Her 5000 siklusta aşınma miktarları ölçülmüştür. 30000 siklus sonunda Fuji IX GP Fast

135,40µm aşınma gösterirken, Fuji IX GP 129,45µm aşınmıştır ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Xie ve arkadaşları (213), asit-baz reaksiyonu ile ve ışıkla sertleşen farklı cam iyonomer simanların aşınma dirençlerini, kompozit rezin (P50, 3M ESPE) ve mine kontrol grupları olmak üzere, pin-on disc-type aparat ile oda sıcaklığında ve sulu bir ortamda test etmişlerdir. 30µm boyutunda aşındırıcı içeren elmas disk 0,65 N kuvvetle ve 95 rpm dönme hızıyla aşındırılacak yüzeyle temas ettirilmiştir. Her materyal için 150 siklus uygulanmıştır. Minedeki aşınma miktarı 0,0893µm ve P50'nin aşınma miktarı 0,3077µm bulunmuştur. Cam iyonomer simanların aşınma miktarları mineye göre 7-15 kat fazla iken, kompozit rezinle karşılaştırıldığında 2-5 kat daha fazla bulunmuştur.

Hahnel ve arkadaşları (78), çiğneme simulatöründe 6 mm çapında bilye şeklinde aşındırıcı uçlarla 50 N kuvvet ve 120000 siklusta yaptıkları çalışmada farklı kompozit rezinler ve kompomerler kullanmışlardır. Aşınma testi sonrasında elde edilen dublikatlar, 3D yüzey profilometresi ile vertikal madde kayıpları (µm) ve hacim kayıpları (μm^3) için değerlendirilmiştir. Mine 71µm aşınırken, en yüksek aşınma Compoglass kompomer materyalinde (306µm) görülmüştür. Dyract extra kompomer materyalinin aşınması yaklaşık 200µm bulunmuştur. Kompozit rezinlerin aşınma miktarları ise 95-292µm aralığında değişmiştir.

Nihei ve arkadaşları (151), 37ºC'de 180 gün saklanan kompozit rezinlerin [Gradia Direct (GC), Solare (GC), Clearfil AP-X (Kuraray), Clearfil Majesty (Kuararay), Beautiful II (Shofu), Estelite Σ (Tokuyama Dental), Filtek Supreme XT (3M ESPE)] üç boyutlu aşınma miktarlarını ACTA cihazında 200000 siklus sonunda değerlendirmişlerdir. Gradia Direct anlamlı olarak en az aşınan kompozit rezin olmuştur (22µm). Clearfil AP-X ve Clearfil Majesty 50µm'den daha fazla aşınmıştır.

Belli ve arkadaşları (17), rezin içerikli yapıştırma simanların aşınmalarını diş fırçası abrazyonu ve ACTA aşınma testleri ile karşılaştırmışlardır. Örnekleri 2 hafta süreyle distile suda beklettikten sonra 1000 ve 2500 grit zımparalar ile zımparalayıp tekrar 24 saat daha distile suda bekletmişlerdir. On dokuz mm çapındaki 12 bölmeli tekerler kullanılmıştır. Çiğneme hızını taklit edebilmek için örneklerin yer aldığı tekerin dönme hızı %15 oranında azaltılmıştır. Tekerler birbirine 15 N'luk kuvvet uygulamaktadır. Aşındırıcı bulamaç her 50000 siklusta bir yenilenmek suretiyle toplam 400000 siklus (112 saat) uygulanmıştır. Ortam pH'ı, 4,5-5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Diş fırçası abrazyonu testinde, bizim çalışmamızla aynı şartlar 20000 siklus için uygulanmıştır. Çalışma aynı diş macunu karışımı kullanılarak, aynı cihazda (Willytec GmbH, Almanya) ve 100 gram kuvvetle (1 N) gerçekleştirilmiştir. Cihaz 1,25 Hz frekansla yatay doğrultuda 1 mm ve dikey doğrultuda 20 mm aralıkta 20000 siklus (5 saat) fırçalama yapmıştır. Vertikal aşınma kaybı konfokal lazer taramalı mikroskop (TCS SL, Leica, Almanya) ile 100 büyütmede ölçülmüştür. On bir farklı rezin içerikli yapıştırma simanı 20000 siklusta gerçekleştirilen diş fırçası abrazyonu testinde 2,44µm ile 8,70µm aralığında aşınma değerleri göstermiştir. ACTA cihazında ise, 400000 siklusta 17,98µm ile 35,65µm aralığında değerler elde edilmiştir. Rezin içerikli yapıştırma simanlarının diş fırçası abrazyonu miktarları ile ACTA abrazyonu miktarları arasında bir korelasyon bulunamamıştır. Diş fırçası abrazyonunda düşük aşınma gösteren Maxcem Elite (Kerr), ACTA testinde yüksek aşınma değeri sergilemiştir. AllCem (FGM) ise, diş fırçası abrazyonunda yüksek miktarda aşınırken, ACTA testinde en düşük aşınmayı gösteren rezin içerikli yapıştırma simanı olmuştur.

Lohbauer ve arkadaşlarının (114) yapmış olduğu üç boyutlu ACTA aşınma testinde, Fuji IX GP eXtra ve yüzey örtücü olarak G-Coat PLUS kullanılarak

örnekler hazırlanmıştır. Birinci grupta örneklerin yüzeyine G-Coat PLUS uygulanmazken, ikinci gruptaki örneklerin yüzeyi G-Coat PLUS ile örtülenmiştir. Örnekler dört hafta süreyle 37ºC'de distile suda bekletildikten sonra ACTA cihazında 15 N kuvvet altında aşındırıcı kuş yemi bulamacı ile test edilmiştir. Toplam 200000 siklus uygulanmış ve her 10000 siklusta dublikatlar alınmıştır. Bu dublikatlar 200 büyütmede CLSM cihazında vertikal madde kaybı açısından analiz edilmiştir. Yapılan SEM analizlerinde G-Coat PLUS'ın kalınlığı 40-70µm bulunmuştur. 90000 siklusa kadar gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. G-Coat PLUS uygulanan gruptaki aşınma miktarı, 10000 siklusta 10,96±4,81µm, 90000 siklusta 62,7±3,5µm ve 200000 siklusta 107,38±25,51µm'dir. Yüzey örtücüsüz grupta, 10000 siklusta 12,65±4,64µm, 90000 siklusta 63,13±6,59µm ve 200000 siklusta 93,27±26,87µm olarak ölçülmüştür. 200000 siklus sonunda, G-Coat PLUS uygulanan grubun aşınması anlamlı olarak daha fazla bulunmuştur.

Bizim yaptığımız çalışmada, G-Coat PLUS'ın kalınlığı SEM ölçümlerinde yaklaşık olarak 7µm olarak bulunmuştur. Louhbauer ve arkadaşlarının (114) yaptıkları çalışmayla aradaki farkın sebebinin; çalışmayı yapan araştırmacıların kimyager olmaları sebebiyle klinik diş hekimliği tecrübelerinin olmaması ve ince bir yüzey örtülemesi uygulamasını yapamamalarından kaynaklandığını düşünmekteyiz. G-Coat PLUS, nano dolduruculu bir adeziv yüzey örtücü olduğundan, diğer adezivler sisitemler gibi benzer kalınlıkta uygulanabilecek bir materyaldir. Kompozit rezin restorasyonlarda hibrit tabakadaki ideal adeziv kalınlığının 1µm olduğu göz önüne alınırsa 40-70µm'lik bir kalınlığın çok fazla olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda, 1 N kuvvetle 40000 siklus olarak uygulanan diş fırçası abrazyonu testi sonuçlarına göre; yüzey örtücüsüz cam iyonomer siman grupları ("F"=10,3µm ve "R"=10,8µm) ile kompozit rezin grubu (5,1µm) arasındaki aşınma

farkı yaklaşık iki kattır. G-Coat PLUS yüzey örtücünün uygulama kalınlığı ortalama 7µm bulundu ve yaklaşık 30000 siklus sonunda yüzeyden tamamen uzaklaştı. G-Coat PLUS yüzey örtücü ile örtülenmiş gruplarda, diş fırçası öncelikle yüzey örtücüyü aşındırdığı ve yüzey örtücü tamamen aşındıktan sonra cam iyonomer siman aşınmaya başladığı için, cam iyonomer simanda meydana gelen aşınma miktarının, kompozit rezinlerdeki aşınma miktarı ile benzer düzeyde olduğu görüldü. Fuji Varnish yüzey örtücünün ise, 2500 siklus sonunda yapılan ölçümde yüzeyden tamamen uzaklaştığı gözlendi. 2500 siklusta yapılan CSLM ölçümlerinde materyal düzeyinde de aşınmanın mevcut olması, Fuji Varnish'in yüzeyden bu siklustan daha önce uzaklaştığına dair fikir vermektedir. Elde ettiğimiz mikron düzeyindeki aşınma miktarları, aynı koşullarda Belli ve arkadaşlarının (17) rezin içerikli yapıştırma simanları ile yaptıkları çalışma ile uyumluluk göstermektedir ve 15 N kuvvet ile uygulanan ACTA aşınma değerlerinden çok daha düşüktür.

2.2. Üç nokta Eğme ve Basma Dayanıklılıkları Testleri

Yapılan *in-vitro* eğme ve basma dayanıklılığı testleri, klinik yükleme şartlarına benzer mekanik özellikler sergilemektedir. Buna karşın, test yöntemleri arasında, Eğme dayanıklılığı testi, materyal direncini ölçmek için en uygun yöntem olarak gerilme dayanıklılığını gösteren en pratik ve güvenilir testtir (166). Eğme testleri, iki nokta, üç nokta ve dört nokta olmak üzere üç farklı şekilde uygulanabilir. Eğme testlerinde genellikle ISO 9917-2 standardı ve basma dayanıklılığı testlerinde ISO 9917-1 standardı kullanılmaktadır. Bu nedenle, bizim çalışmamızda da ISO standartlarını kullanmayı tercih ettik.

Birçok araştırmacı, farklı test koşullarında cam iyonomer simanların dayanıklılığını ölçmüştür. Daha önce yapılmış çalışmalardan oluşturulmuş bir tablo aşağıda görülmektedir (Tablo 13).

Tablo 13. Farklı araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara göre cam iyonomer simanların eğme ve basma dayanıklılıkları.

