



T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**KEMOMEKANİK ÇÜRÜK TEMİZLEME YÖNTEMİNİN
FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN ADEZYONUNA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Dt. Özge GÜLCÜ KILINÇASLAN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Derya CEYHAN

**Bu tez, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından, Lisansüstü Tez Projesi kapsamında, TDH-
2020-8287 proje numarası ile desteklenmektedir.**

ISPARTA – 2022

KABUL ve ONAY

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına;

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Başkanlığı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25.04.2022

Adı Soyadı : Özge GÜLCÜ KILINÇASLAN

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Derya CEYHAN

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Zuhale KIRZIOĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ayşe Nil ALTAY

Antalya Bilim Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜKEŞMEN

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Esra ÖZ

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı

ONAY: Bu uzmanlık tezi, yukarıda belirtilen jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Timuçin BAYKUL
Dekan

BEYAN

“Kemomekanik Çürük Temizleme Yönteminin Farklı Restoratif Materyallerin Adezyonuna Etkisinin İncelenmesi” adlı uzmanlık tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Hazırlayan

Dt. Özge GÜLCÜ KILINÇASLAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam ve uzmanlık eğitimim boyunca büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan ve yol gösteren; hoşgörüsü, anlayışı, bilgi ve tecrübesiyle her konuda ilgi ve desteğini hissettiğim, tez çalışmam üzerinde büyük emeği olan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Derya CEYHAN'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca akademik bilgi, klinik deneyim ve hayata bakış açısını paylaşarak bizlere yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Zuhâl KIRZIOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca katkıda bulunan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜKEŞMEN'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra ÖZ'e,

Eğitimim boyunca güzel anlar paylaştığım, tanımaktan mutluluk duyduğum ve tez sürecimde beni destekleyen başta eşkıdemli olduğum arkadaşlarım olmak üzere, Pedodonti Anabilim Dalı'ndaki tüm asistan arkadaşlarıma ve klinikte desteklerini esirgemeyen tüm yardımcı personelimize,

Uzmanlık rotasyon eğitimim süresince, deneyimlerini paylaşan ve rotasyon eğitimlerimi gerçekleştirmemi sağlayan tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma,

Uzmanlık tezimi destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Tez çalışmamın laboratuvar ve analiz aşaması süresince, desteklerini esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı sorumlularına,

Tezimin istatistiksel değerlendirmelerini yapan istatistik uzmanı Aylin GÖÇÖĞLU'na,

Desteklerini her zaman kalbimde hissettiğim kıymetli arkadaşlarım Dt. Ceyda Gizem TOPAL'a, Dt. Dilan KOTTAŞ'a, Dt. Lalegül AĞAÇDAN'a, ve Dt. İsen Devlet GÜLEÇ'e,

Hayatıma girdiği günden itibaren manevi desteğiyle yanımda olan, bu zorlu sürecin her anını birlikte geçirdiğim, koşulsuz sevgisi, fedakarlığı ve sabrıyla bana her daim örnek olan sevgili eşim Uzm. Dt. Mehmet Can KILINÇASLAN’a,

Beni sevgiyle, büyük özveri, emek ve sabırla büyütüp yetiştiren, attığım her adımda beni destekleyerek kendime inanmamı sağlayan, eğitim hayatım boyunca elde ettiğim tüm başarıların mimarları sevgili annem Sibel GÜLCÜ’ye, sevgili babam Halil GÜLCÜ’ye ve kardeşlerim Kübra GÜLCÜ ile Naci GÜLCÜ’ye

Sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Özge GÜLCÜ KILINÇASLAN

ÖZET

Kemomekanik Çürük Temizleme Yönteminin Farklı Restoratif Materyallerin Adezyonuna Etkisinin İncelenmesi

Çalışmamızda, kemomekanik yöntem ve atravmatik restoratif tedavi tekniğinin, süt azı dişlerinin yüksek viskoziteli cam iyonmer siman ve kompomer restorasyonları üzerinde çalışma süresi, mikro-gerilim bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı açısından etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Toplanan 80 adet süt azı dişi, uygulanan çürük uzaklaştırma yöntemine göre Grup 1: BRIX 3000 ve Grup 2: ART olarak iki ana gruba; kullanılan restorasyon materyaline göre Grup A: Equia Forte HT ve Grup B: Dyract XP olarak iki alt gruba ayrıldı. Dişlerin çürük uzaklaştırma ve restorasyon aşamaları için harcanan süre kronometre ile kaydedildi. Her bir çalışma grubundaki 20 adet diştten, okluzal dentin çürüklü 5 adedine mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi, okluzoprosimal dentin çürüklü 15 adedine mikrosızıntı testi uygulandı. Örnekler, deney öncesinde 500 kez termal siklus işlemine tabi tutuldu. Mikro-gerilim testi uygulanacak her diştten 1x1 mm² boyutunda 3'er adet kesit elde edildi ve universal test cihazı ile 1 mm/dk çapraz kafa hızında kuvvet uygulandı. Kesitlerde görülen kopma tipleri stereomikroskop ile incelendi. Mikrosızıntı testi uygulanacak dişler, %0,5'lik bazik fuksin boyasında 24 saat bekletildi. Örnekler, mezio-distal olarak ikiye ayrılarak stereomikroskop ile incelendi. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edildi.

Çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). BRIX 3000 jel uygulanan gruplarda çürük uzaklaştırma süresinin, Equia Forte HT kullanılan gruplarda restorasyon süresinin daha fazla olduğu görüldü. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin, BRIX kullanılan tüm çalışma gruplarında, ART kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu saptandı ($p<0,05$). Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarının mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin, Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha yüksek olduğu ancak anlamlı bir farklılığın görülmediği tespit edildi ($p>0,05$). BRIX+Equia Forte HT çalışma grubunda en sık koheziv tip kopma, diğer çalışma gruplarında ise en sık adeziv tip kopma görüldü. Çalışma grupları ile kopma tipleri arasında hesaplanan ki-kare test istatistiği 1,120 olup, istatistiksel olarak önemli bulunmadı. Kopma tiplerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Kopma türüne göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin sıralamasının “koheziv>miks>adeziv” olduğu ve yalnızca adeziv ile koheziv tip kopma arasındaki farkın anlamlı olduğu bulundu ($p<0,05$). Mikrosızıntı skoru ile çalışma grupları arasında hesaplanan ki-kare test istatistiği 21,194 olup, istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0,05$). En düşük mikrosızıntının BRIX+Equia grubunda, en yüksek mikrosızıntının ART+Dyract XP grubunda ölçüldüğü saptandı. Gingival mikrosızıntı skorunun, BRIX+Equia Forte HT haricindeki çalışma gruplarında, okluzal mikrosızıntı skoruna kıyasla, daha yüksek olduğu tespit edildi.

BRIX 3000 jel kullanılan kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompomer materyalleri ile süt azı dişlerinde yapılan restorasyonların mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerini ve sızdırmazlık özelliğini arttırdığı görüldü. BRIX+Equia Forte HT kombinasyonunun, tüm testlerde en başarılı sonuçları verdiği saptandı.

Anahtar kelimeler: Süt dişi, kemomekanik ürük uzaklaştırma, atravmatik restoratif tedavi, BRIX 3000, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, kompomer



ABSTRACT

The Evaluation of Effect of Chemomechanical Caries Removal Method on Adhesion of Different Restorative Materials

Aim of this study was to evaluate the effects of chemomechanical caries removal technique and atraumatic restorative treatment technique (ART) on high viscosity glass ionomer cement and compomer restorations of primary molars in terms of working time, micro-tensile bond strength and microleakage.

Eighty primary molars were divided into two main groups as Group 1: BRIX 3000 and Group 2: ART according to the caries removal method and into two subgroups as Group A: Equia Forte HT and Group B: Dyract XP according to the restoration material used. The time spent for caries removal and restoration processes was recorded with a chronometer. Micro-tensile bond strength test was applied to 5 of 20 teeth with occlusal dentin caries and microleakage test was applied to 15 of 20 teeth with occlusoproximal dentin caries. The samples were thermocycled 500 times before the tests. Three sticks of 1x1 mm² in size were obtained from each tooth to be tested for micro-tensile bond strength, and force was applied with a micro-tensile tester at a crosshead speed of 1 mm/min. The modes of fractures were examined with a stereomicroscope. The teeth to be tested for microleakage were immersed in 0.5% basic fuchsin dye for 24 hours. The samples were divided into two as mesio-distally and examined with a stereomicroscope. The obtained data were analyzed statistically.

There was a statistically significant difference between the study groups in terms of caries removal time, restoration time and total procedure time ($p<0.05$). Caries removal time was longer in the BRIX 3000 gel groups and restoration time was longer in the Equia Forte HT groups. Micro-tensile bond strength values of the groups using BRIX 3000 were higher than the groups using ART ($p<0.05$). Micro-tensile bond strength values of the groups using Equia Forte HT were higher than the groups using Dyract XP, but no significant difference was observed ($p>0.05$). Fracture mode assessment showed a predominance of cohesive failures in BRIX+Equia Forte HT group and adhesive failures in the other study groups. The chi-square test statistic calculated between the study groups and fracture mode was 1,120, it was not found to be statistically significant. There was a statistically significant difference between the micro-tensile bond strength values of the fracture mode ($p<0.05$). It was found that the order of micro-tensile bond strength values according to the fracture mode was “cohesive>mix>adhesive” and the difference between only adhesive and cohesive failure modes was significant ($p<0.05$). The chi-square test statistic calculated between the microleakage score and the study groups was 21,194, and it was found to be statistically significant ($p<0.05$). The lowest microleakage was measured in the BRIX+Equia group, the highest microleakage was measured in the ART+Dyract XP group. The gingival microleakage score was higher in the study groups except BRIX+Equia Forte HT compared to the occlusal microleakage score.

The chemomechanical caries removal method using BRIX 3000 gel increased the micro-tensile bond strength and sealing property of the restorations with high-viscosity glass ionomer cement and compomer materials in primary molars. The BRIX+Equia Forte HT combination gave the most successful results in all tests.

Keywords: Primary teeth, chemomechanical caries removal, atraumatic restorative treatment, BRIX 3000, high viscosity glass ionomer cement, compomer



İÇİNDEKİLER

Sayfa

BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
RESİMLER DİZİNİ	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Diş Çürüğü	3
2.2. Süt Dişlenmede Görülen Çürük Lezyonları	5
2.3. Çürük Dokunun Uzaklaştırılması ve Kullanılan Yöntemler	7
2.3.1. Geleneksel Çürük Uzaklaştırma Yöntemi.....	8
2.3.2. Alternatif Çürük Uzaklaştırma Teknikleri	9
2.3.2.1. Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Yöntemi.....	11
2.3.2.1.1. Sodyum Hipoklorit Esaslı Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Ajanları.....	14
2.3.2.1.1.1. GK-101.....	14
2.3.2.1.1.2. GK-101E (Caridex).....	16
2.3.2.1.1.3. Carisolv™	18
2.3.2.1.2. Enzim Esaslı Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Ajanları.....	20
2.3.2.1.2.1. Papacarie	21
2.3.2.1.2.2. Carie-Care	23
2.3.2.1.2.3. Biosolv	24
2.3.2.1.2.4. BRIX 3000	24
2.3.2.2. Atravmatik Restoratif Tedavi Tekniği	26
2.4. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller	32
2.4.1. Amalgam.....	32
2.4.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	35