Araştırmacı	Eğme Dayanıklılığı (FS) (Mpa)	Basma Dayanıklılığı (CS) (Mpa)	Materyal	Test Koşulları
Bapna ve ark. (2002)	30,8/23,0 47,1/21,4 17,8/14,6	-	Fuji II	3-NE, ks, 24 saat / 9 ay 3-NE, ns, 24 saat / 9 ay 3-NE, nd, 24 saat / 9 ay
Dowling ve ark. (2009)	-	126/129 127/131 132	Ketac Fil Plus Fuji II Chemfil	Kapmix, ns, 24 saat / Rotomix Kapmix, ns, 24 saat / Rotomix El mix, ns, 24 saat
Fleming ve ark. (2003)	-	87,9/67,9 72,7/62,0 84,3/68,9	Fuji IX GP Ketac Fil Plus Chemfil	Kapsül, ns, 24 saat / El mix Kapsül, ns, 24 saat / El mix Kapsül, ns, 24 saat / El mix
Iazetti ve ark. (2001)	22,6/15,4	-	Fuji IX	3-NE, ns, 24 saat / 7 gün
Irei ve ark. (2008)	1,8/29,2 1,7/17,3 1,9/19,3 2,0/15,3	-	Fuji IX GP FX-II Ketac Molar Fuji II	3-NE, ns, hemen / 24 saat 3-NE, ns, hemen / 24 saat 3-NE, ns, hemen / 24 saat 3-NE, ns, hemen / 24 saat
Lohbauer ve ark. (2003)	19,7/33,0/35,2/36,7	-	Ketac Molar	4-NE, ns, 24 saat/8 gün/30gün/ 90 gün
Lucksanasombool ve ark. (2002)	29,2	211	Fuji IX	3-NE, ns, 1 saat
Moshaverinia ve ark. (2008)	14,8	161,0	Fuji II	2-NE, ns,24 saat
Peez ve ark. (2006)	51 42 48 38 38	244 236 141 175 196	Ketac Molar Fuji IX Vitro Molar Vidrion R Ionofil Molar	3-NE, ns, 24 saat 3-NE, ns, 24 saat 3-NE, ns, 24 saat 3-NE, ns, 24 saat 3-NE, ns, 24 saat
Prosser ve ark. (1986)	16,4-33,0 7,6-20,4	-	Deneysel Deneysel	Toz/likit oranı, ns, 7 gün Likit içeriği, ns, 24 saat
Xie ve ark. (2000)	22,6 21,2 26,1	251 301 202	Ketac Fil Ketac Molar Fuji II	3-NE, ns, 7 gün 3-NE, ns, 7 gün 3-NE, ns, 7 gün

*(**ks:** Kuru saklama, **ns:** Nemli saklama, **nd:**Nemli dögü, **3-NE:** 3 nokta eğme dayanıklılığı, **4-NE:** 4 nokta eğme dayanıklılığı, **2-NE:** iki nokta eğme dayanıklılığı, **FS:** Eğme dayanıklılığı, **CS:** Basma dayanıklılığı.)*

Basma dayanıklılıkları yaygın olarak 24 saat nemli ortamda bekletildikten sonra ölçülmüş ve 60-300 MPa arasında değerler elde edilmiştir. Eğme dayanıklılığının üst sınırı ise 50 MPa olarak bulunmuştur. Cam iyonomer simanların eğme ve basma dayanıklılıkları, karıştırma sonrası 24 saatten 1 yıllık döneme kadar belirgin olarak bir artış (yaklaşık %100) göstermektedir (37,113).

Bonifacio ve arkadaşları (21), Riva Self Cure, Fuji IX, Hi Dense, Vitro Molar, Maxxion R ve Ketac Molar Easymix elle karıştırılan cam iyonomer simanlardan ISO 9917-1 ve 9917-2 standartlarına uygun olarak 10'ar örnek hazırlamışlardır. 37ºC'de 24 saat beklettikten sonra, 1 mm/dakika crosshead hızında örnekleri test etmişlerdir. En yüksek üç nokta eğme dayanıklılığı Ketac Molar, Fuji IX ve Hi Dense cam iyonomer simanlarında görülmüştür (34,5 MPa, 33,3 MPa ve 33,3 MPa). Vitro Molar ve Riva cam iyonomer simanları ise en düşük değerleri sergilemişlerdir (19,2 MPa ve 23,9 MPa). Ketac Molar Easymix en yüksek basma dayanıklılığını (177,8 MPa) gösterirken, bunu Fuji IX (166,7 MPa) ve Hi Dense (159,2 MPa) takip etmiştir. Riva Self Cure (126,5 MPa) en düşük basma dayanıklılığına sahip cam iyonomer siman olmuştur.

Bonifacio ve arkadaşlarının (20) yapmış olduğu bir çalışmada, iki farklı yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX GP eXtra, Ketac Molar Aplicap) ve bir nano dolduruculu ışıkla sertleşen yüzey örtücü (G-Coat PLUS) kullanarak ISO 9917-2 standardına uygun örnekler hazırlamışlar ve yüzey örtücülü ve örtücüsüz gruplar oluşturmuşlardır. Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanına yüzey örtücü uygulanmasının materyalin üç nokta eğme dayanıklılığını anlamlı olarak arttırdığını bulmuşlardır (yüzey örtücüsüz: 20,2 MPa ve yüzey örtücülü: 34,9 MPa). Ketac Molar Aplicap'ın örtücülü (36,1 MPa) ve örtücüsüz (44,1 MPa) grupları arasındaki eğme dayanıklılığı değerleri farklı bulunmamıştır.

Yap ve arkadaşlarının (216), BS6039 (British Standards) standartlarına uygun olarak 8 mm yükseklik ve 4 mm çapında hazırladıkları Fuji IX GP Fast ve Fuji IX GP örnekleri 37ºC'de 1 gün ve 1 hafta sürelerle saklamışlardır. Test, 1 mm/dakika crosshead hızıyla uygulanmıştır. Her iki grupta da, basma dayanıklılığı 1. haftada artış göstermiştir. Fuji IX GP (1. gün: 111,07 MPa, 1. hafta: 135,82 MPa) , her iki

zaman diliminde de Fujı IX GP Fast'ten (1. gün: 96,69 MPa, 1. hafta: 124,10 MPa) daha yüksek basma dayanıklılığı göstermiştir ama aralarındaki fark anlamlı değildir.

Xie ve arkadaşları (213), ISO standartlarına uygun hazırladıkları örnekleri 7 gün sonunda eğme testine tabi tutmuşlardır. Çalışmada kullanılan RMCIS'ler (71,2 - 82,1 MPa) geleneksel cam iyonomer simanlardan (11,1-31,4 MPa) anlamlı olarak daha yüksek üç nokta eğme dayanıklılığı göstermişlerdir. RMCİS'ler daha yüksek basma dayanıklılıkları sergilemekle birlikte (243,5-306,2 MPa), geleneksel cam iyonomer siman olan Ketac Molar da yüksek basma dayanıklılığı (301,3 MPa) göstermiştir. Diğer geleneksel cam iyonomer simanların basma dayanıklılığı değerleri 176,0 MPa ile 251,2 MPa aralığında bulunmuştur. Bu değerler ile, aynı materyallerle yapılan üç nokta eğme testinde bazı materyallerden elde edilen veriler karşılaştırıldığında aralarında bir korelasyon bulunmamıştır.

Türkün ve arkadaşları (190), klorheksidin içeren cam iyonomer siman grupları ve Chemfil Superior kontrol grubu ile yaptıkları iki nokta eğme testinde hazırladıkları örnekleri 37ºC'de 24 saat süreyle saklanmışlardır. Yirmi dört saat sonunda, 2 N/dakika kuvvetle ve 1,5 mm/dakika crosshead hızıyla iki nokta eğme testi uygulamışlardır. Sonuçlar N/mm^2 (MPa) cinsinden hesaplanmıştır. Kontrol grubu olan Chemfil Superior cam iyonomer siman 43,06±9,92 MPa iki nokta eğme dayanıklılığı gösterirken, değişik oranlarda CHX diglukonat ve diasetat eklenen gruplarda ortalama dayanıklılık değerleri 37,13 ile 47,17 MPa aralılığında bulunmuştur.

Peez ve Frank (157), ISO 9917-2 ve 9917-1 standartlarına uygun hazırladıkları örnekleri (Ketac Molar Easymix, Fuji IX, Ionofil Molar, Vitro Molar, Vidrion R) 1 mm/dakika crosshead hızıyla 1 saat ve 24 saat sonunda teste tabi tutmuşlardır. Yirmi dört saat sonunda elde edilen dayanıklılık verileri 1 saat sonundaki

değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Bu artış sadece iki materyalde anlamlı olmuştur (Vitromolar ve Vidrion R). Bir saat sonunda, Ketac Molar Easymix 48 MPa, Fuji IX 41 MPa ve Vitro Molar 35 MPa dayanıklılık değerleri göstermiştir. Yirmi dört saat sonunda, Ketac Molar en yüksek dayanıklılık gösterirken, sırasıyla Vitro Molar ve Fuji IX takip etmiştir. Yirmi dört saat sonundaki basma dayanıklılığı verileri, 1 saat sonunda elde edilen verilerden her materyal için anlamlı olarak daha yüksek çıkmıştır. En yüksek basma dayanıklılıklarını Ketac Molar Easymix (1 saat: 150 MPa, 24 saat: 244 MPa) ve Fuji IX (1 saat: 136 MPa, 24 saat: 238 MPa) göstermiştir. Bir saatlik verilerde en düşük değeri Vidrion R (78 MPa) gösterirken, 24 saat sonunda Vitro Molar (141 MPa) en düşük basma dayanıklılığına sahip cam iyonomer siman olmuştur. Değerlerdeki bu değişimler, eğme testi sonuçları ile uyumlu değildir.

Mallmann ve arkadaşlarının (119) farklı örnek boyutları [ISO 7489 (1986) (A): 12 mm yükseklik ve 6 mm çap, ISO 9917 (1991) (B): 6 mm yükseklik ve 4 mm çap] kullanarak bir geleneksel cam iyonomer siman (Vitro Fil – DFL Ind./Rio de Janerio, RJ, Brezilya) ve bir rezin modifiye cam iyonomer siman (Vitro Fil LC) ile yaptıkları basma dayanıklılığı çalışmasında, örnekler 24 saat süreyle 37ºC'de bekletildikten sonra 0,5 mm/dakika crosshead hızıyla örnekler test edildi. On iki mm yüksekliğinde ve 6 mm çapında hazırlanan örnekler daha yüksek basma dayanıklılığı göstermiştir, ancak aralarındaki fark anlamlı değildir. Ayrıca, Vitro Fil LC'nin basma dayanıklılığı (A: 105,1 MPa; B: 91,1 MPa) geleneksel cam iyonomer simandan (A: 54,0 MPa; B: 46,0 MPa) yaklaşık iki kat daha fazladır.

Mohandesi ve arkadaşlarının(135) kompozit rezinlerin [Filtek Z250 (3M ESPE), Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent), Heliomolar (Ivoclar Vivadent), Gradia Direct (GC), Gradia Indirect (GC)] yorulma basma dayanıklılıklarını inceledikleri

çalışmada, 8 mm yüksekliğinde ve 4 mm çapında örnekler hazırlamışlar ve 37ºC'de distile suda iki hafta bekletmişlerdir. Filtek Z250 (239,88 MPa) anlamlı olarak daha yüksek yorulma basma dayanıklılığı göstermiştir. En düşük değerler Gradia Direct (172,38 MPa) ve Gradia Indirect (174 MPa) kompozit rezinlerde görülmüştür.

Lohbauer ve arkadaşları (114), Fuji IX GP eXtra cam iyonomer siman ve G-Coat PLUS yüzey örtücüsünü kullandıkları çalışmalarında, yüzey örtücüsüz bir adet ve yüzey örtücülü iki adet grup (II. grup: ön sertleşme sonrası su kontaminasyonu olmadan yüzey örtücü uygulanması, III. grup: ön sertleşme sonrası 7 dakika su kontaminasyonundan sonra yüzey örtücü uygulanması) oluşturmuşlardır. ISO standartlarına göre hazırlanan örnekler 37ºC'de 14 gün bekletilmiştir. Dört nokta eğme testi, 0,75 mm/dakika crosshead hızında uygulanmıştır. II. grup (26,14 MPa), yüzey örtücüsüz gruba (22,14 MPa) ve III. gruba (21,14 MPa) göre anlamlı olarak daha yüksek eğme dayanıklılığı göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada, zaman dilimleri göz önüne alınmaksızın cam iyonomer siman gruplarında elde edilen üç nokta eğme dayanıklılığı değerleri 16,84-24,14 MPa arasında bulundu. Bu değerler Xie ve arkadaşları (213) ile Lohbauer ve arkadaşlarının (114) yapmış oldukları çalışmalarda elde ettikleri veri aralığı ile benzerdir. Çalışmamızda, 30 gün sonunda yüzey örtücüsüz gruplar, yüzey örtücülü gruplardan daha yüksek eğme dayanıklılığı gösterdi. Bu sonuç, Lohbauer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yüzey örtücünün uygulanma şekli göz önüne alındığında (G-Coat PLUS'ın ön sertleşme sonrası 7 dakika su kontaminasyonunun ardından yüzeye uygulanması) , elde ettikleri sonuçlarla uyumludur.

Çalışmamızın basma dayanıklılığı değerleri incelendiğinde, yüzey örtücüsüz gruplar anlamlı olarak daha yüksek basma dayanıklılıkları gösterdi (Rn:136,56MPa ve Fn:129,27MPa). Bunu sırasıyla, G-Coat PLUS (Rg:118,78MPa ve Fg:96,47MPa)

ve Fuji Varnish (Rv:106,24MPa ve Fv:89,20MPa) grupları izlemiştir. Test cihazı, hazırlanan örnekte uygulanan basma kuvveti sonrası oluşan ilk kırılma anındaki değeri kaydetmektedir. Çalışmamızda, cam iyonomer siman örneklerinde, yapının homojen olmaması nedeniyle bu ilk kırılmalar genelde parça kopması şeklinde oldu. Örneğin her zaman homojen şekilde kırılmaması nedeni ile, elde edilen veriler geniş bir aralıkta değişmektedir.

Kompozit rezin grubunun (Gradia Direct Posterior,GC), eğme ve basma dayanıklılıkları değerleri 30. günde diğer zaman dilimlerinden daha düşük bulundu (Fs: 73,52MPa ve Cs:261,52MPa). Çalışmamızda ölçülen basma dayanıklılığı değeri, Mohandesi ve arkadaşlarının (135) elde ettiği değerden daha yüksektir.

Çalışmamızda, diğer araştırmacılardan farklı olarak örnekleri yapay tükürük içinde sakladığımız için, bu solüsyonun dayanıklılığa etkisine ilişkin bir karşılaştırma yapamamaktayız. Benzer bir çalışmanın, distile su ve yapay tükürük kullanılarak yapılmasının, saklama solüsyonlarının materyalin dayanıklılığı üzerine etkisinin belirlenmesinde faydalı olacağını düşünmekteyiz.

2.3. Vickers Mikrosertlik Testi

Çalışmalarda mikrosertlik ölçümleri Vickers veya Knoop elmas ucu kullanılarak farklı yüklerin farklı sürelerde uygulanması ile gerçekleştirilir.

Bonifacio ve arkadaşları (21), altı farklı geleneksel cam iyonomer siman (Riva Self Cure, Fuji IX, Hi Dense, Vitro Molar, Maxxion R ve Ketac Molar Easymix) ile Knoop mikrosertlik testi yapmışlardır. Her materyalden 8 mm çapında ve 4 mm yüksekliğinde ikişer örnek hazırlanmıştır. Örnekler 24 saat süreyle 37ºC'de bekletildikten sonra testten önce 1200 grenli zımpara ile zımparalanmıştır. Her örnekten 25 gram kuvvet 30 saniye süre ile uygulanarak beşer mikrosertlik ölçümü

yapılmıştır. En yüksek mikrosertlik değerleri Ketac Molar Easymix (73,8 KHN) ve Fuji IX (68,7 KHN) gruplarında, en düşük mikrosertlik değerleri de Vitro Molar (37,0 KHN) ve Riva Self Cure (38,7 KHN) gruplarında ölçülmüştür.

Yap ve arkadaşları (215), 3 mm yükseklik ve 6 mm çapındaki Fuji IX GP Fast ve Fuji IX GP örnekleri 37ºC'de 1 gün ve 1 hafta sürelerle saklamışlardır. Birinci gün Vickers mikrosertlik ölçümlerinde, Fuji IX GP Fast (61,77 VHN) ve Fuji IX GP (54,44 VHN) örnekleri arasında mikrosertlik farkı anlamlı değildir. Yedinci günde her iki materyalin sertliği de artarken, Fuji IX GP Fast (82,20 VHN) Fuji IX GP'den (69,65 VHN) anlamlı olarak daha sert çıkmıştır. Bizim çalışmamızda da, yüzey örtücüsüz Fuji IX GP eXtra grubunda, 24 saat (67,94 VHN) ve 7 gün (78,67 VHN) ölçümleri arasındaki fark anlamlı bulundu ve sonuçlar Yap ve arkadaşlarının (215) çalışma sonuçları ile uyumluydu.

Hahnel ve arkadaşlarının (78) 13 farklı kompozit rezin ve 2 farklı kompomerler ile yaptıkları Vickers mikrosertlik testinde (0,5 kg kuvvet, 60 saniye), mikrosertlik değerleri 18,7 ile 70,4 arasında değişmektedir. Admira (41,4), Filtek Silorane (46,8) ve İnTen-S (42,7) kompozit rezinlerin Vickers mikrosertlik değerleri çalışmamızda kullandığımız Gradia Direct Posterior ile benzer bulunmuştur. En yüksek Vickers mikrosertlik değerleri Grandio (75,6), Quixfil (70,4), Filtek Z250 (67,8) ve Dyract extra (66,5) gruplarında görülmüştür.

Türkün ve arkadaşlarının çalışmasında (190), Chemfil Superior cam iyonomer siman grubuna ve değişik oranlarda klorheksidin içeren cam iyonomer siman gruplarına 24 saat ve 10 gün sonunda 29,42 N kuvvet 30 saniye uygulanmak suretiyle Vickers mikrosertlik testi gerçekleştirilmiştir. Yirmi dört saat sonunda, mikrosertlik değerleri geniş bir aralıkta seyretmiştir (23,55 - 60,43 VHN). Tüm gruplarda 10 gün sonunda mikrosertlik değerleri artmıştır. On gün sonundaki

mikrosertlik değerleri (57,46 - 63,86 VHN) arasındaki fark bir grup haricinde benzer bulunmuştur.

Çelik ve Ermiş'in (41) Fuji IX GP eXtra ve G-Coat PLUS yüzey örtücü kullanarak 2 mm kalınlığında ve 5 mm çapında oluşturdukları yüzey örtücülü ve yüzey örtücüsüz örnekler 1 ay süreyle distile suda 37ºC'de bekletilmiştir. Yüzey örtücülü gruplar 2 dakika 30 saniyelik ön sertleşme sonrası G-Coat PLUS uygulanarak distile suya bırakılmıştır. Yirmi dört saat, 2 hafta ve 1 ay sonunda Knoop ucu ile yapılan mikrosertlik ölçümlerinde 200 gram kuvvet 15 saniye boyunca uygulanmış ve ölçüm sırasında G-Coat PLUS yüzeyden uzaklaştırılmamıştır. Yüzey örtücüsüz grupta (24 saat: 59,56; 2 hafta: 62,65; 1 ay: 67,86) zaman dilimleri arasında süre arttıkça mikrosertlik değeri anlamlı olarak artmıştır. Yüzey örtücülü grupta (24 saat: 31,62; 2 hafta: 28,67; 1 ay: 29,96) zaman dilimleri arasındaki fark anlamlı değildir. Gruplar karşılaştırıldığında, zaman dilimlerinin tamamında yüzey örtücüsüz grubun mikrosertliği daha yüksek çıkmıştır. Bizim çalışmamızda, G-Coat PLUS yüzey örtücünün öncelikli kullanım amacının cam iyonomer simanın ön sertleşme sırasında mikro yapısını ve buna bağlı olarak mikrosertliğini olumsuz yönde etkileyen nem kontaminasyonundan korumak olduğu için, materyalin mikrosertliğini ölçerken yüzeydeki G-Coat PLUS zımparalanarak uzaklaştırıldı. Mikrosertlik testi öncesinde yapılan ön çalışmada, G-Coat PLUS yüzeyden uzaklaştırmadan yapılan ölçümlerde Çelik ve Ermiş'in (41) çalışmasındaki değerlere benzer sonuçlar alındığından ve bu sonuçların yüzey örtücünün plastik rezin yapısından kaynaklandığını düşündüğümüz için tüm zaman dilimlerinde doğrudan cam iyonomer simanın mikrosertliğini ölçebilmek amacı ile yüzey örtücüyü yüzeyden uzaklaştırdık. Çalışmamızda, G-Coat PLUS ile örtülenmemiş (24 saat: 67,94; 7 gün: 72,40; 30 gün: 78,67) ve örtülenmiş (24 saat: 64,37; 7 gün: 73,66; 30

gün: 83,77) Fuji IX GP eXtra grupları arasındaki fark tüm zaman dilimlerinde anlamlı bulunmadı.

Çalışmamızda kontrol grubu olarak kullandığımız, Gradia Direct Posterior kompozit rezin grubu tüm zaman dilimlerinde anlamlı olarak daha düşük ama homojen bir mikrosertlik göstermiştir. Elde ettiğimiz mikrosertlik değerleri (47,3-43,8 VHN) kompozit rezinlerle yapılan mikrosertlik çalışmaları sonuçları ile uyumludur.

Tüm cam iyonomer siman gruplarımızda, mikrosertlik zaman geçtikçe artmıştır. Yirmi dört saat ölçümlerinde, materyalin maturasyonunun henüz tamamlanmamış olmasına bağlı olarak, ölçülebilir sınırları net görebilmede sorun yaşadık ve tekrarlayan ölçümler yapmak durumunda kaldık. Materyalin yumuşak olmasına bağlı olarak, elmas ucun darbesi temas ettiği alanın çevresinde dalgalanma şeklinde çatlaklar oluşturdu. Bu aşamada, partiküller çevresinde hidrojel formasyonu seyredilebildi. Yedinci gün ölçümlerinde alınan görüntülerde, maturasyonun büyük oranda tamamlandığı ve hidrojel formasyonunun seyredilemediği görüldü. Ölçümlerde elmas ucun sınırları daha belirgin görülmekteydi. En net görüntüler 30 gün sonundaki ölçümlerde elde edildi.