2.4.2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Toz ve Likit İçeriği	35
2.4.2.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Sertleşme Reaksiyonu ve Diş Dokularına Bağlanma Mekanizması	37
2.4.2.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Klinik Özellikleri	38
2.4.2.4. Güçlendirilmiş Cam İyonomer Simanlar	42
2.4.2.4.1. Metal İlaveli Cam İyonomer Simanlar	42
2.4.2.4.2. Fiber Takviyeli Cam İyonomer Simanlar	43
2.4.2.4.3. Nano-iyonomerler	43
2.4.2.4.4. Cam Karbomerler	44
2.4.2.4.5. Giomerler	45
2.4.2.4.6. Zirkonomerler	45
2.4.2.4.7. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar	46
2.4.2.4.7.1. Equia Sistemi	48
2.4.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar	51
2.4.4. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomer)	52
2.5. Restoratif Materyallerin İn Vitro Koşullarda Klinik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	54
2.5.1. Yaşlandırma Yöntemleri	55
2.5.1.1. Solüsyonda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi	55
2.5.1.2. Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi	56
2.5.1.3. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi	56
2.5.1.4. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi	57
2.5.2. Restoratif Materyallerde Mikrosızıntı	57
2.5.2.1. Radyoaktif İzotop Tekniği	58
2.5.2.2. Asetat Soyma Tekniği	58
2.5.2.3. Boya Penetrasyon Yöntemi	59
2.5.2.4. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi	60
2.5.2.5. Konfokal Lazer Tarama Mikroskopisi	60
2.5.2.6. Optik Koherens Tomografisi	61
2.5.3. Restoratif Materyallerin Diş Dokularına Bağlanma Dayanımı Testleri ..	61
2.5.3.1. Makro-Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	62
2.5.3.2. Makro-Gerilim Bağlanma Dayanımı Testi	62
2.5.3.3. İtme-Çekme Testi	63
2.5.3.4. Mikro-Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	63

2.5.3.5. Mikro-Gerilim Bağlanma Dayanımı Testi	64
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	66
3.1. Etik Kurul Onayı	66
3.2. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması.....	66
3.3. Dişlerin Toplanması ve Seçimi	67
3.4. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	69
3.5. Çalışmada Kullanılan Materyaller	69
3.5. Dişlerin Ön Hazırlığının Yapılması	71
3.6. Çürük Diş Dokusunun Uzaklaştırılması.....	72
3.6.1. BRIX 3000 Preparatı ile Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Yöntemi..	73
3.6.2. Atravmatik Restoratif Tedavi ile Çürük Uzaklaştırma Yöntemi	74
3.7. Restorasyonların Hazırlanması	76
3.7.1. Hibrit Teknolojili Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman Materyali (EQUIA Forte HT) ile Restorasyonun Yapılması.....	79
3.7.2. Kompomer Materyali (Dyract XP) ile Restorasyonun Yapılması	80
3.8. Laboratuvar Testleri	82
3.8.1. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Testi.....	82
3.8.1.1. Örneklerin Hazırlanması	83
3.8.1.2. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Ölçümü	84
3.8.1.3. Kopma Tipinin Belirlenmesi.....	86
3.8.2. Mikrosızıntı Testi	86
3.8.2.1. Örneklerin Hazırlanması	87
3.8.2.2. Mikrosızıntı Değerlendirmesi	88
3.9. Verilerin İstatistiksel Analizi	89
4. BULGULAR.....	90
4.1. İşlem Süresine Ait Bulgular	90
4.1.1. Okluzal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Bulgular	92
4.1.2. Okluzoprosimal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Bulgular	94
4.2. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Değerlerine Ait Bulgular	96
4.2.1. Kopma Tipi Analizine Ait Bulgular.....	97
4.3. Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular	101
4.3.1. Okluzal Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular.....	102
4.3.2. Gingival Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular	104

5. TARTIŞMA	107
5.1. İn Vitro Testlere Ait Değerlendirmeler	114
5.2. İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler	120
5.2.1. Okluzal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler	121
5.2.2. Okluzoproksimal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler	124
5.2.3. Okluzal ve Okluzoproksimal Çürüklü Tüm Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler	125
5.3. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Testine Ait Değerlendirmeler	127
5.4. Mikrosızıntı Testine Ait Değerlendirmeler	142
5.4.1. Çürük Uzaklaştırma Yöntemlerinin Mikrosızıntı Üzerindeki Etkisine Ait Değerlendirmeler	143
5.4.2. Restoratif Materyallerin Mikrosızıntı Üzerindeki Etkisine Ait Değerlendirmeler	147
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	154
KAYNAKLAR	157
EKLER.....	183
Ek 1. Etik Kurul Kararı	183

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. Enfekte ve etkilenmiş dentin dokularının karakteristik özellikleri	10
Tablo 2. Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının bileşenleri, etki mekanizmaları, üretim yılı ve üreticileri	13
Tablo 3. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin avantaj ve dezavantajları	64
Tablo 4. Mount ve Hume'un (1998) kavite sınıflandırması	67
Tablo 5. Mount ve Hume (1998) sınıflamasına göre kavite boyutlarının değerlendirilmesi	68
Tablo 6. Radyografik muayenede kullanılan Ekstrand kriterleri	68
Tablo 7. Çalışma gruplarının dağılımı	70
Tablo 8. Çalışmada kullanılan materyaller	71
Tablo 9. Mikrosızıntı değerlendirme skalası	89
Tablo 10. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması	91
Tablo 11. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin okluzal çalışma grupları bakımından karşılaştırılması	93
Tablo 12. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin okluzoprosimal çalışma grupları bakımından karşılaştırılması	95
Tablo 13. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin çalışma gruplarına göre karşılaştırılması	97
Tablo 14. Çalışma gruplarında görülen kopma tiplerinin dağılımı	99
Tablo 15. Kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri karşılaştırma analizi sonuçları	100
Tablo 16. Okluzal mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre dağılımı	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. Modifiye edilmiş Keyes-Jordan diyagramı	4
Şekil 2. Çürük oluşum süreci dengesi.....	4
Şekil 3. Equia Fil restoratif materyaline Equia Coat yüzey örtücü uygulaması ile elde edilen etkilerin şematik gösterimi,	48
Şekil 4. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin hesaplanması için kullanılan formül	85
Şekil 5. İşlem süresine ait değerlerin çalışma gruplarına göre dağılımı	92
Şekil 6. İşlem süresine ait değerlerin okluzal çürüklü çalışma gruplarına göre dağılımı	94
Şekil 7. İşlem süresine ait değerlerin okluzal çürüklü çalışma gruplarına göre dağılımı	96
Şekil 8. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin çalışma gruplarına göre dağılımı	97
Şekil 9. Kopma tiplerinin çalışma gruplarına göre dağılımı.....	99
Şekil 10. Çalışma gruplarının kopma tiplerine göre yüzdelik dağılımı	100
Şekil 11. Kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin ve örnek sayılarının dağılımı	100
Şekil 12. Çalışma gruplarının okluzal mikrosızıntı skorlarına göre dağılımı.....	104
Şekil 13. Okluzal mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre yüzdelik dağılımı	104
Şekil 14. Çalışma gruplarının gingival mikrosızıntı skorlarına göre dağılımı.....	106
Şekil 15. Gingival mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre yüzdelik dağılımı	106

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 1.a, b. Mikrosızıntı testi için seçilen okluzoproksimal çürüklü diş örneği, c. Periapikal radyografisi	68
Resim 2.a, b. Mikro-gerilim testi için seçilen okluzal çürüklü diş örneği, c. Periapikal radyografisi	69
Resim 3.a. Mikrosızıntı testi için seçilen diş örneği, b. Sızdırmazlığın sağlanması amacıyla kök uçlarının kompozit rezin ile örtülenmesi, c. Kök yüzeylerinin iki kat tırnak cilası ile izole edilmesi, d. Diş örneğinin akril blok içerisine gömülmesi.....	72
Resim 4.a. Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinde kullanılan materyaller, b. BRIX 3000 kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı	73
Resim 5.a. Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniği grubuna ait bir diş örneği, b. BRIX 3000 jelin kaviteye uygulanması, c. Künt uçlu ekskavatör ile çürük dokunun uzaklaştırılması, d. Kaviteye uygulanan jelin ve çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kavitenin görüntüsü	74
Resim 6. Atravmatik restoratif tedavi tekniğinde kullanılan materyaller.....	75
Resim 7.a. Atravmatik restoratif tedavi tekniği grubuna ait bir diş örneği, b. Mine keskisi ile demineralize mine dokusunun kaldırılarak kaviteye erişimin sağlanması, c, d. Keskin ekskavatör ile çürük dokunun uzaklaştırılması.....	76
Resim 8. Çürük dokusu uzaklaştırılan diş örneklerinin, EQUIA Forte HT hibrit teknolojiyle yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile restorasyonunda kullanılan materyaller.....	77
Resim 9. Çürük dokusu uzaklaştırılan diş örneklerinin, Dyract XP kompomer ile restorasyonunda kullanılan materyaller	78
Resim 10.a. Equia Forte HT materyali ile restore edilmek üzere çürük dokusu uzaklaştırılmış diş örneği, b. Yüzey hazırlığı için kaviteye GC Cavity Conditioner uygulanması, c. Üretici firmanın önerileri doğrultusunda hazırlanan Equia Forte HT materyali ile restorasyonun yapılması, d. Bitim ve polisaj işlemlerinin ardından yüzey örtücü uygulaması.....	80
Resim 11.a. Dyract XP kompomer materyali ile restore edilmek üzere çürük dokusu uzaklaştırılmış diş örneği, b. Kaviteye Prime&Bond NT total etch adeziv materyalinin uygulanması, c. Tabakalama tekniği ile Dyract XP kompomer restorasyonunun yapılması, d. Bitim ve polisaj işlemlerinin ardından Dyract XP kompomer restorasyonunun görüntüsü	81
Resim 12. Çalışmada kullanılan etüv cihazı.....	82
Resim 13. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı	83
Resim 14.a. Çalışmada kullanılan hassas kesim cihazı, b. Örneğin cihaza yerleştirilmesi.....	83

Resim 15.a. Mikro-gerilim testi için hazırlanan bir diş örneği, b. Hassas kesim cihazı ile mezio-distal ve bukkal-lingual yönde yapılan kesim sonucu 1mm ² 'lik kesitlerin elde edilmesi.....	84
Resim 16. Mikro-gerilim testi uygulanmak üzere seçilen bir kesitin stereomikroskop görüntüsü	84
Resim 17. Çalışmada kullanılan mikro-gerilim test cihazı.....	85
Resim 18.a. Elde edilen kesitin mikro-gerilim test cihazına yerleştirilmesi, b. Uygulanan gerilim kuvveti sonucunda kopmanın gerçekleşmesi.....	85
Resim 19. Çalışmada kullanılan stereomikroskop cihazı	86
Resim 20. Restorasyon kenarlarının 1 mm çevresi harici tüm diş yüzeyleri ve akrilik ile birleşim bölgeleri iki kat tırnak cilası ile izole edilmiş diş örneği.....	87
Resim 21. Çalışmada kullanılan % 0.5'lik bazik fuksin solüsyonu	88
Resim 22.a. Solüsyonda bekletilen diş örneklerinin distile su ile yıkanarak boyadan arındırılması, b. Diş örneklerinin hassas kesim cihazı ile mezio-distal yönde kesilmesi.....	88
Resim 23. Equia Forte HT restoratif materyaline ait stereomikroskop görüntüleri (a: adeziv tip kopma, b: miks tip kopma, c: koheziv tip kopma)	98
Resim 24. Dyract XP restoratif materyaline ait stereomikroskop görüntüleri (a: adeziv tip kopma, b: miks tip kopma, c: koheziv tip kopma)	98
Resim 25. Grup 1A'ya (BRIX+Equia Forte HT) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri	101
Resim 26. Grup 1B'ye (BRIX+Dyract XP) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri	101
Resim 27. Grup 2A'ya (ART+Equia Forte HT) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri	102
Resim 28. Grup 2B'ye (ART+Dyract XP) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri	102