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın yapısında farklı boyutlarda ve sertliklerde partiküllerin yer alması sebebiyle, elmas piramit ucun temas ettiği bölgeye göre, aynı örnek üzerinden çok düşük ve çok yüksek mikrosertlik değerleri elde ettik. Sert ve büyük bir partiküle denk gelen bir ölçümde 430 VHN düzeyinde mikrosertlik değeri ve doldurucu partikülün az olduğu matris alanına rastgelen bir ölçümde 30 VHN gibi bir değer elde etmemiz bunun bir göstergesidir. Bu durumun üstesinden gelmek için, aynı örnekten birkaç ölçüm yaparak en düşük ve en yüksek değerleri eleyerek ortalamayı elde etmeyi uygun gördük

En yüksek mikrosertlik değerlerinin Fuji Varnish gruplarında elde edilmesi, G-Coat PLUS uygulaması sırasında yüzeyin 3-5 saniye hava ile kurutulması sebebiyle simanın yapısında meydana gelmiş olabilecek mikro çatlaklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

2.4. Renklenme Testi

Hastaların estetik beklentilerindeki artışa paralel olarak, bu beklentiyi karşılamaya yönelik mükemmel estetik özelliklere sahip materyaller geliştirmek üzere çalışılmaktadır. Bir materyalin klinik açıdan kabul görebilmesi için, yapıldığı seanstaki renk uyumuyla birlikte, bu uyumu yıllarca koruyabilmesi gerekir. Bu nedenle, renklenme hassasiyeti estetik açıdan materyal seçiminde önem taşımaktadır (141).

Diş hekimliğinde renk tespiti gözle ve özel cihazlarla olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Kolorimetrik bir cihazla yapılan renk tespiti, objektif sonuçlar verdiği için, kişiye bağlı oluşabilecek subjektif hataları elimine etmekte önemli rol oynar. Kolorimetrik cihazlar, çıplak göze göre çok daha hassas renk değişimlerini algılayabilmektedir (8). Spektrofotometre cihazları ve CIELab koordinasyon sistemi, renklenme çalışmalarında sıklıkla tercih edilen yöntemlerdir (11,141,55,93).

Literatürde, kompozit rezinlerin renklenmesine yönelik çalışmaların çok fazla sayıda olmasına karşın, yeni geliştirilen cam iyonomer simanları renklenme potansiyeline ilişkin çalışmaların azlığı sonuçların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır.

Restoratif materyallerin uygulama bitiminde, sonrasında ve kontrol seanslarında meydana gelen renk değişimleri ΔE değeri ile ifade edilir. ΔE değeri, rengin koordinat sistemindeki değişiminin sayısal ifadesidir ($\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 +$

$(\Delta b)^2]^{1/2}$). Birçok araştırmacı, ΔE değerindeki 1-3 aralığındaki değişimin çıplak gözle algılanabilecek renk değişimini belirttiğini (151) ve ΔE'nin 3,3'ten büyük değerlerinin klinik açıdan kabul edilemez renk değişimi anlamına geldiğini bildirmişlerdir (175).

Bagheri ve arkadaşlarının (11) estetik restoratif materyallerin renklenmesine yönelik çalışmalarında, farklı özellikte altı çeşit diş renginde restorasyon materyallerinden [mikro dolduruculu kompozit rezin (Durafil, Kulzer), mikro cam partikülleri içeren kompozit rezin (Charisma, Kulzer), poliasit modifiye kompozit rezin (F2000, 3M ESPE), geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX, GC) ve iki adet rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC, GC; Photac Fil, 3M ESPE)] disk şeklinde örnekler, direkt strip bantla ya da 2000 grene kadar zımparalarla zımparalanarak hazırlanmıştır. Örnekler 37ºC'de distile su içinde bir hafta bekletilmiştir. Örnekler beş farklı renklendirici ajanla (kırmızı şarap, kahve, çay, soya sosu ve kola) iki hafta muamele edilmiştir. Bir hafta distile su, etanol ya da krodamolde bekletildikten ve iki hafta renklendirici ajanla etkileştikten sonra, renk değişimleri bir spektrofotometre ile belirlenmiş ve ΔE formülü kullanılarak sayısal olarak hesaplanmıştır. Distile suyun materyallerin renk değişimine gözle görülür bir etkisi olmamıştır. Yüzeyin zımparalanması (cilalanması), renklenme düzeylerinde anlamlı bir fark meydana getirmemiştir. Tüm materyaller, özellikle kahve olmak üzere, tüm renklendirici ajanlardan etkilenmiştir. Fuji IX en az etkilenen materyal olurken, en çok etkilenen F2000 olmuştur. Fuji IX'un ΔE değişimi, kahvede 15,1±10,0 ve kolada ise 7,20±2,60 olarak kaydedilmiştir.

Bizim çalışmamızda, Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanın yüzeyine G-Coat PLUS ve Fuji Varnish uygulanması rengin kısmen koyulaşmasına neden olurken; Riva Self Cure'un renk değerlerini olumlu yönde geliştirmiştir. Ancak

oluşan renk değişimleri, çıplak gözle fark edilebilen değerler aralığında ve klinik olarak kabul edilebilir sınırlardadır. Fuji IX GP eXtra cam iyonomer simanın translusensisinin ve renk uyumunun kompozit skalasına benzer olmasının, buna karşın Riva Self Cure cam iyonomer simanın geleneksel cam iyonomer simanlarda olduğu gibi opak olmasının bu durumun nedeni olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda, kahve gruplarında, 7 gün sonundaki ΔE değerleri 5-3 ile 6,2 arasında değişmektedir ve klinik olarak kabul edilebilir sınırların üzerindedir. G-Coat PLUS ve Fuji Varnish uygulanmış gruplar arasında, renk değişim miktarlarında anlamlı bir fark olmamıştır. Elde ettiğimiz renklenme değerleri, Bagheri ve arkadaşlarının (11) çalışmasındaki değerlerden oldukça düşüktür. Bununla birlikte, test süreleri arasındaki farkın bu durumun nedeni olabileceğini düşünmekteyiz.

Kola gruplarında 7 gün sonunda elde edilen ΔE değerleri incelendiğinde, 1,6 ile 3,5 arasında değişimler görülmektedir. "Fg" grubu, en düşük renk değişim miktarını gösterirken, "Fv" grubu klinik olarak kabul edilebilir sınırdan kısmen yüksek bir renk değişimi göstermiştir. Bu değerler, Bagheri ve arkadaşlarının çalışmasında (11) cam iyonomer siman grubunun kola solüsyonundaki renk değişim miktarından oldukça düşüktür. Çalışmamızda, kola gruplarında 3. ve 5. günlerde rengin açılıyor olmasının, kola solüsyonunun asidik etkisiyle yüzey örtücüyü çözmesinden kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

ΔE değerinin her zaman pozitif olması, renkteki değişimin renk koordinatında hangi yöne doğru değiştiği ile ilgili net bilgi vermediği için, bu değerlendirmelerde "L", "a" ve "b" parametrelerinin de mutlaka incelenmesi gerekmektedir.

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların ve ışıkla sertleşen nano dolduruculu yüzey örtücülerin kombine kullanımını içeren restoratif sistemler günümüz diş hekimliği uygulamalarında kendine yer edinmeye başlamıştır.

Nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın zayıf olan mekanik özelliklerini güçlendirerek Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde amalgam ve kompozit rezin yerine daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilecek kadar başarılı sonuçlar vereceği ve örtücünün cam iyonomer simanın estetiğine ve optik özelliklerine olumlu yönde katkıda bulunacağı hipotezlerinden yola çıktığımız çalışmamızda, bu ışıkla sertleşen nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın klinik ve laboratuar şartlarında performansına etkisi incelenmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, hipotezimiz bu kombine restoratif sistemin küçük ve orta boyutlu Sınıf II restorasyonlarda uygulanması durumunda kabul edilmiştir.

Çalışmanın *in-vivo* bölümünde materyallerin klinik performansı 18 aylık bir takip sürecinde değerlendirilmiştir. Daimi dişlerde, Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde uygulanan bu restoratif sistem Sınıf I restorasyonlarda %100 başarılı bulunurken, Sınıf II restorasyonlardaki başarı oranı %96,4 oldu. Kavite tiplerine göre başarı oranlaraı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Sınıf II restorasyonlarda başarısız olan olguların tümü, orta boyuttan büyük kavite sınırlarına sahip kavitelere uygulanan restorasyonlardır. Başarısızlıklar ağırlıklı olarak Fuji IX GP eXtra ve G-Coat PLUS yüzey örtücünün kombine kullanıldığı grupta gerçekleşti. Ancak başarısızlık, kullanılan restoratif materyal ve yüzey örtücüden bağımsız olarak tamamen kavite boyutlarının daha geniş olmasına bağlıdır. Bu nedenle, bu kombine

restoratif sistemin Sınıf I ve küçük/orta boyutlu Sınıf II restorasyonlarda uzun dönemli daimi restoratif materyal olarak başarıyla kullanılabileceği kanısındayız.

Nano doldurculu yüzey örtücü, cilalanma özelliği düşük olan cam iyonomer simanlarda yüzeye kaygan ve parlak bir görünüm vermekte ve opak renkteki klasik cam iyonomer simanlar için rengi daha kabul edilebilir hale getirmektedir. Çiğneme fonksiyonu sırasındaki okluzal temaslar, alınan gıdalar ve diş fırçası kullanımına bağlı oluşan aşınmalar sebebiyle, nano dolduruculu yüzey örtücünün genellikle 6. ayda restorasyon yüzeyinden büyük oranda ya da tamamen uzaklaştığı çıplak gözle görüldü. Cam iyonomer simanların matürasyonunun bu süreçte tamamladığı göz önüne alındığında, yüzey örtücünün tekrar uygulanması gerekmemektedir.

Çalışmamızın *in-vitro* bölümünde, diş fırçası abrazyonu, üç nokta eğme ve basma dayanıklılıkları, mikrosertlik ve renklenme testleri uygulandı. Nano dolduruculu yüzey örtücünün diş fırçası abrazyonu testin sırasında, cam iyonomer simanın aşınma direncini önemli ölçüde arttırdığı görüldü. Ancak üç nokta eğme dayanıklılığı, basma dayanıklılığı ve mikrosertlik testlerinde, cam iyonomer simanın fiziksel ve mekanik özelliklerine anlamlı bir katkısı olmadığı görüldü. Renklenme testinde, yüzey örtücünün opak renkteki cam iyonomer simanın renk parametresini olumlu yönde etkilediği görüldü. Ancak renklendirici içeceklerden kaynaklanan renk değişiminin azalmasına anlamlı bir etkisi olmadı.

Bu veriler ışığında, nano dolduruculu yüzey örtücünün cam iyonomer simanın aşınma direncini büyük oranda arttırdığı, ancak diğer fiziksel ve mekanik özelliklerine anlamlı katkısı olmadığı görüldü. Buna karşın, cam iyonomer simana parlak bir görünüm kazandırarak yüzey pürüzlülüğünü azalttığı ve estetik açından kabul edilebilir olmasına büyük katkı sağladığı izlendi.

BÖLÜM VI

ÖZET

YÜZEY ÖRTÜCÜ İLE KAPLANMIŞ FARKLI RESTORATİF CAM İYONOMER SİMANLARIN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK *İN-VİVO* VE *İN-VİTRO* İNCELENMESİ

Çalışmamızın amacı; nano dolduruculu bir yüzey örtücü ürünün farklı cam iyonomer simanların fiziksel ve mekanik özelliklerini ne oranda güçlendirebileceğini, uzun dönemli bir *in-vivo* çalışma ve çeşitli *in-vitro* testler ile incelemektir.

Çalışmamızda iki çeşit yüksek viskoziteli cam iyonomer siman [Fuji IX GP eXtra (GC) ve Riva Self Cure (SDI)], bir kompozit rezin [Gradia Direct Posterior (GC)] ve biri rezin esaslı olmak üzere, iki farklı yüzey örtücü [G-Coat PLUS (GC), Fuji Varnish (GC)] kullanıldı.

Çalışmamızın *in-vivo* kısmında, Sınıf I ve II kavitesi/restorasyonu olan ve restoratif tedavi için kliniğimize başvuran 44 bayan ve 10 erkek olmak üzere toplam 54 hasta dahil edildi. Hastalara 144 Sınıf II ve 112 Sınıf I restorasyon yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonları ile yapıldı. On sekiz ay sonunda 52 hasta ve 248 restorasyon takip edilebildi. Restorasyonlar modifiye USPHS kriterlerine göre iki farklı ve deneyimli gözlemci tarafından değerlendirildi.

Çalışmamızın *in-vitro* bölümünde, diş fırçası abrazyonu, üç nokta eğme dayanıklılığı, basma dayanıklılığı, Vickers mikrosertlik ve renklenme testleri yapıldı. Diş fırçası abrazyonu testi 1 N dikey kuvvet ile 40000 siklusta yapıldı. Üç nokta eğme dayanıklılığı, basma dayanıklılığı ve Vickers mikrosertlik testleri 24 saat, 7

gün ve 30 gün olmak üzere üç farklı zaman diliminde gerçekleştirildi. Renklenme testinde örnekler, 7 gün süresince kahve ve kola solüsyonlarında bekletildi ve 1.-3.-5. ve 7. günlerde spekrofotometre ile renk değerleri tespit edildi. Kontrol grubu olarak, kompozit rezin ve yüzey örtücüsüz cam iyonomer siman grupları kullanıldı. Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve yüzey örtücü kombinasyonlarının fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırıldı.

İstatistiksel analizler, SPSS Version 13.0 programı kullanılarak .05 anlamlılık düzeyinde yapıldı. *İn-vivo* bölümde, modifiye USPHS kriterlerinin karşılaştırmalarında Pearson Chi-Square testi ve survival analizinde ise, Kaplan-Meier ve log-rank (Mantel-Cox) testleri uygulandı.

İn-vitro bölümde, diş fırçası abrazyonu, üç nokta eğme dayanıklılığı ve basma dayanıklılığı testlerinde, farklı zaman dilimleri ve döngü sayıları göz önüne alınmaksızın tüm gruplar Tek yönlü ANOVA testi ile karşılaştırıldı. Karşılaştırma sonucunda fark olduğunda, grupların karşılaştırmaları Tukey HDS testi ile yapıldı. Her grubun kendi içindeki farklı zaman dilimlerinde ve farklı döngü sayılarındaki karşılaştırmalarında T-testi kullanıldı. Renklenme testinde, grup karşılaştırmaları Tukey HDS testi ile yapılırken, her grubun kendi içindeki zamana bağlı delta değerleri T-testi ile karşılaştırıldı.

İn-vivo bölümde, 18 ay sonunda Sınıf I restorasyonlarda başarı oranı %100 iken, Sınıf II restorasyonlardaki başarı oranı %93,6 bulundu, ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdı. Renk uyumu kriterinde, Fuji IX GP eXtra grupları, Riva Self Cure gruplarına göre anlamlı olarak çok daha yüksek başarı gösterdi ($p \leq 0,05$). Kenar uyumu, anatomik form ve retansiyon kaybı kriterleri değerlendirildiğinde, "Fg" grubunda 5 (%8,1), "Fv" grubunda 2 (%3,2), "Rg"

grubunda 1 (%1,6) ve "Rv" grubunda 1 (%1,6) restorasyon olmak üzere toplam 9 restorasyon (%3,6) başarısız oldu ve yenilendi.

Aşınma testinde, cam iyonomer siman grupları arasındaki fark anlamlı bulunmazken, kompozit rezin grubu cam iyonomer siman gruplarından anlamlı olarak daha yüksek aşınma direnci gösterdi ($p \leq 0,05$). Işıkla sertleşen yüzey örtücünün uygulanması cam iyonomer simanların aşınma direncini arttırdı.

Üç nokta eğme ve basma dayanıklılığı testlerinde, kompozit rezin grubu anlamlı olarak daha yüksek dayanıklılık değerleri verdi ($p \leq 0,05$). 24 saat ve 30 gün verilerindeki farklar tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamsız bulundu.

Vickers mikrosertlik testinde, cam iyonomer siman gruplarının mikrosertliği zamanla anlamlı düzeyde arttı ($p \leq 0,05$). Kompozit rezin grubunda mikrosertlik 30 gün sonunda azaldı ama fark anlamlı değildi. Cam iyonomer siman grupları tüm zaman dilimlerinde, kompozit grubuna göre daha yüksek mikrosertlik değerleri gösterdi ($p \leq 0,05$).

Renklenme testi sonunda, 7 gün sonunda kolada bekletilen gruplar kahvede bekletilen gruplara göre daha az renklenirken ($p \leq 0,05$), yüzey örtücü uygulamasının renk değişimine anlamlı bir katkısı olmadığı görüldü.

Sonuç olarak, cam iyonomer siman ve ışıkla polimerize olan nano dolduruculu yüzey örtücüden oluşan restoratif sistemde, yüzey örtücü materyal cam iyonomer simanın fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmeden aşınma direncini arttırdığından, bu restoratif sistemin Sınıf I ve küçük/orta boyutlu Sınıf II restorasyonlarda uzun dönemli daimi restoratif materyal olarak başarıyla kullanılabileceği kanısındayız.

ABSTRACT

COMPARATIVE *IN-VIVO* AND *IN-VITRO* EVALUATION OF DIFFERENT RESTORATIVE GLASS IONOMER CEMENT PROPERTIES SEALED WITH COATING MATERIAL

The aim of this study was to examine how a nanofill coating material strengthens the physical and mechanical properties of different glass ionomer cements by using various *in-vitro* tests and a long term *in-vivo* study.

In this study, two different highly-viscous glass ionomer cement [Fuji IX GP eXtra (GC) and Riva Self Cure (SDI)], a composite resin [Gradia Direct Posterior (GC)] and two different coating materials, one resin-based [G-Coat PLUS (GC), Fuji Varnish (GC)] were used.

In the *in-vivo* part of this study, 54 patients, 44 women and 10 men with Class I and II cavities/restorations who had admitted to our clinic for restorative treatment were included. One hundred forty four Class II and 112 Class I restorations were performed with combinations of highly-viscous glass ionomer cements and coating materials. At the end of 18 months, 248 restorations and 52 patients could be followed. Restorations were evaluated according to the modified USPHS criteria by two different and experienced examiners.

In the i*n-vitro* part of this study, toothbrush abrasion, three-point bending strength, compressive strength, Vickers microhardness and color stability tests were performed. Toothbrush abrasion test was performed with 1 N vertical force at 40000 cycles. Three-point bending strength, compressive strength and Vickers microhardness tests were carried out in three different time periods of 24 hours, 7

days and 30 days. Specimens of discoloration test were stored in staining solutions of coffee and coca cola during 7 days. Color change values of the specimens were determined on days 1,3,5 and 7 by a spectrophotometer. Composite resin group and noncoated glass ionomer cement groups were used as control groups. The physical and mechanical properties of highly-viscous glass ionomer cements and coating material combinations were compared.

Statistical analysis was performed by using SPSS Version 13.0 program at a significance level of 0.05. In *in-vivo* part, the modified USPHS criterias were compared with Pearson Chi-Square test while Kaplan-Meier and log-rank (Mantel-Cox) tests were performed for survival analysis.

In *in-vitro* part, all the groups in toothbrush abrasion, three-point bending strength and compressive strength tests, regardless of the number of cycles and different time zones, were compared by one-way ANOVA test. If there was a significant difference, Tukey HDS test was used for comparisons of groups. T-test was used for comparisons of different time zones and different cycles of each groups. In discoloration test, group comparisons were performed with Tukey HDS test, whereas each groups' time dependent delta values were compared with T-test.

In *in-vivo* part, at the end of 18 months the success rate for Class I restorations was 100%, whereas the success rate of Class II restorations was 93,6% and the difference was statistically insignificant. In color match criteria, Fuji IX GP eXtra groups showed significantly higher success ($p \leq 0.05$) than Riva Self Cure groups. When marginal adaptation, anatomical form and retention loss criterias were evaluated; 5 (8.1%) restorations in "Fg" group, 2 (3.2%) in "Fv" group, 1 (1.6%)in "Rg" group, and 1 (1.6%) in "Rv" group; a total of 9 (3.6%) restorations failed and were renewed.

In toothbrush abrasion test, meanwhile there was no significant difference between groups of glass ionomer cements, while, composite resin group showed significantly higher wear resistance than glass ionomer cement groups ($p \leq 0.05$). However, the application of a light-cured coating material had significantly improved the wear resistance of both glass ionomer materials.

In three-point bending and compressive strength tests, the composite resin group showed significantly higher resistance values ($p \leq 0.05$). The difference in the 24 hours and 30 days datas were statistically insignificant in all groups.

In Vickers microhardness test, the microhardness of glass ionomer cement groups were significantly increased over time ($p \leq 0.05$). Microhardness of composite resin group decreased at the end of 30 days, but the difference was not significant. Glass ionomer cement groups showed higher microhardness values than the composite resin group in all time periods ($p \leq 0.05$).

At the end of discoloration test, the groups stored in coca cola solution were significantly less discolored than the groups left in coffee solution ($p \leq 0.05$). The application of coating material had no significant contribution on the color change.

As a result, this study concludes that the restorative system which is a combine of glass ionomer cement and light-cured nanofilled coating material is a suitable permanent treatment approach for Class I and small and medium size Class II restorations due to increase of wear resistance by coating material while it has no significant effect on physical and mechanical properties of glass ionomer cement.

KAYNAKLAR

1. Ajlouni R, Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J (2005). The use of ormocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod, 75(1):106-108*

2. Akinmade AO, Nicholson JW (1993). Glass-ionomer cements as adhesives. Part I: Fundamental aspects and their clinical relevance. *J Mater Sci: Mater Med*, *4*:95–101

3. Al-Badry IA, Kamel FM (1994). Clinical use of glass ionomer cement*:* a literature review. *The Saudi Dental Journal, 6(2):107-116*

4. Albers HF (2000). Resin polymerization. *ADEPT Report, 6(3)*

5. Allan DN (1969). The durability of conservative restorations. *Br Dent J, 126:172-177*

6. Al-Naimi OT, Itota T, Hobson RS, McCabe JF (2008). Fluoride release for restorative materials and its effect on biofilm formation in natural saliva. *J Mater Sci: Mater Med*, *19*:1243–1248

7. Anusavice KJ (2003). Phillips' science of dental materials. *11th ed. St Louis: Elsevier*

8. Anusavice KJ (1996). Challenges to the development of esthetic alternatives to dental amalgam in a dental researcher center. *Trans Acad Dent Mater, 9:25-50*

9. Asmussen E, Peutzfeldt A (2003). Polymer structure of a light-cured resin composite in relation to distance from the surface. *Euro J Oral Sci, 111:277-279*

10. Bagby M, House RC, Baier RL, Helms SK, Tatich DJ (2000). Interproximal contacts of packable composites. *J Dent Res (Abstract 2440), 79:448*

11. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent, 33:389–398*

12. Bala, O (1998). Poliasit-modifiye kompozit rezinler (kompomerler) literatür taraması. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg, 1(2):113-118*