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°	: Derece
°C	: Santigrat
AAPD	: American Academy of Pediatric Dentistry (Amerikan Çocuk Diş Hekimliği Akademisi)
ADA	: American Dental Association (Amerikan Diş Hekimleri Birliği)
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
ART	: Atravmatik Restoratif Tedavi
ASPA	: Alümino-Silikat-Poliakrilik-Asit
BISGMA	: Bisfenolglisidil Metakrilat
Ca⁺²	: Kalsiyum
CaCl₂	: Kalsiyum Klorür
CaF₂	: Kalsiyum Florür
CaO	: Kalsiyum Oksit
CaOH₂	: Kalsiyum Hidroksit
CLSM	: Konfokal Lazer Tarama Mikroskopisi
cm	: Santimetre
cm³	: Santimetreküp
CO₂	: Karbondioksit
COO⁻	: Karboksil
COVID-19	: Koronavirüs Hastalığı 2019
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EBE	: Encapsulated Buffer Emulsion (Kapsülleyici Tampon Emülsiyonu)
ECC	: Erken Çocukluk Çağı Çürüğü
EDTA	: Etilen Diamin Tetraasetik Asit
EDX	: Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi)

Er, Cr:YSGG	: Erbium, Chromium:Yttrium, Scandium, Gallium Garnet Spektroskopisi
Er:YAG	: Erbium:Yttrium, Alüminyum, Garnet
F	: Flor
F-PRG	: Full Pre-reacted Glass Ionomer (Partikül Aktif Cam İyonomer Siman)
FDA	: Food and Drug Administration (Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi)
FDI	: World Dental Federation (Dünya Diş Hekimleri Birliği)
GDMA	: Gliserol Dimetakrilat
H⁺	: Hidrojen
H₃PO₄	: Fosforik Asit
HEMA	: Hidroksietil Metakrilat
Hg	: Civa
IADR	: International Association for Dental Research (Uluslararası Dental Araştırmalar Derneği)
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu)
kg	: Kilogram
l	: Litre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
mm²	: Milimetre kare
MPa	: Megapaskal
mW	: Megawatt
N	: Newton
NaF	: Sodyum Florür
Na₃AlF₆	: Sodyum Hekzafloroalüminat
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
nm	: Nanometre
NMAB	: N-monokloro-DL-2-amino
NMG	: N-monokloroglisin
OCT	: Optic Coherence Tomography (Optik Koherens Tomografi)

P	: Fosfor
P₂O₅	: Potasyum Oksit
Pa	: Pascal
pH	: Power of Hydrogen (Asitlik Birimi)
PRG	: Pre-reacted Glass Ionomer (Önceden Aktive Edilmiş Cam İyonomer)
RMCİS	: Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
rpm	: Revolutions Per Minute (Dakika Başına Çevrim Birimi)
S-PRG	: Surface Pre-reacted Glass Ionomer (Yüzey Aktif Cam İyonomer)
SEM	: Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)
SiO₂	: Silisyum Dioksit
sn	: Saniye
SnF₂	: Kalay Florür
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
Sr	: Stronsiyum
TEGDMA	: Trietilenglikol Dimetakrilat
TiO₂	: Titanyum Dioksit
U/mg	: Unit/mg
YVCİS	: Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman
Zr	: Zirkonyum
α	: Alfa
μCT	: Mikro-bilgisayarlı Tomografi
μm	: Mikro-metre
μTBS	: Mikro-tensile Bond Strength (Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı)

1. GİRİŞ

Diş çürüğü; ağız sağlığını ve günlük yaşamı etkileyen yaygın, önlenabilir, ilerleyici ve kümülatif bir ağız hastalığıdır (1). Diş çürüğünün uzaklaştırılmasında sıklıkla kullanılan geleneksel teknikte; pulpa hasarına neden olabilecek ısı, basınç ve titreşim uyarılarının oluşturulması, enfekte veya sağlam diş dokusunun ayırt edilemeden uzaklaştırılması, diş dokusunda fazla madde kaybına neden olması gibi dezavantajlar mevcuttur. Ayrıca kullanılan aletlerin çıkardığı sesler ve yarattığı titreşimler, hasta konforunu düşürmekte, özellikle çocuk hastaların uyumunu olumsuz etkilemektedir. Lokal anestezi ihtiyacının olması da bu tekniğin dezavantajlarından (2).

Geleneksel çürük uzaklaştırma tekniğine alternatif olarak geliştirilen yöntemler arasında, kemomekanik çürük uzaklaştırma ve atravmatik restoratif tedavi (ART) teknikleri öne çıkmaktadır (3). Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinin çalışma prensibi, çürük dentin dokusunun kimyasal ajanlar ile yumuşatılması ve yumuşayan çürük dokunun el aletleri ile nazikçe uzaklaştırılmasıdır (4). Bu amaçla, sodyum hipoklorit ve enzim bazlı pek çok preparat geliştirilmiştir. ART tekniği ise dişin enfekte dentin dokusunun el aletleri ile seçici olarak uzaklaştırılması ve ideal fiziksel özelliklere sahip biyouyumlu bir materyal ile restore edilmesinden oluşmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından ART tekniği ile birlikte “kondanse edilebilir cam iyonomer siman” olarak da adlandırılan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların kullanımı önerilmiştir (5). Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, çocuk diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla kullanılan geleneksel cam iyonomer siman materyallerinin mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilmiştir (6). Çocuk diş hekimliği uygulamalarında önemli yer tutan bir diğer restoratif materyal de kompomerdir. Bu materyal; kompozit rezine benzer klinik performansa sahip olması, civa salınımından kaynaklanan yan etkiler sebebiyle amalgama alternatif olması, süt dişlerinde estetik açıdan tatminkâr olması, flor salma kapasitesi ve kullanım kolaylığı gibi çocuk hastalarda kullanımlarını ideal kılan özellikleri göz önüne alındığında, sıklıkla tercih edilmekte ve altın standart olarak kabul edilmektedir (7).

Çocuk hastalarda çiğneme, konuşma ve estetik problemlerin önüne geçilmesi ve sağlıklı bir büyüme-gelişim periyodunun izlenmesi, restoratif tedaviler ile mümkün olmaktadır. Süt dişlerinde uygulanan restoratif tedavi materyallerinden beklenen özellik, dişin fizyolojik düşme zamanına kadar fonksiyon görmesini sağlamasıdır (8). Diş dokusuna bağlanma dayanımı ve sızdırmazlık özelliği, restoratif materyallerin başarısında belirleyici rol oynamaktadır. Bu özelliklerin in vitro koşullarda değerlendirilmesinde sıklıkla, mikro-gerilim bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı testi tercih edilmektedir (9).

Çalışmamızda, ART tekniğinin ve BRIX 3000 preparatı kullanılan kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin, hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte HT) materyali ve kompomer (Dyract XP) materyali ile restore edilen süt azı dişlerinin mikrosızıntı ve mikro-gerilim bağlanma dayanımına etkisini in vitro olarak değerlendirmek amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda;

- güncel bir kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanının, ART tekniğine kıyasla, restoratif materyallerin adezyonuna etkisinin incelenmesi,
- kullanılan çürük uzaklaştırma tekniğinden bağımsız olarak yeni geliştirilmiş bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin kompomer materyali ile karşılaştırılması ve
- çürük uzaklaştırma yöntemi ve restoratif materyal açısından uygun kombinasyonun belirlenerek çocuk hastalar için başarılı bir tedavi prosedürünün sunulması planlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

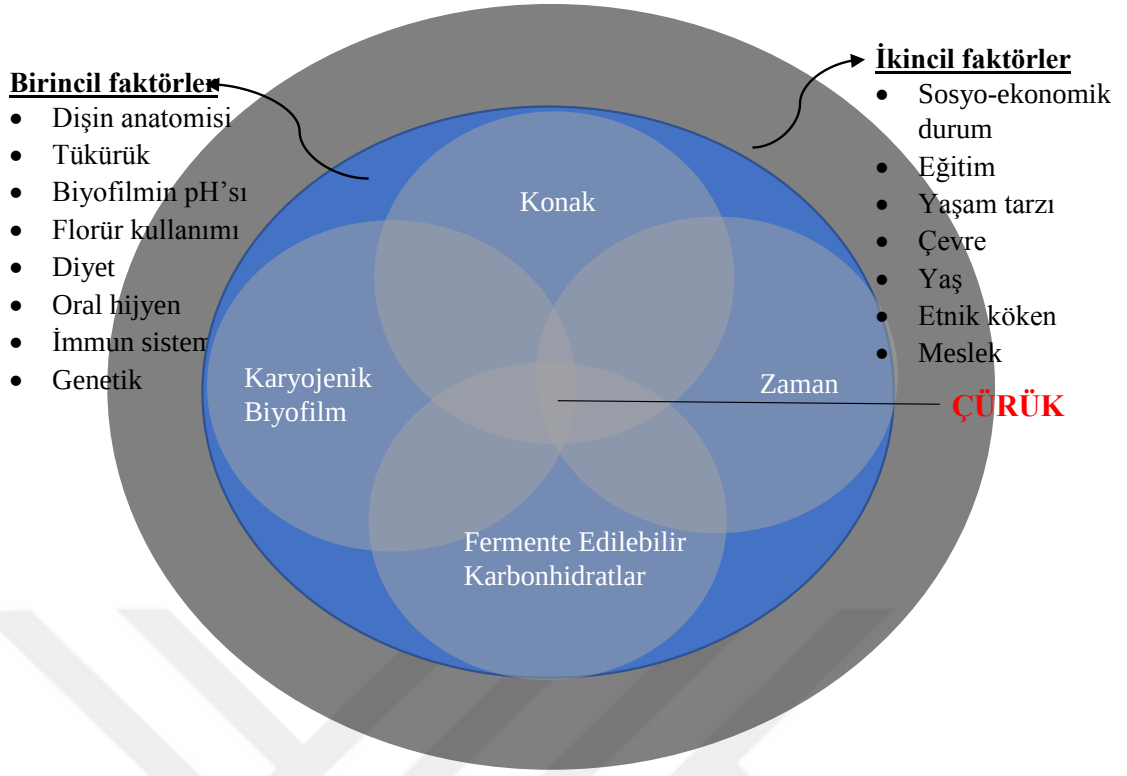
2.1. Diş Çürüğü

Yıllar boyunca çok sayıda diş çürüğü tanımı yapılmış olsa da Dünya Sağlık Örgütü tarafından "sert dokunun demineralizasyonunu ve sonrasında kaviteasyon oluşumunu içeren lokalize, erüptif, dış kaynaklı patolojik bir süreç" olarak tanımlanmaktadır (10). Çürük süreci; mikrobiyal metabolizma ürünlerinin neden olduğu, biyofilmdeki pH değişiminden kaynaklanan, diş yapısında mineral kaybına neden olan ve daha sonra kaviteasyona yol açabilen aktif demineralizasyon ve remineralizasyon aşamalarını içermektedir (11).

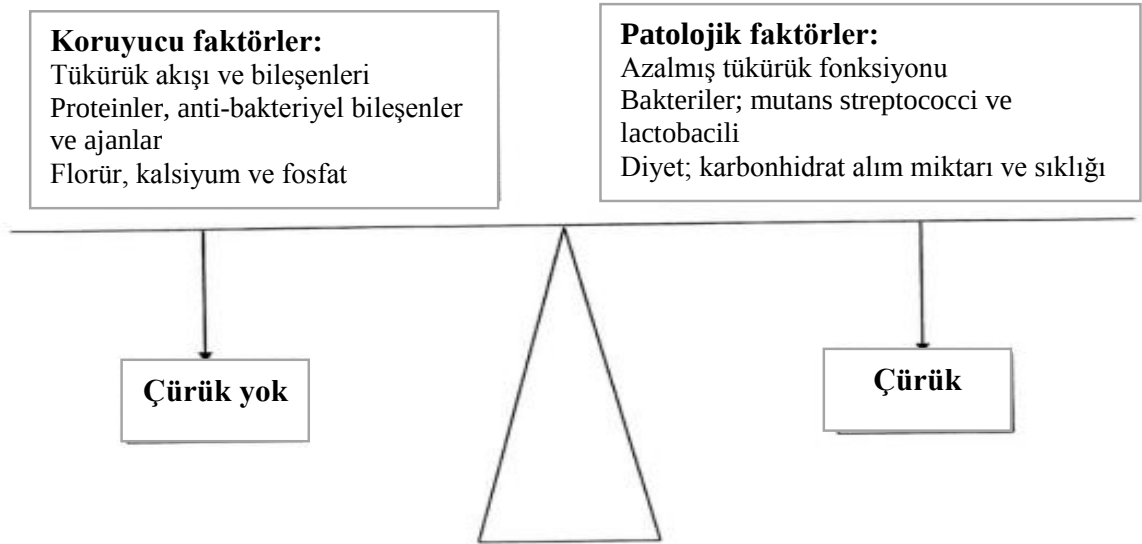
Çürük sürecinin oluşabilmesi için konak, karyojenik biyofilm, fermente olabilen karbonhidratlar ve zaman gerekmektedir. Bu karmaşık sürece Şekil 1’de sunulan birincil ve ikincil faktörler eşlik etmektedir (12).

Tükürük, anti-bakteriyel bileşenler, florür gibi koruyucu ve karbonhidrat ağırlıklı diyet, asit üretebilen bakteri gibi patolojik faktörler arasındaki denge, çürük oluşum sürecinde belirleyici rol oynamaktadır (Şekil 2), (13). Diş çürüğü, fermente olabilen karbonhidratlar ve asit üreten bakteriler arasındaki metabolik süreç sonucunda ortaya çıkan ve zamanla oluşan bir hastalıktır. Dişlerin kron ve köklerinde gelişebilmekte, erken çocukluk döneminde bebeklerin ve küçük çocukların süt dişlerini etkileyen agresif bir diş çürüğü olarak da ortaya çıkabilmektedir (14).

Çocuk hastalarda, çürük görülme sıklığı ve tipi değişiklik göstermektedir. Okul öncesi dönemde düz yüzey ve okluzal çürük lezyonlarına daha sık rastlanırken, daimi birinci büyük azı dişin sürmesi ve fizyolojik diastemaların kapanmaya başlaması ile oluşan kontakt noktaları nedeniyle arayüz çürüklerinin görülme sıklığı artmaktadır (15). Süt dişlerinde görülen çürük lezyonları, ağrı ve rahatsızlığa sebep olması ve daimi dişler için potansiyel risk oluşturması açısından önem taşımaktadır.



Şekil 1. Modifiye edilmiş Keyes-Jordan diyagramı (12)



Şekil 2. Çürük oluşum süreci dengesi (13)

2.2. Süt Dişlenmede Görülen Çürük Lezyonları

Diş çürükleri, çocukluk çağında en sık görülen hastalık olarak kabul edilmektedir; bu hastalığın, astımdan 5 kat daha sık görüldüğü tahmin edilmektedir (1). Bununla birlikte, kendi kendini sınırlayıcı değildir ve antibiyotik kullanımı gibi terapötik tedaviye yanıt vermemektedir (16). Tedavi edilmeyen diş çürükleri, çocukların ağız ve genel sağlığını olumsuz etkileyerek yaşam kalitesini düşürmektedir. Bu etki, çürük lezyonların ortaya çıktığı zaman dilimi, derinliği ve lokalizasyonu ile ilişkili olmakla birlikte küçük yaştaki çocuklar, kronik sağlık sorunları olan çocuklar ve diş tedavisi hizmetlerine erişimin zor olduğu bölgelerde yaşayan çocuklar üzerinde daha ciddi sonuçlar doğurmaktadır (17)

Yaşamın erken dönemlerinde görülen diş çürükleri; uyku problemlerine, konsantrasyon sorunlarına, duygusal strese neden olabilmektedir (18). Estetik ve/veya fonetik problemler nedeniyle çocuğun öz saygısını olumsuz yönde etkileyerek sessiz bir tavır takınmasına ve gülümsemekten kaçınmasına yol açabilmektedir (19). Tedavi edilmeyen/edilemeyen derin çürük lezyonları, çiğneme sırasında hissedilen ağrı ve rahatsızlık sebebiyle beslenme problemlerine sebep olabilmekte, apse, selülit ve septisemi açısından bir odak oluşturmaktadır (8). Enfekte süt dişleri, daimi dişlerde mine hipoplazileri ve gelişimsel bozuklukların görülmesi açısından risk oluşturmaktadır (20). Ayrıca çürük süt dişleri, çocuğun daimi dişlenme döneminde de yüksek çürük riski altında olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir(21).

Süt dişlerinin erken kaybı; çiğneme fonksiyonunun etkilenmesine, diş arkının uzunluğunun azalmasına, komşu dişlerin yer değiştirmesine, yer rezervinin erken kaybına ve malokluzyona neden olabilmektedir. Önemli fonetik fonksiyonları olan süt dişlerinin kaybı, normal dil gelişimini etkileyerek konuşma problemlerine sebep olabilmektedir (22).

Süt dişlerinin fizyolojik düşme zamanı gelene kadar koruyucu ve önleyici yaklaşımlarla ağızda tutulması büyük önem taşımaktadır. Erken önleyici tedbirler ile çürük süreci durdurulabilmekte ve hatta tersine çevrilebilmektedir (23). Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi, bebeklerin ilk diş hekimliği ziyaretlerinin en geç 12. ayda yapılması gerektiğini vurgulamaktadır (24) Bu ilk ziyaret; diyet, florür kullanımı ve ağız hijyeninin temini gibi önemli kavramların belirtilmesi açısından

kritiktir. Ayrıca, bebeklik döneminde görülen ve “biberon çürüğü” olarak adlandırılan “Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (ECC)”nin önlenmesinde hayati rol oynamaktadır (25).

ECC; yetmiş bir aylık ve daha küçük çocuklarda bir veya birden fazla kaviteli veya kavitesiz çürük lezyonu, çürüğe bağlı diş kaybı veya dolgulu diş yüzeyinin varlığı olarak tanımlanmaktadır. Üç yaşından daha küçük çocuklarda, düz yüzey çürüğünün herhangi bir belirtisi veya 3 yaşında 4’ten fazla, 4 yaşında 5’ten fazla veya 5 yaşında 6’dan fazla çürük, eksik veya dolgulu diş yüzey sayısı, şiddetli ECC olarak kabul edilmektedir (26). ECC’nin tedavisi, aileler ve diş hekimleri açısından zor ve problemli olabilmektedir. Hastanın gelişim düzeyi ve kavrama becerileri, hekimin tedavi yaklaşımını etkilemektedir. Hastalığın önlenmesinde önemli olan, var olan ve oluşabilecek durumlar hakkında ailelerin bilgilendirilmesi ve oral hijyen eğitime dayalı bir stratejinin geliştirilmesidir (27).

Süt ve daimi dişler arasında morfolojik farklılıklar vardır. Süt dişlerinde daimi dişlere göre belirgin şekilde daralmış servikal alanlar ve temas noktalarından çok temas alanları görülmektedir. Süt dişlenmede görülen temas alanları, plak tutulumuna sebep olmakta ve bu nedenle süt dişlerinde arayüz çürüğü prevalansı daha yüksek görülmektedir. Süt dişleri, boyutsal olarak daimi dişlerden daha küçük ve daha açık renktedir. Daha açık renkte oluşunun nedeninin, süt dişlerinde mine dokusunun düşük tübüler yoğunluğu ve su içeriğinin yüksek olması ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Bu farklılıklar ile birlikte süt dişlerindeki mine dokusunun kalınlığının daimi dişlerdeki mine dokusunun yaklaşık yarısı kadar olması, çürüğün mine tabakası boyunca daha hızlı ilerlemesine neden olmakta; dentin dokusunun orantısız olarak daha ince olması ise çürüğün pulpa dokusuna çok daha hızlı ulaşmasına yol açmaktadır. Süt dişlerinde pulpa dokusunun orantısız olarak büyük olması ve pulpa boynuzlarının yüzeye daha yakın olması da çürüğün pulpayı yakalama ve pulpa ekspozu riskini arttırmaktadır (16).

Süt dişlerinin yapısal özellikleri göz önünde bulundurularak çürük dokunun uzaklaştırılması ve uygun bir dolgu materyali ile restore edilmesi ile hastalığın ilerlemesinin durdurulması ve her hastaya farklı bireysel yaklaşımların uygulanması gerekmektedir.

2.3. Çürük Dokunun Uzaklaştırılması ve Kullanılan Yöntemler

Zaman içerisinde, hem çürük dokunun uzaklaştırılması hem de kullanılan restoratif materyaller üzerinde araştırmalar yapılmış ve önemli gelişmeler yaşanmıştır. Operatif diş hekimliğinin erken dönemlerinde, 1914 yılında, G.V. Black tarafından formüle edilen ilkeler, "korumak için genişlet" konseptiyle odak noktası olmuştur. Black, bu dönemde kavite preparasyonu, restoratif materyaller ve teknikler üzerine yazılan bilimsel makale ve metinlerin öncüsü olmuş ve mevcut olan restoratif materyallere uygun olarak mühendislik prensiplerini de kullanarak kavite preparasyonunda “cerrahi” yaklaşımı önermiştir (28). O dönemde çürüğü önlemenin bilinen bir yolu olmadığından ve remineralizasyon-demineralizasyon süreci anlaşılmadığından, çürük dokunun tamamen uzaklaştırılmasını ve kavite sınırlarının sağlıklı dokuda sonlanması gerektiğini savunmuştur. Adeziv restoratif materyallerin geliştirilmesi, remineralizasyon ve demineralizasyon sürecinin daha iyi anlaşılması ve erken çürük teşhisi gibi gelişmeler ile birlikte Black prensipleri, modern diş hekimliği standartlarına göre, agresif bir yaklaşım olarak ele alınmıştır (29).

Çürük sürecinin dinamizmini ve dişin kendini onarma durumunu dikkate almadan çürük dokunun tamamen çıkarılması ilkesine dayanan G.V. Black prensipleri, uzun süre diş hekimliği pratiğine ışık tutmuş, daha sonra yapılan araştırmalar, çürük lezyonların tedavisinin geleneksel “cerrahi” yaklaşımdan ayrılması ve “biyolojik” yaklaşıma geçmesi gerektiğini göstermiştir (3). Bu bağlamda, çürük lezyonun minimal tedavi ihtiyacını ilk kez Mount (1991) ifade etmiştir (30). Literatürde bu yeni yaklaşımın daha ayrıntılı şekilde incelenmesi ise Dawson ve Makinson (1992) tarafından yapılmıştır (31). Çürük lezyonları üzerine minimum müdahale prensibi ile ilgili ilk uluslararası adım, Uluslararası Dental Araştırmalar Derneği (IADR) tarafından 1995 yılında yapılan sempozyum ile atılmış ve özellikle Atravmatik Restoratif Tedavi (ART) üzerinde durulmuştur (32).

Minimal invaziv diş hekimliği konsepti ışığında, makroretantif tutuculuk sağlayan “G.V. Black” kaviteler yerini, keskin marjin kenarlarının yuvarlatıldığı çürük dokunun seçici olarak uzaklaştırdığı kavitelere bırakmıştır. Minimal invaziv kavite preparasyonunun temel prensibi, kavite sınırlarının, yalnızca çürük lezyona erişim sağlayacak ölçüde genişletilmesi ve remineralizasyonu mümkün olmayan enfekte

dokuda sonlanması gerektiğidir. Black'in "korumak için genişlet" prensibi yerine, "genişletmekten koru" prensibi benimsenmiş ve preparasyon sırasında minimum düzeyde diş kaybı sağlanması gerektiği temel alınmıştır. Minimal invaziv diş hekimliği konsepti, sadece kavite preparasyonu üzerine değil çürük lezyonu sürecini de ele alan bütünsel bir yaklaşımdır (3).

2.3.1. Geleneksel Çürük Uzaklaştırma Yöntemi

Diş çürüğünün uzaklaştırılmasında en yaygın kullanılan geleneksel-mekanik çürük uzaklaştırma tekniğinde, yüksek ve düşük turlu döner aletler ve frezlerden yararlanılmaktadır. Döner aletlerin ilk modeli, 1846'da Westcott tarafından geliştirilen matkap benzeri el aletidir (33). Daha sonra bu düzeneğe, Morrison tarafından icat edilen ayak pedalı eklenmiştir. Elektrikli motorlar bu sisteme 1864 yılında dahil edilmiştir. Düşük hızlı döner aletler (10.000 rpm), 1847 yılında piyasaya sürülmüştür (34). Günümüzde kullanılan hava türbini ile çalışan döner aletlerin öncülüğünü 1868 yılında Green yapmış, bu sistem geliştirilerek 1955 yılında Norlen firması tarafından 140.000 rpm dönüş hızına sahip yüksek turlu hava motoru (aerator) üretilmiş ve gelişmeler devam ettirilerek günümüzde kullanılan son haline getirilmiştir (33).