13. Barry TI, Clinton DJ, Wilson AD (1979). The structure of a glass-ionomer cement and its relationship to the setting process. *J Dent Res, 58:1072-1079*

14. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson MA (1998). Characterization of first generation flowable composites. *J Am Dent Assoc, 129(5):567-577*

15. Bektaş ÖB, Siso ŞH, Eren D (2006). Işık kaynakları, polimerizasyon ve klinik uygulamalar. *Ege Üni Diş Hek Fak Derg, 27:117-124*

16. Belcher MA, Stewart GP (1997) Two year clinical evaluation of an amalgam adhesive. *J Am Dent Assoc, 128(3):309-14*

17. Belli R, Pelka M, Petschelt A, Lohbauer U (2009). İn vitro wear gap formation of self adhesive resin cements. *J Dent, 37:984-993*

18. Bellinger DC, Trachtenberg F, Daniel D,Zhang A, Tavares MA, McKinlay S (2007). A dose-effect analysis of children's exposure to dental amalgam and neuropsychological function: The new England children's amalgam trial. *J Am Dent Assoc, 138(9):1210-6*

19. Billington RW, Towler M, Hadley P, Pearson GJ (1998), Effects on glass ionomer of NaF addition. *J Dent Res, 77:1226*

20. Bonifacio C, Van Amerongen WE, Werner A, Kleverlaan C (2010). The effect of coating glass ionomers with a nanofilled resin. *IADR General Session, July 14-17*

21. Bonifacio C, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RCR, Van Amerongen WE (2009). Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust Dent J, 54:233-237*

22. Boyacıoğlu H, Güneri P (2006). Sağlık araştırmalarında kullanılan temel istatistik yöntemler. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg, 30(3):33-39*

23. Braem M, Lambrechts P, Vanherle G (1994). Clinical relevance of laboratory fatique studies. *J Dent, 22:97-102*

24. Browning WD, Johnson WW, Gregory PN (2000). Clinical performance of bonded amalgam restorations at 42 months. *J Am Dent Assoc, 132(7):923-31*

25. Burgess O, Cakir D (2009). Materials selection for direct posterior restoratives. *www.ineedce.com*

26. Burke FJT, Wilson NHF, Cheung SW, Mjör IA (2001). Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. *J Dent, 29:317–324*

27. Burke FJT, Wilson HNF (1999). Glass-ionomer restorations in stress-bearing and difficult-to-access cavities. In: Davidson CL, Mjör IA editors. Advances in glass-ionomer cements. *Chicago: Quintessence Pub Co, 253-268*

28. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM (1994). Mechanical behavior of glass ionomer cements affected by long-term storage in water. *Dent Mater, 10:37-44*

29. Cefaly DFG, Bresciani E, Lauris JRP, Barata TJE, Fagundes TC, Navarro MFL (2007). Clinical evaluation of multiple-surface ART restorations: 12 month follow-up. *J Dent for Child, 74:3*

30. Cengiz T (1996). Endodonti. *Barış Yayınları, Bornova-İzmir*

31. Chan KHS, Mai Y, Kim H, Tong KCT, Desmond Ng, Hsiao JCM (2010). Review: resin composite filling. *Materials, 3:1228-1243*

32. Chemfil Rock, Scientific Compendium, *Dentsply*

33. Cichon P, Kerschbaum T (1999). Verweildauer zahnärztlicher restaurationen bei behinderten. *Dtsch Zahnärztl Z, 54:96-102*

34. Civelek A, Ersoy M, Hotelier EL, Soyman M, Say EC (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. *Oper Dent, 28(5):635-641*

35. Corbo M, Fahed E, Hershenfield S, Paige L, Panic O (2009). Longevity of composite resin and amalgam restorations in posterior teeth: An evidence-based review of the literature. *DEN300Y – Community Dentistry, www.utoronto.ca/dentistry/newsresources/evidence_based/EBR09/W2EBLREPORT-2009.pdf*

36. Crabb HSM (1981), The survival of dental restorations in a teaching hospital. *Br Dent, 150:315-318*

37. Craig RG (2002). Restorative dental materials. *11th edition, Mosby, London, UK*

38. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD (1980). Glass ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res, 59:1055-1063*

39. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD (1979). Characterization of glass-ionomer cements: 5. The effect of tartaric acid concentration in the liquid component. *J Dent, 7:304-312*

40. Crowley CM, Doyle J, Towler MR, Hill RG, Hampshire S (2006). The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent, 34:566-573*

41. Çelik EU, Ermiş RB (2008). Koruyucu rezin uygulamasının yüksek viskoziteli geleneksel cam iyonomer simanın mikrosertliği üzerine etkisinin *in-vitro* olarak değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg, 11(2):91-95*

42. Dahl JE, Eriksen HM (1978). Reasons for replacement of amalgam dental restorations. *Scand J Dent Res, 86:404-407*

43. Davidson CL, Mjör, IA (1999). Advences in glass-ionomer cements. *Quintessence Publishing Co, Inc*

44. Davis N (2003). A nanotechnology composite. *Compend Contin Educ Dent, 24(9):665-667*

45. Dayangaç GB (2000). Kompozit rezin restorasyonlar. *Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara*

46. DeBarra E, Hill RG (2000), Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: influence of fluoride content. *Biomaterials, 21:563-569*

47. DeRouen TA, Martin MD, Leroux BG, Townes BD, Woods JS, Leitao J, Castro-Caldas A, Luis H, Bernardo M, Rosenbaum G, Martin IP (2006). Neurobehavioral effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *J Am Med Assoc, 295(15):1784-92*

48. Doglia R, Herr P, Baume LJ (1986). Clinical evaluation of four amalgam alloys: A five-year report. *J Prosthet Dent, 56:406-415*

49. Dowling AD, Fleming GJP (2009). Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? *J Dent, 37:133-140*

50. Dündar M, Özcan M, Çömlekoğlu E, Güngör MA (2010). A preliminary report on short-term clinical outcomes of three-unit resin-bonded fixed prostheses using two adhesive cements and surface conditioning combinations. *Int J Prosthet, 23(4):353-60*

51. Earl MS, Hume WR, Mount GJ (1985). Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass-ionomer cement surface. *Aust Dent J, 30:298–301*

52. Erickson R, Glasspoole EA (1994). Bonding to tooth structure: A comparison of glass ionomer cements and composite resin systems. In glass ionomers: The next generation. *2nd International Symposium on Glass Ionomers; Philadelphia, PA, USA, June, 1994; Hunt, P.R., Ed.; International Symposia in Dentistry: Philadelphia, PA, USA*

53. Ersin NK, Candan Ü, Aykut A, Önçağ Ö, Eronat C, Köse T (2006). A clinical evaluation of resin-based composite and glass ionomer cement restorations placed in primary teeth using the ART approach. *J Am Dent Assoc, 137:1529-1536*

54. Ferrari M (1999). Use of glass-ionomers as bondings, linings or bases. In: Davidson CL, Mjör IA, editors. Advances in glass-ionomer cements. *Chicago: Quintessence Pub Co, 137-148*

55. Fleming GJP, Kenny SM, Barralet JE (2006). The optimisation of the initial viscosity of an encapsulated glass-ionomer restorative following different mechanical mixing regimes. *J Dent, 34:155-163*

56. Fontes ST, Fernandez MR, Moura CM, Meireless SS (2009). Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci, 17(5):388-391*

57. Forsten L (1998). Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials, 19*:503–508

58. Frankenberger R, Garcia-Godoy F, Kramer N (2009). Clinical performance of viscous glass ionomer cement in posterior cavities over two years. *Int J Dent, ID781462*

59. Frencken JE, Makoni F, Sithole WD (1998). ART restorations and glass ionomer sealants in Zimbabwe: Survival after 3 years. *Community Dental Oral Epidemiol, 26:372-381*

60. Frencken JE, Makoni F, Sithole WD, Hackenitz E (1998). Three-year survival of one-surface ART restorations and glass ionomer sealants in a school oral health programme in Zimbabwe. *Caries Res, 32:119-126*

61. Frencken JE, Makoni F, Sithole WD (1996). Atraumatic restorative treatment and glass ionomer sealants in a school oral health programme in Zimbabwe: Evaluation after 1 year. *Caries Res, 30:428-433*

62. Frencken JE, Songpaisan Y, Phantumvanit P, Pilot T (1994). An atraumatic restorative treatment (ART) technique: Evaluation after one year. *Int Dent J, 44:460-464*

63. Friberg LT, Schrauzer GN (1995). Quo and prospectives of amalgam and other dental materials. *Thieme: Stuttgart, Germany*

64. Gal JY, Fovet Y, Adip-Yadzi M (2001). Review: About a synthetic saliva for *in-vitro* studies. *Talanta, 53:1103-1115*

65. Gao W, Peng D, Smales RJ, Yip KH (2003). Comparison of atraumatic restorative treatment and conventional restorative procedures in hospital clinic: evaluation after 30 months. *Quintessence Int, 34:31-37*

66. Gao W, Smales RJ, Yip HK (2000). Demineralisation and remineralisation of dentine caries, and the role of glass ionomer cements. *Int Dent J, 50-56*

67. Garcia AH, Lozano MAM, Vila JC, Escribano AB, Galve PF (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal,11:E215-20*

68. Gemalmaz D, Yoruc B, Ozcan M, Alkumru HN (1998). Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. *J Prosthet Dent, 80(4):474-8.*

69. Geurtsen W, Schoeler U (1997). A 4-year retrospective clinical study of Class I and Class II composite restorations. *J Dent, 25:229-232*

70. Gonzales-Cabeaz C, Fontana M, Dunicape AJ, Li Y, Fischer GM, Proskin HM, Stookey GK (1998). Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. *Caries Res, 32:385-392*

71. Gökçe K, Özel E (2005). Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg, 15(3):52-60.*

72. Griffin S, Hill RG (2000). Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: Influence of fluorine content. *Biomaterials, 20:1579-1586*

73. Griffin S, Hill RG (1999). Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part I: Influence of aluminum to silica ratio. *Biomaterials, 20:1579-1586*

74. Griffin S, Hill RG (1998). Influence of polyacrrylic acid molar mass on the fracture properties of glass polyalkenoate cements. *J Mater Sci, 33:5383-5396*

75. Gu YW, Yap AU, Cheang P, Khor KA (2005). Effects of incorporation of HA/ZrO_2 into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials, 26*:713–720

76. Guggenberger R, May R, Stefan KP (1998). New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials, 19:479-483*

77. Gürgan S, Çakır FY, Fırat E, Kütük ZB, Ak S (2010). 6-month clinical performance of a new glass-ionomer restorative system. *IADR General Session, July 14-17, Abst No:403*

78. Hahnel S, Schultz S, Trempler C, Ach B, Handel G, Rosentritt M (2010). Two-body wear of dental restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater. 4(3): 237-244*

79. Hatton PV, Brook IM (1992). Characterisation of the ultrastructure of glass-ionomer (poly-alkenoate) cement. *Br Dent J, 173:275-277*

80. Healey HJ, Phillips RW (1949). A clinical study of amalgam failure. *J Dent Res, 28:439-446*

81. Hickel R, Manhart J (2001). Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent, 3:45-64*

82. Hickel R, Manhart J, Garcia-Godoy F (2000). Clinical results and new developments of direct posterior restorations. *Am J Dent, 13:41-54*