Dental frezler ilk kez 1891 yılında Samuel Stockton White tarafından çelik alaşımdan üretilen bu frezler, günümüzde kullanılan frezlere oldukça benzemektedir. Sonrasında, yüksek hızlı döner aletlerin geliştirilmesiyle, bu sistemde kullanılabilecek tungsten karbid ve elmas frezler üretilmiştir (33). Minimal invaziv diş hekimliği felsefesinin ve diş dokusunun korunmasına yönelik konservatif kavite preparasyonlarının yaygınlaşması ile birlikte 2003 yılında yeni bir polimerik frez "'Smart Prep" (SS White, NJ, ABD) piyasaya sürülmüştür (35). Bu frezin Knoop sertlik değerinin, çürük dentinden daha yüksek, sağlam dentinden ise daha düşük olmasının, seçici bir kavite preparasyonu yapılmasına olanak sağladığı öne sürülmüştür (36). Zirkonya ile stabilize edilmiş alümina bazlı yeni tip seramik frezler "CeraBurs" (Komet, Dental-Gbr Brasseler GmbH & Co, Lemgo, Almanya), 2008 yılında piyasaya sürülmüştür. Üretici firma, seramik frezlerin enfekte dentin üzerinde yüksek kesme yeteneğinin bulunduğunu, sağlam dentinde ise minimal kayıp oluşturduğunu ve dentin tübüllerinde daha az hasar meydana getirerek daha az ağrıya

sebeup olduğunu bildirmiştir. Diğer yandan, yüksek maliyeti ve kısıtlı ulaşılabilirliği nedeniyle kullanımı yaygınlaşmamıştır (37).

Geleneksel çürük uzaklaştırma tekniğinde; pulpa hasarına neden olabilecek ısı (termal stimülasyon), basınç ve titreşim (mekanik stimülasyon) oluşturulması, enfekte veya sağlam diş dokusunun ayırt edilemeden uzaklaştırılması, diş dokusunda fazla madde kaybına neden olması gibi dezavantajlar mevcuttur. Ayrıca kullanılan aletlerin çıkardığı sesler ve yarattığı titreşimler, hasta konforunu düşürmekte, özellikle çocuk hastaların uyumunu olumsuz etkilemektedir. Lokal anestezi ihtiyacının olması da bu tekniğin dezavantajlarından (2). Diğer taraftan, içerisinde bulunduğumuz pandemi döneminde, geleneksel çürük uzaklaştırma tekniği sırasında ortaya çıkan aerosol/damlacıklar, Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) bulaşı açısından yüksek risk taşımaktadır (38).

Bu bağlamda, geleneksel çürük uzaklaştırma tekniğinin olası dezavantajlarını ekarte edebilecek, çocuk hastaların diş tedavilerinin klinik ortamında yapılma şansını arttırabilecek ve tedavi sırasında konforu artırıp kaygıyı azaltabilecek alternatif çürük uzaklaştırma yöntemleri büyük önem taşımaktadır.

2.3.2. Alternatif Çürük Uzaklaştırma Teknikleri

Minimal invaziv diş hekimliğinin ana felsefesi, onarım potansiyeli olan diş dokusunun mümkün olduğunca korunması, yüksek derecede enfekte ve onarım potansiyeli olmayan çürük diş dokusunun seçici olarak uzaklaştırılmasıdır (39). Minimal invaziv teknikler; intertübüler dentin demineralizasyonu ve minimum kolajen yıkımı görülen ve bakteri penetrasyonu olmayan “etkilenmiş” dentinin korunmasını, geri dönüşümsüz kolajen denatürasyonu ve yüksek derecede bakteri penetrasyonu mevcut olan “enfekte” dentinin seçici olarak uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Tablo 1), (34). Bu doğrultuda, geleneksel çürük temizleme yöntemine alternatif olarak air-abrazyon, air-polishing, sonik-ultrasonik, lazer, atravmatik restoratif tedavi ve kemomekanik çürük uzaklaştırma teknikleri bildirilmiştir (40).

Tablo 1. Enfekte ve etkilenmiş dentin dokularının karakteristik özellikleri (41)

Enfekte Dentin	Etkilenmiş Dentin
Çürük lezyonunun yüzeysel tabakasında bulunmakta ve “ilk” tabaka olarak adlandırılmaktadır.	Çürük lezyonunun derin tabakasında bulunmakta ve “ikinci” tabaka olarak adlandırılmaktadır.
Yumuşak kıvamlıdır.	Sert kıvamlıdır.
Geri dönüşü olmayacak şekilde denatüre olmuş kolajen içermektedir.	Geri dönüşü olabilecek şekilde denatüre olmuş kolajen içermektedir.
Remineralizasyon potansiyeli bulunmamaktadır.	Remineralizasyon potansiyeli bulunmaktadır.
Bakteriyel invazyon içermektedir.	Bakteriyel invazyon içermemekle birlikte bazı durumlarda toksinleri içerebilmektedir.
Kavite preparasyonu sırasında uzaklaştırılmalıdır.	Kavite preparasyonu sırasında korunmalıdır.

Air-abrazyon tekniği; saf alüminyum oksit partiküllerinin hava basıncı ile yüksek hızlı akışının oluşturduğu kinetik enerjiyi kullanan ve atravmatik kavite preparasyonu sağlayan bir çürük uzaklaştırma tekniğidir. Bu teknik, 1945 yılında tanıtılmış ve sonrasında ilk geliştirilen air-abrazyon cihazı “Air-dent” piyasaya sunulmuştur (42). Geleneksel çürük uzaklaştırma yöntemindeki ses, titreşim, ısı, basınç gibi faktörlerin olmaması, hasta konforunu arttırmaktadır. Bununla birlikte, air-abrazyon tekniğinin, kavite preparasyonu sırasında hassasiyetinin düşük olması, ağız aynalarını çok çabuk aşındırması, kuru solunan alüminyum oksit tozunun solunum sistemi için zararlı olması ve bu nedenle lastik örtü, güçlü bir emici sistem ve gözlük, siper vb. koruyucu ekipmanlar gerektirmesi dezavantajları olarak bildirilmiştir (33).

Air-polishing tekniği; suda çözünebilen sodyum bikarbonat parçacıkları içerisine eklenen trikalsiyum fosfat bileşenlerinin, hava-su basıncı ile diş yüzeylerinde oluşturduğu mekanik aşındırıcı etkinin kullanıldığı çürük uzaklaştırma tekniğidir (43). Air-abrazyon yöntemi ile en büyük farkı, aşındırıcı partiküllerin suda çözünebilir olmasıdır. Bu tekniğin ticari olarak önerilen kullanımı; mine yüzeyindeki lekelerin, plak ve diş taşlarının, sağlıklı dişeti sınırlarından uzakta olacak şekilde temizlenmesidir. Kavite preparasyonunda ise çürük uzaklaştırma işleminde enfekte dentin dokusunun temizlenmesi sırasında kullanılması önerilmektedir (44).

Sonik-ultrasonik teknik, diş dokusunun yüksek frekanslı ultrasonik titreşimler ile aşındırıldığı, özellikle proksimal kavite preparasyonu sırasında az miktarda doku

kaybı sağlayan çürük uzaklaştırma tekniğidir (2). Bu tekniğin; ses, titreşim, ısı ve basınç oluşumunu minimize ederek lokal anestezi gereksinimini azalttığı bildirilmiştir (33).

Lazer uygulaması, gelişen teknoloji ile birlikte diş hekimliği alanında da kullanıma girmiştir. Kullanılan dalga boyuna bağlı olarak kesim, koagülasyon, kavite preparasyonu gibi çeşitli klinik uygulama alanları mevcuttur (33). Karbon Dioksit (CO₂), Erbium: Yttrium, Alüminyum, Garnet (Er:YAG), Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet (Er, Cr:YSGG), Neodymium:YAG ve Diyot Lazerler, diş hekimliğinde en sık kullanılan lazerlerdir (45). Çürük dokunun uzaklaştırılmasında sıklıkla dentin dokusundaki sıvının foto-ablasyonu ile kavite preparasyonu sağlayan erbiyum bazlı (Er:YAG ve Er, Cr:YSGG) lazerler kullanılmaktadır. Erbiyum lazerler, kavite preparasyonu sırasında lokal anestezi ihtiyacının az ve hasta konforunun yüksek olması gibi avantajlarının yanı sıra mine dokusunun pürüzlendirilmesi ve dentin hassasiyetinin giderilmesi gibi işlemlerde de kullanılmaktadır (46).

Alternatif çürük uzaklaştırma yöntemleri arasında atravmatik restoratif tedavi ve kemomekanik çürük uzaklaştırma teknikleri öne çıkmıştır. Bu teknikler, özellikle çocuk diş hekimliğinde ve kaygılı hastalarda olumlu sonuçlar sunan tedavi prosedürleri olarak kabul görmektedir (40).

2.3.2.1. Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Yöntemi

Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinin çalışma prensibi, çürük dentin dokusunun kimyasal ajanlar ile yumuşatılması ve yumuşayan çürük dokunun el aletleriyle nazıkçe uzaklaştırılmasıdır (4). Bu teknikte, “enfekte” dentin dokusunun uzaklaştırılması ve “etkilenmiş” dentin dokusunun korunması amaçlanmaktadır (41). Kemomekanik çürük temizleme ajanları, yalnızca denatüre kolajen doku ile etkileşime girerek seçici bir kavite preparasyonuna olanak sağlamaktadır (47).

Dentin dokusu sırasıyla %70, %10 ve %20 oranında mineral, su ve organik matriksten oluşmaktadır. Bu organik matriksin %18'i kolajen, %2'si kondroitin sülfat, diğer proteoglikanlar ve fosforinleri içeren non-kolajen yapılardır. Kolajen, peptid bağlarıyla bağlanmış sıralı aminoasitlerden oluşmaktadır. Aminoasit içeriğinin üçte birini glisin oluşturmaktadır. Polipeptid zincirleri üçlü heliks olarak sarmal yapıda

bulunmakta ve intermoleküler çapraz bağlarla bağlanmaktadır. Sarmal haldeki üçlü heliksler, tropokolajen birimini oluşturmaktadır. Bu tropokolajen birimleri, fibril oluşturmak için yan yana dizilmektedir. Polipeptid zincirleri ve tropokolajen birimleri arasındaki kovalent bağlar, çapraz bağları oluşturmaktadır. Bu bağlar, kolajen fibrillerin stabilitesini sağlamaktadır. Dentindeki fibriller, mineralize yapıda ve yoğun bir ağ formundadır (48). Çürük lezyonu dentin dokusuna ulaştığında, bakteriyel proteazlar ve asit atağı nedeniyle organik matriksin tam veya kısmi demineralizasyonu ve denatürasyonu meydana gelmektedir (49). Kemomekanik çürük temizleme ajanları, üçlü heliksteki polipeptid zincirlerin ayrılmasını ve çapraz bağların hidrolizi ile zayıflamış kolajenin daha da zayıflamasını sağlayarak enfekte dokunun kolayca uzaklaştırılmasını mümkün kılmaktadır (50).

Kemomekanik çürük temizleme yöntemi ile ilgili ilk çalışmalar, 1970'li yıllarda etilen diamin tetra-asetik asit (EDTA), kolajenaz ve sodyum dodesil sülfat gibi çeşitli ajanlar kullanılarak başlatılmıştır. Bu sistemlerin çoğunun, klinikte kullanımının zaman alıcı olduğu kanıtlanmıştır (51). Kemomekanik çürük temizleme yöntemindeki büyük adım, endodontik tedavide organik doku çözücü olarak kullanılan sodyum hipokloritin (NaOCl), çürük dentin dokusu üzerinde kullanması ile atılmıştır. Günümüzde, kemomekanik çürük temizleme ajanları, NaOCl ve enzim esaslı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. NaOCl esaslı kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanları GK-101, GK-101E (Caridex) ve Carisolv™; enzim esaslı çürük uzaklaştırma ajanları ise Papacarie, Carie-Care, Biosolv ve BRIX 3000 olarak piyasada yer almaktadır (47). Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının bileşenleri, etki mekanizmaları, üretim yılları ve üretici firmaları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının bileşenleri, etki mekanizmaları, üretim yılı ve üreticileri (47)

Kemomekanik Çürük Temizleme Ajanı	Kimyasal Bileşenleri	Etki Mekanizması	Üretim Yılı	Üretici
GK-101	Solüsyon A: 0.05% N-monokloroglisin Solüsyon B: 4-6% NaOCl	Hidroksiprolinin (kolajen stabilitesinin esas faktörü) pirol-2- karboksiglisine dönüştürülmesi yolu ile denatüre kolajenin klorlanması	1976	National Patent Dental Products, Inc., New Brunswick, Amerika
GK-101E (Caridex)	Solüsyon A: N-monokloro-DL-2 amino bütirat (NMAB) Solüsyon B: 4-6% NaOCl	GK-101 sisteminde görülen klorlama mekanizması + denatüre kolajen fibrillerinin glisin kalıntılarının oksidasyonu sonucu bölünmesi	1984	National Patent Dental Products, Inc., New Brunswick, Amerika
Carisolv™	Orijinal jel (2004 yılından önce): Solüsyon A: Karboksimetilselüloz bazlı jel, renklendirici ajan ve amino asitler (glutamik, lösin ve lisin) Solüsyon B: % 0,25 NaOCl Modifiye edilmiş jel (2004 yılından sonra) Multi-mix solüsyon: Kırmızı renklendirici madde çıkarılmış, amino asit konsantrasyonu yarıya indirilmiş ve NaOCl konsantrasyonu % 0.475'e yükseltilmiştir.	Monoaminobütirik asit yerine üç farklı yükü amino asit eklenmesi dışında Caridex'e benzemekte olup, bu asitlerin, çürük dokunun farklı parçalarıyla reaksiyona girmesi	1998 yılında üretilmiş, 2004 yılında modifiye edilmiş ve 2013 yılında “Yeni Carisolv™ Jel Sistemi” tanıtılmıştır.	Medi Team Dentalutveckling, Göteborg, İsveç
Papacarie	Papain enzimi, kloramin, toluidin mavisi, tuz, koruyucu ve inceltici, stabilizer ve deiyonize su	Dentin matriksinin proteoglikanlarının degradasyonu	2003	Formula & Acao, Brezilya
Biosolv (SFC-V ve SFC-VIII)	Fosforik asit / sodyum biyofosfat tamponu içerisinde pepsin enzimi	Fosforik asit enfekte dentinin inorganik bileşenlerini çözerken, pepsin enziminin denatüre kolajen liflerini seçici olarak uzaklaştırması	2006	3M-ESPE AG, Seefeld, Almanya

2.3.2.1.1. Sodyum Hipoklorit Esaslı Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Ajanları

2.3.2.1.1.1. GK-101

NaOCl esaslı kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının genel çalışma prensibi, enfekte dentin içerisinde bulunan denatüre kolajen dokusunun hidrojen bağlarının klorlanması esasına dayanmaktadır (52). Kemomekanik çürük temizleme yöntemlerinde NaOCl esaslı solüsyonların kullanılması fikri, endodontik tedavide organik doku çözücü olarak kullanılan NaOCl'nin, çürük dentin dokusu üzerinde de etkili olabileceği düşüncesiyle ortaya çıkmıştır. Çürük dokusunun uzaklaştırılabilmesi için 1970'li yıllarda %5'lik konsantrasyonda NaOCl solüsyonu kullanılmıştır. Ancak bu solüsyonun kararsız olduğu, enfekte ve etkilenmiş dentini ayırt etmeden seçici olmayan preparasyona neden olduğu, agresif ve aşındırıcı yapıda olduğu bildirilmiştir (53). Bildirilen bu olumsuz özellikler üzerine NaOCl solüsyonuna sodyum klorür, sodyum hidroksit ve glisin karışımı içeren Sorensen'in tampon çözeltisi eklenmiş ve GK-101 olarak da bilinen N-monokloroglisin (NMG) aktif bileşeni üretilmiştir. NMG bileşeni, hidrokisprolinin pirol-2-karboksilik aside, daha sonra da pirol-2-karboksigliisine dönüştürülmesini sağlayarak kolajen doku üzerine etki etmektedir. Bu reaksiyon ile enfekte dentin dokusunda bulunan denatüre kolajenin sekonder ve tersiyer yapısı klorlanmakta, daha gevşek bir yapıya dönüştürülerek kolay uzaklaştırılması sağlanmaktadır (54).

NaOCl esaslı kemomekanik çürük uzaklaştırma yöntemlerine ilişkin araştırmaların çoğu, NMG bileşenin değiştirilmesi ve geliştirilmesine yönelik yapılmıştır. Goldman ve Kronman tarafından 1976 yılında GK-101 preparatı piyasaya sunulmuş, aynı yıl Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır. Bu preparat, %0.05 NMG ve %4-6 NaOCl içeren iki çözeltiden oluşmakta ve uygulamadan önce karıştırılması gerekmektedir. Çözelti A, 25 ml 2M sodyum klorür (NaCl), 2M sodyum hidroksit (NaOH) ve 2M glisinden oluşmakta; Çözelti B ise %4-6 NaOCl'den oluşmaktadır (55). Bu iki çözelti karıştırıldığında reaksiyona girerek pH'ı 11 olan aktif yapıyı oluşturmaktadır. GK-101 preparatının, çözeltilere ek olarak özel bir uygulama ve dağıtım sistemi ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Dağıtım sistemi; rezervuar, ısıtma cihazı ve 37°C'de 50 ml/dk solüsyon

akışı sağlanacak şekilde düzenlenmiş mekanik ve hidrolik bir pompadan oluşmakta ve solüsyon bir el aleti aracılığıyla kaviteye ulaştırılmaktadır (56).

GK-101 preparatının değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. GK-101 preparatının etkinliğinin, verimliliğinin ve biyouyumluluğunun değerlendirildiği çalışmada, çürük dokunun uzaklaştırılması için gereken ortalama sürenin 8.5 dk olduğu, kavite preparasyonunun ideal şekilde bitirilebilmesi için mekanik yöntemlere ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Laboratuvar bulgularında, GK-101 preparatının, kırmızı-beyaz kan hücreleri ve trombositler üzerinde herhangi bir yan etkisinin görülmediği rapor edilmiştir (57). GK-101 preparatının, serum fizyolojik ve benzer pH'a sahip tampon çözeltisi ile karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, çürük dokunun uzaklaştırılmasında daha etkin olduğu bildirilmiştir (58). Köpeklerin dişleri üzerinde GK-101 preparatının dentin sertliği ve pulpa dokusu üzerine etkisinin değerlendirildiği in vivo çalışmada; sağlam dentine etki etmeksizin sadece enfekte dentinin dış tabakasını yumuşattığı, pulpa dokusu üzerinde olumsuz etkisi olmadığı rapor edilmiştir (59). GK-101 preparatı ile çürük dokusu uzaklaştırılan 35 adet çekilmiş daimi dişin SEM görüntülerinin değerlendirildiği in vitro çalışmada da sadece enfekte dentin dokusunun uzaklaştırıldığı ve sağlam dentin dokusunun korunduğu belirtilmiştir (60).

NMG'nin etki mekanizmasının araştırıldığı çalışmada; saflaştırılmış kolajen ile reaksiyona sokulmuş NMG'nin, kolajeni klorladığı ve hidroksiprolinin pirol-2-karboksilik asite dönüştürüldüğü rapor edilmiştir (55). Sığır tendon kolajeni üzerinde, %0.1 ve %0.3'lük konsantrasyonda NMG içeren GK-101 çözeltilerinin etkilerinin incelendiği çalışmada, çözeltilerin kolajenin fibril yapısında bozucu etki yaptığı ve %0,3'lük konsantrasyondaki çözeltinin daha etkili olduğu ifade edilmiştir (54).

GK-101 preparatının kullanım zorluğu, ek ekipman gerektirmesi vb. olumsuz özellikleri sebebiyle klinik kullanımı yaygınlaşmamış, formülü iyileştirilmeye çalışılmıştır.

2.3.2.1.1.2. GK-101E (Caridex)

GK-101E, GK-101 preparatının etil türevidir. NMG molekülünde bulunan karbonun üzerine hidrojen yerine etil grubu eklenerek N-monokloro-D,L-2-aminobütirik asit (NMAB) bileşiği oluşturulmuştur. NMAB bileşeni içeren GK-101E formülasyonunun, enfekte dentin dokusunun denatüre proteinine karşı özgülüğünün daha yüksek olduğu öne sürülmüştür (57). NMG bileşeninin sığır aşıl tendon kolajeni üzerindeki etkisinin incelendiği biyokimyasal analizde, kolajen moleküllerinin klorlanması ve kolajen lif stabilitesinde önemli bir bileşen olan hidroksiprolin ve glisin dipeptidinin sırasıyla pirol-2-karboksilik asit ve pirol-2-karboksigliisine dönüştürülmesi olmak üzere iki olası etki mekanizması rapor edilmiştir (55). NMAB bileşeninin de aynı etki mekanizmasına sahip olduğu belirtilmiştir. NMAB bileşeninin, denatüre kolajen içeren enfekte dentin dokusunun ilk veya dış tabakasına etki ettiği, normal kolajen lifleri içeren ikinci veya iç çürük tabakasına etki etmediği ifade edilmiştir (61).

Çürük dokunun geleneksel yöntemlerle uzaklaştırılmasına alternatif olarak geliştirilen NMAB formülasyonu, ticari adı Caridex™ (National Patent Dental Products, Inc., New Jersey, Amerika) olarak bilinen kemomekanik çürük uzaklaştırma sistemi ile piyasaya sunulmuş ve FDA tarafından 1984 yılında kabul edilmiştir (52). Caridex™ çürük uzaklaştırma sisteminde kullanılan reaktif, eşit hacimdeki (250 ml) iki çözeltinin karıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Çözelti I, 0,014 mol/L NaOCl içermekte, Çözelti II ise 0,10 mol/L NaOH, 0,10 mol/L NaCl ve 0,10 mol/L D,L-2-amino bütirik asit içermektedir. İki çözeltinin kullanımdan hemen önce karıştırılması ve oluşturulan karışımın stabilitesini koruyabilmesi amacıyla 1 saat içerisinde kullanılması önerilmektedir (50). Caridex™ çürük uzaklaştırma sisteminde; rezervuar, pompa ve ısıtıcıdan oluşan dağıtım sistemi ile el aleti ve değiştirilebilir uçtan oluşan uygulama sistemi bulunmaktadır. Çözelti, rezervuardan el aletine geçişi sırasında 40.5°C'ye ısıtılmakta, ardından uygulama ucuna geçişi sırasında 37°C'ye soğutulmaktadır. Bu dağıtım ve uygulama sistemlerinin kullanım zorluğunun, Caridex™ çürük uzaklaştırma sisteminin en önemli dezavantajlarından olduğu belirtilmektedir (62).

Caridex™ sisteminin üreticileri, bu sistemin FDA ve Amerikan Diş hekimleri Birliği (ADA) tarafından “güvenli ve etkili” olarak kabul edildiğini bildirmektedir (63). NMAB bileşeninin rat ve insan dişinin pulpa dokusu üzerindeki etkisinin değerlendirildiği iki araştırmada, toksik etkisinin olmadığı rapor edilmiş ve pulpal doku üzerinde biyouyumlu olduğu belirtilmiştir (64).