83. Hickel R, PetscheltA, Maier J, Voß A, Sauter M (1988). Nachuntersuchung von Füllungen mit Cermet-Zement (Ketac-Silver). *Dtsch Zahnärztl Z, 43:851-853*

84. Hill RG (1993). The fracture properties of glass polyalkenoate cements as a function of cement age. *J Mater Sci, 28:3851–3858*

85. Ho TFT, Smales RJ, Fang DTS (1999). A 2-year clinical study of two glass ionomer cements used in the atraumatic restorative treatment (ART) technique. *Community Dent Oral Epidemiol, 27:195-201*

86. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K (1992). Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent, 17:57–61*

87. Iguodala-Cole BO, Aboush YEY, Vowles RW, Elderton RJ (1991). Challenging the ISO and BSI specifications for glass-ionomer cements: Effect of specimen size upon compressive and tensile strength measurements. *Clinic Mater, 7:333-334*

88. Imazato S, McCabe JF (1994). Influence of incorporation of antibacterial monomer on curing behaviour of a dental resin composite. *J Dent Res, 73:1641-1645*

89. Inbetriehnahme der Zahnbürstenabrasionsmachine. *Zahnklinik 1, Friedrich-Alexander Universitat, Erlangen, Nüremberg, Deutschland*

90. ISO/FDIS 9917-1 (2007). *International standart, dentistry – water-based cements – Part 1: Powder/liquid acid-base cements*

91. ISO/8thWD 9917-2 (2006). *Dentistry: Water based cements: Part 2: Resin modified cements*

92. ISO/TS 14569-1 (1999). *Technical specification, Dental materials – Guidenace on testing of wear resistance – Part 1: Wear by tooth brushing*

93. Jackson RD, Morgan M (2000). The new posterior resins and simplified placement technique. *J Am Dent Assoc, 131:375-383*

94. Johnston WM, Kao EC (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res, 68(5):819-822*

95. Jokstad A, Mjör IA, Qvisit V (1994). The age of restorations *in situ*. *Acta Odontol Scand, 52:234-248*

96. Jorgensen KD, Iwaku M, Wakumoto S (1969). Vacuum-mixing of silicate cement. *Acta Odontol Scand, 27*:453–465

97. Kamann WK, Gägler P (1999). Zur Fukntionszeit von Amalgam-, Komposite- und Goldhämmerfüllungen. *ZWR, 108:270-273*

98. Kato K, Yarimizu H, Nakaseko H, Sakuma T (2008). Influence of coating material on conventional glass-ionomer cement. *J Dent Res, 87:487*

99. Kawano F, Kon M, Kobayashi M, Miyai K (2001). Reinforcement effect of short glass fibers with CaO-P_2O_5-SiO_2-Al_2O_3 glass on strength of glass-ionomer cement. *J Dent, 29:377–380*

100. Kielbassa AM, Schulte-Monting J, Garcia-Godoy F, Meyer-Lueckel H (2003). Initial *in situ* secondary caries formation: effect of various fluoride-containing restorative materials. *Dent Mater, 28:765-72*

101. Kleverlaan CJ, Duinen RNB, Feilzer AJ (2004). Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater, 20:45-50*

102. Klinge S, Kunstmann K, Frankenberger R, Krämer N (1999). Clinical behavior of viscous glassionomer cement in classes I and II cavities. *J Dent Res, 78: 2285*

103. Kobayashi M, Kon M, Miyai K, Asaoka K (2000) Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with CaO-P_2O_5-SiO_2-Al_2O_3 glass. *Biomaterials, 21*:*2051–2058*

104. Krämer N, Kunzelmann KH, Pollety T, Pelka M, Hickel R (1994). Langzeiterfahrungen mit Cermet-Zementfüllugen in Klasse-I/II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärtl Z, 49:905-909*

105. Krejci I, Lutz F (1991). Marginal adaptation of Class V restorations using different restorative tecniques. *J Dent, 19:24-32*

106. Kreulen CM, Tobi H, Gruythuysen RJM, van Amerongen WE, Borgmeijer PJ (1998). Replacement risk of amalgam treatment modalities 15-year results. *J Dent, 26:627-632*

107. Kunzelmann KH, Bürkle V, Bauer C (2003). Two-body and three-body wear of glass ionomer cements. *Int J Paediatr Dent, 13:434–440*

108. Lavelle CLB (1976). A cross-sectional survey into the durability of amalgam restorations. *J Dent, 4:139-143*

109. Letzel H, van't Hof MA, Marshall GW, Marshall SJ (1997). The influence of the amalgam alloy on the survival of amalgam restorations: A secondary analysis of multiple controlled clinical trials. *J Dent Res, 76:1787-1798*

110. Levallois B, Fovet Y, Lapeyre L, Gal JY (1998). *In-vitro* fluoride release from restorative materials in water versus artificial saliva medium (SAGF). *Dent Mater, 14:441-447*

111. Lo EC, Holmgren CJ (2001). Provision of atraumatic restorative treatment (ART) restorations to Chinese preschool children: A 30-month evaluation. *Int J Paediatr Dent, 11:3-10*

112. Lo EC, Luo Y, Fan MW, Wei SHY (2001). Clinical investigation of two glass-ionomer restoratives used with the atraumatic restorative treatment approach in China: two-years results. *Caries Res, 35:458-463*

113. Lohbauer U (2010). Dental glass ionomer cements as permanent fillig materials? – Properties, limitations and future trends. *Materials, 3:76-96*

114. Lohbauer U, Kramer N, Siedeschlag G, Schubert EW, Laurer B, Müller FA, Petschelt A, Ebert J (2011). Strength and wear resistance of a dental glass ionomer cement with a novel nanofilled resin coating *(special discussion)*

115. Lohbauer U, Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A (2003). Time-dependent strength and fatigue resistance of dental direct restorative materials. *J Mater Sci Mater Med.*;*14(12):1047-53*

116. Lohbauer U, Frankenberger R, Clare A, Petschelt A, Greil P (2004). Toughening of glass ionomer cements by reactive glass fibers. *Biomaterials, 25:5217–5225*

117. Mair LH (1998), Ten-year clinical assessment of three posterior resin composites and two amalgams. *Quintessence Int, 29:483-490*

118. Mak YF, Lai SCN, Cheung GSP, Chan AWK, Tay FR, Pashley DH (2002). Micro-tensile bond testing to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater, 18:609–621*

119. Mallmann A, Ataide JCO, Amoedo R, Rocha PV, Jacques LB (2007). Compressive strength of glass ionomer cements using different specimen dimensions. *Braz Oral Res,21(3):204-8*

120. Mallow PK, Durward CS. Klaipo M (1995). Comparison of two glass ionomer cements using in the ART tecnique [abstract 33]. *J Dent Res, 74:405*

121. Mallow PK, Durward CS. Klaipo M (1998). Restoration of permanent teeth in young rural children in Cambodia using the atraumatic restorative treatment (ART) technique and Fuji II glass ionomer cement. *Int J Paediatr Dent, 8:35-40*

122. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R (2000). Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mater Res, 53(4):353-361*

123. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD (1994). Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int, 25:587–589*

124. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH (1997). Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without "softstart-polymerization. *J Dent, 25:321-330*

125. Menezes JP, Rosenblatt A, Medeiros E (2006). Clinical evaluation of atraumatic restorations in primary molars: A comparison between 2 glass ionomer cements. *J Dent Child, 73:91-97*

126. Mioche L, Hiiemae KM, Palmer JB (2002). A posterior-anterior videofluorographic study of the intra-oral management of food in man. *Arch Oral Biol, 47:267–280*

127. Mitra SB, Wu D, Holmes BN (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc, 134(10):1382-1390*

128. Miyazaki M, Moore BK, Onose H (1996). Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci, 104:600–604*

129. Mjör IA, Dahl JE, Moorhead JE (2000). Age of restorations at replacement in permanent teeth in general dental practice. *Acta Odontologica Scandinavica, 58:97-101*

130. Mjör IA, Moorhead JE (2000). Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general practice. *Int Dent J, 50:361-8*

131. Mjör IA, Jockstad A (1993). Five-year study of Class II restorations in permanent teeth using amalgam, glass polyalkenoate (ionomer) cerment and resin-based composite materials. *J Dent, 21:338-343*

132. Mjör IA (1992). Problems and benefits associated with restorative materials: Side-effects and long-term cost. *Adv Dent Res, 6:7-16*

133. Mjör IA (1989). Amalgam and composite resin restorations: Longevity and reasons for replacement, In: Anusavice K (ed). Quality Evaluation of Dental Restorations. *Chicago: Quintessence Publishing Co, p: 61-80*

134. Moffa JP (1989), Cooperative performance of amalgam and composite resin restorations and criteria for their use. In: Anusavice K (ed). Quality evaluation of dental restorations. *Chicago: Quintessence Publishing Co, p: 125-133*

135. Mohandesi JA, Rafiee MA, Barzegaran V, Shafiei F (2007). Compressive fatique behavior of dental restorative composites. *Dent Mater, 26(6):827-837*

136. Momoi Y, McCabe JF (1993). Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative materials. *Dent Mater, 9:151–154*

137. Mount GJ (2002). An atlas of glass-ionomer cements. A clinician's guide. *Third edition, Martin Dunitz Ltd, UK*

138. Mount GJ, Ngo H (2000). Minimal intervention: a new consept for operative dentistry. *Quintessence Int, 31:527-533*

139. Mount GJ (1997), Longevity in glass-ionomer restorations: Review of a successful technique. *Quintessence Int, 28:643-650*

140. Mousavinasab M, Meyers I (2009). Fluoride release and uptake by glass ionomer cements, compomers and giomers. *J Biol Sci, 4(5):609-616*

141. Mundim FM, Garcia LFR, Pires-De-Souza FCP (2010). Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci, 18(3):249-54*

142. Murdoch-Kınch C, Mclean ME (2003). Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc, 134:87-95*

143. Naassan MA, Watson TF (1998). Conventional glass ionomers as posterior restorations: A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent, 11:36-45*

144. Nagaraja Upadhya P, Kishore G (2005). Glass ionomer cement - the different generations. *Trends Biomater. Artif. Organs, 18(2):158-165*

145. Ngo H, Peters MC, Mount GJ (1996). Porosity reduction as a way to increase shearing strength of capsulated glass-ionomer cements. *Trans Acad Dent Mater, 9:258*

146. Nicholson JW (2010). Review: Glass ionomer dental cements: update. *Mater Tech, 25(1):8-13*

147. Nicholson JW, Czarnecka B (2008). The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater, 24:1702-1708*

148. Nicholson JW, Wilson AD (2000). The effect of storage in aqueous solutions on glass-ionomer and zinc polycarboxylate dental cements. *J Mater Sci: Mater Med, 11:357-360*

149. Nicholson JW, Amiri MA (1998). The interaction of dental cements with aqueous solutions of varying pH. *J Mater Sci: Mater. Med, 9:549–554*

150. Nicholson JW, Brookman PJ, Lacy OM, Wilson AD (1988). Fourier transform infrared spectroscopic study of the the role of tartaric acid in glass-ionomer dental cements. *J Dent Res, 67:1451-1454*

151. Nihei T, Kunzelmann KH, Dabanoğlu A, Ohashi K, Mori R, Hickel R, Teranaka T (2008). Wear resistance of resin-based restorative composites. *IADR 86th General Session & Exhibition, Abst No:1056*