Caridex™, GK-101 ve serum fizyolojik solüsyonlarının çürük dokunun uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin değerlendirildiği in vitro çalışmada, Caridex™ solüsyonunun serum fizyolojiktan anlamlı olarak daha etkin olduğu, orta-sert yapıdaki çürük lezyonlarında ise Caridex solüsyonunun hem GK-101’den hem de serum fizyolojiktan anlamlı olarak daha üstün olduğu belirtilmiştir (57). Yapılan araştırmalarda, hem Caridex™ solüsyonu hem de geleneksel yöntemlerle çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından, kalan dentin dokusunda bakterilerin bulunduğu belirtilmiştir. Ancak Caridex™ solüsyonunun, geleneksel yöntemle kıyasla, bakteri sayısında %25-30 oranında daha fazla azalma sağladığı bildirilmiştir (65). Caridex™ solüsyonunun bakterisidal etki gösterdiği öne sürülmesine rağmen enfekte dentin dokusundan elde edilen bakteri kültürleri üzerinde yapılan mikrobiyal duyarlılık çalışmasında, bakterisidal etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (66).

Caridex™ sistemi ile çürük diş dokusu uzaklaştırıldıktan sonra kalan dentin dokusunun incelendiği çalışmalarda; smear tabakasının kaldırıldığı (63), restoratif dolgu materyallerinin ve adeziv sistemlerin tutuculuğunun geleneksel yöntemle kıyasla daha fazla olduğu (67), kullanılan solüsyonun dentin geçirgenliğini azaltma potansiyeli sayesinde dentin hassasiyetinin azaldığı bildirilmiştir (68).

Hem GK-101 hem de Caridex™ solüsyonu, geleneksel yöntemle kıyasla, çürük dokunun uzaklaştırılmasına ilişkin önemli bir değişim ve ilerleme sağlayamadıkları için klinik kullanımları sınırlı kalmıştır. Caridex™ sisteminin, yüksek hacimde solüsyon gerektirmesi, kısa raf ömrü, çürük dokunun yeterince uzaklaştırılabilmesi için gereken sürenin fazla olması, verimliliğinin düşük olması, büyük bir dağıtım ve uygulama sisteminin olması vb. dezavantajları nedeniyle klinik kullanımı yaygın hale gelmemiştir (69).

2.3.2.1.1.3. Carisolv™

Günümüzde ticari olarak temin edilebilen NaOCl esaslı tek çürük temizleme ajanı Carisolv™'dür. İsveç'te 1998 yılında Medi Team (Dentalutveckling AB, Göteborg, İsveç) firması tarafından tanıtılmıştır. Önceki sistemlerin dezavantajları göz önünde bulundurularak formüle edilmiştir. Carisolv™, Caridex ile benzer kimyasal içeriğe sahip olmasına rağmen jel formunda olması sayesinde özel bir ısıtma ve dağıtma sistemine gereksinim duyulmamaktadır (69).

İlk geliştirilen Carisolv™ jeli kırmızı renktedir ve iki çözeltinin karıştırılmasıyla kullanıma hazır hale gelmektedir. Çözelti A, karboksimetilselüloz (viskozite arttırıcı ajan), eritrosin (renklendirici ajan), üç amino asit (glutamik asit, lösin ve lizin) içermekte; çözelti B ise %0.025 NaOCl içermektedir. Carisolv™ jel, 2004 yılında yeniden formüle edilmiş; jeli renksiz hale getirmek için eritrosin çıkarılmış, NaOCl konsantrasyonu %0.25'ten %0.475'e yükseltilmiş ve amino asit konsantrasyonu yarıya düşürülmüştür (70).

NaOCl'nin, sağlam dentin dokusundaki kolajen dokusuna da etki edebilen, spesifik olmayan bir deproteinize edici ajan olduğu bilinmektedir. Kolajen bağları üzerindeki etkiyi yalnızca denatüre kolajenle sınırlamak ve tamponlama etkisiyle NaOCl'nin agresif yapısını azaltmak için formülasyona amino asit eklenmiş ve Carisolv™ jelin sadece enfekte dentini seçici olarak etkilemesi amaçlanmıştır. İki çözelti karıştırıldıktan sonra pH 11'dir; alkali ortamda NaOCl amino asitler ile reaksiyona girer ve kloramin oluşur. Zayıfça bağlanmış klor, aktiftir ve denatüre kolajen dokusuna etki etmektedir. Kloraminler, denatüre dentin kolajeninin hidrojen bağlarını bozarak enfekte dentin dokusunu yumuşatmakta ve el aletleriyle uzaklaştırılabilmesine olanak vermektedir (71).

Carisolv™ jel, çözelti A ve B'nin bulunduğu multi-mix enjektör halindedir. Jel, çürük dentin dokusu üzerine uygulanır; yumuşayan enfekte doku, 30 sn sonra Carisolv™ sisteminde bulunan özel el aletleri ile uzaklaştırılır, ardından 20 sn boyunca su ile nazikçe durulanır. İşlem, jel artık "bulanık" görünmeyene kadar tekrarlanır. Üreticinin talimatlarına uyulduğunda, Carisolv™ jelin pulpa dokusu üzerinde zararlı etkisi olmadığı, pH'ının 11 değerinde, alkali yapıda olması ile kalsiyum hidroksite (Ca(OH)₂) benzer etki gösterdiği belirtilmiştir (41).

Üretici firma, Carisolv™ jelin çürük dokuyu uzaklaştırma etkinliğini arttırmak ve sağlam dentinin korunmasını sağlamak amacıyla özel el aletleri dizayn etmiştir. El aletleri, aktif ucu sabit ve değiştirilebilir olmak üzere iki farklı şekilde üretilmiştir (69). Komet (Komet, Dental-Gbr Brasseler GmbH & Co, Lemgo, Almanya) firması tarafından Carisolv™ jeli ile kombine kullanılabilen yeni bir sistem tanıtılmıştır. Carisolv™ jel uygulanmış enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılması amacıyla yavaş turlu el aletleri ile kullanılan seramik (Cera-bur) ve polimer (Poli-bur) frezler tasarlanmıştır (36).

Eski ve yeni Carisolv™ jellerinin, çürük dokunun uzaklaştırılması için gerektirdiği sürenin karşılaştırıldığı bir çalışmada, orta derinlikteki çürük lezyonlarında iki jel arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, derin çürük lezyonlarında ise yeni Carisolv™ jelinin daha az süre gerektirdiği belirtilmiştir (70). Carisolv™ jel ile geleneksel çürük temizleme yönteminin karşılaştırıldığı çalışmalarda, kemomekanik yöntemin daha fazla zaman aldığı, ancak sağlıklı dentin dokusunu koruduğu ve lokal anestezi gereksinimini azalttığı görülmüştür. Carisolv™ jelin uygulama ve bekleme süresi, çürük dokunun uzaklaştırılması ve su ile durulama için gereken süre, jel artık bulanık görünmeyene kadar işlemin tekrarlanması gibi prosedürlerin işlem süresini arttırdığı ancak hasta kabulünün daha iyi olduğu bildirilmiştir (72,73).

Yapılan çalışmalarda, Carisolv™ jelin dentinin mineral içeriği üzerinde olumsuz etkisi olmadığı bildirilmiştir. Carisolv™ jel uygulamasının ardından kalan dentin dokusunun Ca:P (kalsiyum-fosfor) oranı ve mikrosertliğinin sağlam dentin ile karşılaştırıldığı çalışmada, kalan dentin dokusunun kimyasal ve mekanik özelliklerinin sağlam dentinden farklı olmadığı, Carisolv™ jelin enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmasında etkili bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (74). Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kalan dentin dokusunun fiziksel özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada, Carisolv™ grubunda kalan dentin dokusunun mikrosertliğinin, geleneksel yöntemin ardından kalan dentin dokusuna ve sağlıklı dentine kıyasla, daha düşük olduğu bildirilmiştir (75). Bu sonuç, etkilenen dentin dokusunun korunmasında kemomekanik yöntemin daha az invaziv bir yaklaşım olduğunu doğrulamıştır. Ancak bazı araştırmacılar, bu bulguları,

“Carisolv™ jel uygulamasının çürük dokunun uzaklaştırılmasında daha az etkili olduğu” şeklinde yorumlamıştır (76).

Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kalan dentin dokusuna, adeziv-rezin materyallerin bağlanma kuvvetinin değerlendirildiği çalışmada, iki grup arasında ortalama makaslama kuvveti açısından fark bulunmamıştır (77). Carisolv™ uygulamasının ardından kalan dentin dokusunun SEM görüntülerinde, restoratif materyallerin adezyonunu artırma potansiyeline sahip “smear tabakası içermeyen düzensiz yüzey” yapısında olduğu ve Carisolv™ uygulamasının ardından kompozit materyal ile restore edilen dişlerde mikrosızıntının daha az olduğu belirtilmiştir (78). Benzer şekilde, Carisolv™ jel uygulamasının, farklı adeziv materyaller ve tedavi prosedürleri ile restore edilen dişlerde mikrosızıntıyı arttırmadığı bildirilmiştir (79).

Ratlar üzerinde yapılan ve Carisolv™ jelin pulpa dokusu üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada, Carisolv™ jelin pulpa dokusu üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı ve CaOH_2 benzeri etki görüldüğü rapor edilmiştir. Ayrıca pH=11 değerine sahip Carisolv™ jelinin, pulpal iyileşmeyi indükleyebilecek yüzeyel koagülasyon nekrozuna sebep olduğu, bakteriyostatik ve hemostatik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (80). Ortodontik amaçla çekilmiş daimi alt ve üst küçük azı dişleri üzerinde yapılan çalışmanın sonuçlarının da hayvan deneyleri ile uyumlu olduğu belirtilmiştir (81).

Raf ömrünün kısa olması, prosedürün uzun sürmesi, hastalar tarafından algılanan kötü tat ve uygulama sırasında fazla miktarda solüsyon kullanılması gibi olumsuz özelliklerin bildirilmesini takiben enzim esaslı kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanları tanıtılmıştır (82).

2.3.2.1.2. Enzim Esaslı Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Ajanları

NaOCl esaslı kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının olumsuz özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan ihtiyaçları karşılamak için 2003 yılında Papacarie (Formula & Acao, Sao Palo, Brezilya), 2006’da Biosolv (SFC-V gel, 3M ESPE AG, Seefeld, Almanya), 2010 yılında Carie-Care™ (Uni-Biotech, Chennai,

Hindistan) ve 2012 yılında BRIX 3000 (BRIX SRL, Carcarana, Arjantin) preparatları piyasaya sürülmüştür (47).

2.3.2.1.2.1. Papacarie

Papacarie, “çürük yiyen” anlamına gelen Portekizce bir kelimedir. Bussadori tarafından 2003 yılında tanıtılan Papacarie jel; %10 papain, %0.5 kloramin, toluidin mavisi ve inceltici içermektedir (83). Papain, tropik bölgelerde yetiştirilen Carica Papaya ağacının meyve ve yaprak özütünden üretilmekte olup proteolitik bir enzimdir (84). Onarım potansiyeli olmayan çürük diş dokusunu seçici olarak uzaklaştırabilmesinin yanı sıra bakterisidal, bakteriyostatik ve anti-enflamatuar özellikler taşımaktadır (85).