152. Noie F, O'Keefe KL, Powers JM (1995). Color stability of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont, 8(1):51-55*

153. Nomoto R, Komoriyama M, McCabe JF, Hirano S (2004). Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater, 20:972–978*

154. Osborne JW, Binon PP, Gale EN (1980). Dental amalgam: Clinical behavior up to eight years. *Oper Dent, 5:24-28*

155. Önal B, Pamir T (2005). The two-year clinical performance of esthetic restorative materials in noncarious cervical lesions. *J Am Dent Assoc, 136:1547-1555*

156. Önal B (2001). Restoratif dişhekimliğinde maddeler bilgisi. *Ege Üni Dişhek Fak Yayınları, Bornova-İzmir*

157. Peez R, Frank S (2006). The pshysical-mechanical performance of the new Ketac Molar Easymix compared to commercially available glass ionomer restoratives. *J Dent, 34:582-587*

158. Pelka M, Ebert J, Schneider H, Krämer N, Petschelt A (1996). Comparison of two- and three-body wear of glass-ionomers and composites. *Eur J Oral Sci, 104*:132–137

159. Peters MC, Mclean ME (2001). Minimally invasive operative care. II. Contemporary techniques and materials: an overview. *J Adhes Dent, 3:17-31*

160. Peumans M, Van Meerbeek B, Asscherickx K, Simon S, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G (2001). Do condensable composites help to achieve better proximal contacts? *Dent Mater, 17(6):533-41*

161. Peutzfeldt A (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci, 105(2):97-116*

162. Phantumvanit P, Songpaisan Y, Pilot T, Frencken JE (1996). Atraumatic restoration treatment (ART): A three-year community field trial in Thailand - Survival of one-surface restoration in the permanent dentition. *J Public Health Dent, 56:141-145*

163. Phillips RW, Avery DR, Mehra R, Swartz ML, Mccunu RJ (1971). One-year observations on a composite resin for Class II restorations. *Prosthet Dent, 26(1):68-77*

164. Plasmans PJJM, Creugers NHJ, Mulder J (1998). Long- term survival of extensive amalgam restorations. *J Dent Res, 77:453-460*

165. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD (1982). Improved adhesion of a glass-ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res, 61:1416–1422*

166. Prosser HJ, Powis DR, Wilson AD (1986). Glass-ionomer cements of improved flexural strength. *J Dent Res, 65:146–148*

167. Quist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT (2004). Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeeth. *Acta Odontol Scand, 62(1):37-45*

168. Raskin A, Michotte- Theall B, Vreven J, Wilson NHF (1999). Clinical evaluation of a posterior composite: 10-year report. *J Dent, 27:13-19*

169. Ribeiro AP, Serra MC, Paulillo LA, Rodrigues Junior AL (1999). Effectiveness of surface protection for resin-modified glass ionomer materials. *Quintessence Int, 30:427–431*

170. Richardson AS, Boyde MA (1973). Replacement of silver amalgam restorations by 50 dentists during 246 working days. *Can Dent Assoc J, 39:556-559*

171. Robinson AD (1971), The life of a filling. *Br Dent J, 130:206-208*

172. Romieu O, Levallois B, Gal JY (2005). Comparative study of flouride release by two compomers with or without post polymerization, in water and in artificial saliva (SAGF medium). *Eur Cells and Mater, 9(1):68-70*

173. Roulet JF (1995), Esthetic posterior restorations. In: dall'Orologia GD, Fuzzi M, Prati C (eds). Adhesion in restorative dentistry. *[Proceedings of the International Symposium, 18 Nov 1995, Bologna]. 27-47*

174. Roulet JF (1997), Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J Dent, 25:459-473*

175. Ruyter IE, Nilner K, Moller B (1987). Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater, 3(5):246-251*

176. Ryge G (1980). Clinical criteria. *Inter Dent J, 30:347-358*

177. Rykke M (1992), Dental meterials for posterior restorations. *Endod Dent Traumatol, 8:139-148*

178. Sarkar NK (1999). Metal-matrix interface in reinforced glass-ionomers. *Dent Mater, 15*:421–425

179. Scholtanus JD, Huysmans MCDNJM (2007). Clinical failure of Class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent, 35:156-162*

180. Sidhu SK (2010). Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dent Mater, 26:7–12*

181. Smales RJ, Yip HK (2002). The atraumatic restorative treatment (ART) approach for the magement of dental caries. *Quintessence Int, 33:427-432*

182. Small ICB, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK (1998). Water sorption in resin-modifiedglass-ionomer cements: An *in-vitro* comparison with other materials. *Biomaterials, 19:545–550.*

183. Soh MS, Yap AU, Siow KS (2003). The effectiveness of cure of LED and halogen curing lights at varying cavity depths. *Oper Dent, 28:707-715*

184. Soltesz U, Benkeser G (1989). Fatigue Behavior of Filling Materials. *Oral Implantology and Biomaterials: Amsterdam, The Netherlands, pp. 281–286*

185. Sonju Clasen AB, Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J, Sonju T (1997). Caries development in fluoridated and non-fluoridated deciduous and permanent enamel in situ examined by microradiography and confocal laser scanning misroscopy. *Adv Dent Res, 11:442-447*

186. Stansbury JW, Dickens B, Liu DW (1995). Preparation and characterization of cyclopolymerizable resin formulations. *J Dent Res, 74(4):1110-1115*

187. Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS (1994). Polymerization shrinkage of composite resins: comparison with tooth deformation. *J Prosthet Dent, 71(1):7-12*

188. Svanberg M (1992), Class II amalgam restorations, glass-ionomer tunnel restorations, and caries development on adjacent tooth surface: a 3-year clinical study. *Caries Res, 26:315-318*

189. Taifour D, Frencken JE, Beiruti N, Van't Hof MA, Truin GJ (2002) Effectiveness of glass-ionomer (ART) and amalgam restorations in the deciduous dentition: results after 3 years. *Caries Res, 36:437-444*

190. Türkün LŞ, Türkün M, Ertuğrul F, Ateş M, Brugger S (2008). Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthet Rest Dent; 20: 29–44*

191. Ure D, Harris J (2003). Nanotechnology in dentistry: reduction to practice. *Dent Update, 30(1):10-15*

192. Vogel W (1992), Glaschemie*; Springer: Berlin, Germany*

193. Wassell RW, Walls AWG, McCabe JF (1995). Direct composite inlays versus conventional composite restorations: Three-year clinical results. *Br Dent J, 343-349*

194. Wasson EA, Nicholson JW (1991). Studies on the setting chemistry of glass-ionomer cements. *Clin Mater, 7:289-293*

195. Wasson EA, Nicholson JW (1991). New aspects of the setting of glass-ionomer cements. *J Dent Res, 7(2):481-483*

196. Welbury RR (1997). Paediatric Dentistry. *Oxford University Press, Hong Kong*

197. White JM, Eakle WS (2000). Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc, 131:13-19*

198. Wiegand A, Buchalla W, Attin T (2007). Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater, 23*:343–362.

199. Wilder AD, May KN, Bayne SC, Taylor DF, Leinfelder KF (1999), Seventeen,year clinical study of ultraviolet-cured posterior composite Class I and II restorations. *J Esthet Dent, 11:135-142*

200. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ (1998). Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass–ionomer cement. *J Oral Rehabil, 25*:535–540

201. Wilson AD, Mclean JW (1988). Glass-ionomer cement. *Quintessence Publishing Co*

202. Wilson AD, Prosser HJ, Powis DM (1983). Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res, 62*:590–592

203. Wilson AD, Crisp S, Prosser HJ, Lewis BG, Merson SA (1980), Aluminosilicate glasses for polyelectrolyte cements. *Ind Eng Chem Prod Res Dev, 19:263-270*

204. Wilson AD, Kent BE, Clinton D, Miller RP (1974). Alumino-silicate polyacrilic acid and related cements. *Br Polym J, 6:165-179*

205. Wilson AD, Kent BE, Clinton D, Miller RP (1972). The formation and microstructure of dental silicate cements. *J Mater Sci, 7:220-238*

206. Wilson MA, Wilson NHF, Smith GA (1986). A clinical trial of a visible light-cured posterior composite resin restorative: Two-year results. *Quintessence Int, 17:151-155*

207. Wilson NHF, Wilson MA, Smith GA (1985). A clinical trial of a new visible light-cured posterior composite restorative - Initial findings and one-year results. *Quintessence Int, 16:281-290*

208. Wilson NHF, Smith GA, Wilson MA (1986). A clinical trial of a visible light-cured posterior composite resin restorative material: Three-year results. *Quintessence Int, 17:643-652*

209. Wilson NHF, Wilson MA, Smith GA (1987). A clinical trial of a visible light-cured posterior composite resin restorative material: Four-year result. *Quintessence Int, 19:133-139*

210. Wilson NHF, Wilson MA,Wastell DG, Smith GA (1988). A clinical trial of a visible light-cured posterior composite resin restorative material: Five-year result. *Quintessence Int, 19:675-681*

211. Wilson SJ, Wilson HJ (1993). The release of chlorhexidine from modified dental acrylic resin. *J Oral Rehabil, 20:311-319*

212. Wood D, Hill RG (1991). Structure – property relationship in ionomer glasses. *Clin Mater, 7:301-312*

213. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G (2000). Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dental Materials, 16:129-138*

214. Xu HHK, Eichmiller FC, Barndt PR (2001). Effects of fiber length and volume fraction on the reinforcement of calcium phosphate cement. *J Mater Sci: Mater Med, 12*:57–65

215. Yap AUJ, Pek YS, Cheang P (2003). Physical-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative. *J Rehabil, 30:1-8*

216. Yap AU, Pek YS, Kumar R.A, Cheang P, Khor KA (2002). Experimental studies on a new bioactive material: HA Ionomer cements. *Biomaterials, 23:955–962*

217. Yeşilyurt C, Bulucu B, Sezen O, Bulut G, Çelik D (2008). Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater, 27(5):695-701*

218. Yılmaz Y, Eyuboğlu Ö, Kocaoğulları ME, Belduz M (2006). A one-year clinical evalution of a high-viscosity glass ionomer cement in primary molars. *J Contemp Dent Prac, 7(1):071-078*

219. Yip HK, Smales RJ, Gao W, Peng D (2002). The effects of two cavity preparation methods on the longevity of glass ionomer cement restorations. *J Am Dent Assoc, 133:744-750*

220. Yip HK, Smales RJ, Yu C, Gao XJ, Deng DM (2002). Comparison of atraumatic restorative treatment and conventional cavity preparations for glass ionomer restorations in primary molars: One-year results. *Quintessence Int, 33:17-21*

221. Yoldas BE (1971). The nature of the coexistance of four- and six-coordinated Al^{+3} in glass. *Phys Chem Glass, 12:28-32*

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Konya/Ereğli'de doğdum. İlk öğrenimimi Konya/Ereğli Sümer İlkokulu, orta öğrenimimi Konya/Ereğli Anadaolu Lisesi ve lise öğrenimimi Konya/Ereğli Ereğli Lisesi'nde tamamladım. 1997 yılında Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde başladığım üniversite eğitimimi 2003 yılında tamamladım. 2005 yılı Mart ayında Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladım. 2007 yılında tahsisli Araştırma Görevlisi kadrosuna atandım ve halen bu göreve devam etmekteyim.