Carica Papaya; Brezilya, Hindistan, Güney Afrika ve Hawaii gibi tropik bölgelerde yetiştirilmekte, yiyecek-içecek ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaktadır. Yeşil Carica Papaya ağacının meyve ve yaprak özütünden üretilen papain, pepsin enzimine benzer şekilde sağlıklı dokuya zarar vermeyen ve yara iyileşmesini hızlandıran anti-enflamatuar ajan olarak görev yapmaktadır. Papain enziminin, nekroze olan veya olmayan, enfekte olan veya olmayan, kuru veya eksüdatif tüm yaralarda kullanımının endike olduğu ve iyileşme sürecini hızlandığı belirtilmektedir (86). Carica Papaya özütünün, Royal Victoria Hastanesi Pediatri Ünitesi’nde uygulanan yanık pansumanlarının ana bileşeni olduğu bildirilmiştir. Ucuz ve yaygın olarak bulunan ve sıklıkla kullanılan papaya özütünün; nekrotik dokuyu uzaklaştırmada, yanık yarasının enfekte olmasını önlemede ve iyileşme sürecinin hızlandırılmasında etkili olduğu ifade edilmiştir. Papain enziminin bu etkisinin, yalnızca enfekte dokuya etki etmesi, sağlam dokulara zarar vermemesi ve anti-bakteriyel özellikte olması ile ilişkilendirilmektedir (87). Papain enzimi, $\alpha 1$ -anti-tripsin adı verilen plazmatik anti-proteaz proteini bulundurmeyen enfekte dokuya etki etmektedir. Bu protein sadece sağlıklı dokuda bulunmakta ve protein sindirimini inhibe etmektedir. Enfekte dokularda $\alpha 1$ -anti-tripsin proteini yokluğu, papain enziminin denatüre olmuş kolajen moleküllerini parçalamasına olanak vermektedir (88).

Papacarie jelin içeriğinde yer alan kloramin, klor ve amonyak arasındaki reaksiyon sonucunda oluşmaktadır. Kloraminler, doğrudan nitrojen atomlarına bağlı

en az bir klor atomu içeren aminler olup, bakterisidal ve dezenfektan özelliktedirler. Aktif klor bileşiğine sahip kloraminlerin, yüksek dezenfektan özellikte olduğu, in vitro ortamda gram pozitif ve gram negatif bakterileri inaktive ettiği ve in vivo ortamda kontamine yaralara uygulandığında bakterisidal özellikte olduğu bildirilmiştir (89). Çürük dentin dokusunun kimyasal olarak yumuşatılmasında irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan kloraminlerin çürük dentinin kısmen bozulmuş kolajen dokusunu klorlaması ve kolajenin ikincil ve/veya dördüncül yapısına etki etmesi sonucunda enfekte dentinin uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığı ifade edilmiştir. Papacarie jel içerisinde renklendirici ajan olarak yer alan toluidin mavisinin, *Streptococcus mutans*'a karşı etki gösterdiği ve bakteri zarına sabitlenen ışığa duyarlı bir pigment olduğu belirtilmiştir (88).

Papacarie jel, çürük dokunun kemomekanik yöntemle uzaklaştırılmasını yaygınlaştırmak ve halk sağlığında kullanımını teşvik etmek için Brezilya'da bir araştırma projesi sonucunda formüle edilmiştir (52). Geliştirilen Papacarie formülasyonunun çeşitli avantajları bulunmaktadır (90):

- Jelin proteolitik etkisi ile yumuşayan enfekte dentin dokusunun, çürük dokunun uzaklaştırılmasında ekskavatörün uyguladığı basıncı azaltması sonucunda lokal anesteziye daha az gereksinim duyulmaktadır.
- Sadece enfekte dokuya etki eden ve sağlıklı dokuyu koruyan, anti-bakteriyel özelliklere sahip biyouyumlu bir jeldir.
- Jel kullanıldıktan sonra smear tabakası oluşumu gözlenmemekte ve restorasyonun sağkalım süresi uzamaktadır.
- Jel, sağlıklı dokuyu etkilemeden ve ağrıya neden olmadan, atravmatik bir tedaviyi anti-bakteriyel özelliklerle birleştirmektedir.
- Farklı konsantrasyonlardaki (%2, 4, 6, 8 ve 10) fibroblast kültüründe sitotoksikite açısından in vitro olarak değerlendirildiği araştırmada, güvenli olduğu ve sitotoksik özellik göstermediği bulunmuştur (91).

Papacarie jel, kısmen denatüre olmuş kolajen moleküllerini parçalayarak çürük süreci ile oluşan fibrin ağının bozulmasını ve ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Çürük dokuya uygulanan jelin proteolitik etki gösterebilmesi için süre gerekmektedir. Artan tedavi süresi, çocuk hastaların iş birliğini olumsuz yönde etkileyebileceğinden

Papacarie jelin dezavantajı olarak kabul edilmiştir (92). Süt dişlerinde, Papacarie jel kullanılan kemomekanik yöntem ve geleneksel yöntem ile çürük uzaklaştırma yöntemlerinin verimliliğinin değerlendirildiği in vitro çalışmalarda; Papacarie jelin uygulandığı dişlerde ortalama çalışma süresinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (92–95). Bununla birlikte, Papacarie jelin kullanıldığı kemomekanik yöntemin daha az invaziv olması, çocuk hastalarda daha az korku ve kaygıya neden olması gibi avantajlarının zaman faktörünün önüne geçtiği belirtilmiştir (95).

2.3.2.1.2.2. Carie-Care

Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanları, derin çürük lezyonlarında ve çocuk hastalarda oldukça yararlı olsa da bu materyallerin yüksek maliyeti nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı sınırlı bulunmaktadır. Bu nedenle, uygun maliyetli bir ürün geliştirme fikri ile papain bazlı yeni bir preparat, Carie-care (Unibiotech Pharmaceuticals, Hindistan) piyasaya sürülmüş ve yaygın olarak Hindistan’da kullanılmıştır (90).

Carie-care jel; 100 mg Carica papaya enzimi, 2 mg karanfil yağı, mavi renkli jel, kloraminler, sodyum klorür ve sodyum metilparaben içermektedir. Carica papaya meyvesinin özütü olan papain enzimi, insan pepsinine benzer bir proteolitik enzimdir, anti-bakteriyel ve anti-enflamatuar özelliklere sahiptir. Enfekte dokularda α 1-anti-tripsin enziminin bulunmaması, papain enziminin kısmen bozulmuş kolajeni parçalamasına izin vermekte ve enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Kloraminler iyileşme sürecine yardımcı olmakta, doku onarım süresini kısaltmakta ve kısmen bozulmuş kolajenin klorlanması yoluyla enfekte dentinin uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır. Karanfil yağı, analjezik ve antiseptik etki göstermektedir. Sodyum metilparaben, koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (96). Yapılan araştırmalarda, Carie-care’in çürük doku uzaklaştırma etkinliğinin, Papacarie ve Carisolv™ jel ile eşdeğer olduğu bildirilmiştir. Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı Carie-care’nin, sıklıkla kullanılan ajanlar Carisolv™ ve Papacarie’nin ekonomik bir alternatifi olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür (96,97). Bununla birlikte, yaygın olarak Hindistan’da kullanıldığından ve bulunduğundan, ulaşılabilirliği sınırlıdır.

2.3.2.1.2.3. Biosolv

Pepsin bazlı deneysel bir enzimatik kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı olan Biosolv (SFC-V ve SFC-VIII, 3M-ESPE AG, Seefeld, Almanya), özel plastik el aletleri (STAB VI.3) ile kullanılmaktadır (47). Biosolv hakkındaki araştırmalar sınırlı olup mevcut bilgiler esas olarak üretici firmanın raporlarına dayanmaktadır.

Biosolv sistemi, kullanıma hazır biçimde ticari olarak mevcut değildir. Kıvam verici ana maddede bulunan fosforik asit/sodyum biyofosfat tamponunda hazırlanan pepsin enzimi içermektedir. Fosforik asidin enfekte dentinin inorganik bileşenlerini çözebildiği, pepsin enziminin denatüre kolajen liflerine seçici olarak etki ettiği ve kolajen polimerini monomerlere indirgediği ifade edilmektedir. Preparatın etki ettiği enfekte dentin yumuşamakta ve özel olarak tasarlanmış plastik el aletleri ile kolayca uzaklaştırılabilmektedir (98).

Biosolv sistemi, Carisolv™ jel ve ART yöntemlerinin enfekte dentin dokusunu uzaklaştırma etkinliğinin karşılaştırıldığı araştırmada, Biosolv jelin diğer yöntemlere kıyasla daha fazla enfekte dentin dokusu bıraktığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu bulguyu, dentin dokusunun Biosolv jel üzerindeki hızlı tamponlama etkisinin, pepsin enziminin kolajen lifler üzerindeki seçici işlevini bozması ile açıklamaktadır (99). Diğer yandan, Biosolv jelin hem sağlam hem de enfekte dentini etkileyebilen asiditesi nedeniyle en agresif kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı olduğu öne sürülmüştür. Biosolv jelin dentin dokusu üzerindeki seçici olmayan etkisinin, kıvam verici ajanın hazırlanmasındaki problemler nedeniyle ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. Bu problem, jelin akışkanlığını arttırmakta ve sağlam dentine penetrasyonu artırmaktadır (100).

Biosolv sisteminin klinik kullanımının yaygınlaşması için yeterli verinin mevcut olmadığı, çürük dokunun uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin ve etki mekanizmasının daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

2.3.2.1.2.4. BRIX 3000

BRIX 3000 jel, Arjantin'de BRIX Medical Science firması tarafından tanıtılan, en güncel papain bazlı kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanıdır. Bu formülasyonun özellikleri arasında standardize edilmiş yüksek konsantrasyonda papain enzimi

(%10'luk konsantrasyonda 3000 U/mg) ve Encapsulated Buffer Emulsion-Kapsülleyici Tampon Emülsiyonu (EBE) teknolojisi bulunmaktadır (101). EBE teknolojisi, papain enziminin ideal pH'ta immobilizasyonunu ve yalnızca denatüre kolajenin proteolizi sırasında serbest kalmasını sağlayarak enzim aktivitesini %50-60 oranında arttıran yeni bir biyokapsülleme tekniğidir (102). Biyokapsülasyon teknolojisi ile enzim stabilizasyonu için gereken ideal pH sağlanmakta ve aktif madde ağız sıvıları tarafından daha az çözünmektedir. Bu sayede, enfekte doku üzerindeki proteolitik etki artmakta, soğuk zincir koruması gerektirmeden elverişsiz depolama ortamlarına daha iyi uyum sağlanmakta ve daha yüksek anti-bakteriyel, anti-fungal özellikler sunulmaktadır. Günümüzde, EBE teknolojisinin kullanıldığı tek kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı, BRIX 3000'dir (103).

Biyokapsülleme teknolojisi, spesifik bir enzimatik aktivite süreci veya uluslararası birimler ile standardize edilmiş enzimatik aktivite konsantrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Enkapsüle edilmiş yüksek konsantrasyonda papain enzimi içeren BRIX 3000 jelin, enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılması sırasında pulpa dokusu üzerinde herhangi bir sitotoksik etkiye neden olmadığı belirtilmiştir (104). BRIX 3000 jel, sağlıklı doku ile temas ettiğinde herhangi bir reaksiyona neden olmadığını ve ağız, deri veya göz dokusu üzerinde toksik etki göstermediğini belirten dermatolojik kullanım onayına sahiptir. Klinik olarak test edilerek sistemik hastalığı olan, engelli veya hamile bireyler de dahil olmak üzere her yaşta kullanımının güvenli olduğu bildirilmiştir (102).

BRIX 3000 jelin içeriğindeki papain, insan pepsinine benzer etki gösteren, anti-bakteriyel, bakteriostatik ve anti-enflamatuvar aktiviteye sahip, sikatriyel süreci hızlandıran bir endoproteindir (105). Papain enziminin, proteolitik etkiyi önleyen bir anti-proteaz olan α 1-anti-tripsin içermeyen enfekte dentin dokusunda etki göstermesi, BRIX 3000 jelin çürük dokuyu seçici olarak uzaklaştırmasını sağlamaktadır. Seçici ve minimal invaziv kavite preparasyonu sonucunda etkilenmiş dentin dokusu korunmakta ve dişin onarım potansiyeli artmaktadır (102). Papain enzimi, denatüre kolajen fibrillerinin çapraz bağlarını hidrolize etmekte ve polipeptit zincirlerinin bölünmesini sağlamaktadır. İkincil ve kuaterner yapıyı etkileyen bu reaksiyon, enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (83).

BRIX 3000 jelin kaviteye uygulanmasının ardından, denatüre kolajenin parçalandığını ve enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılabileceğini işaret eden oksijen kabarcıkları ve bulanık-bulutlu görünüm ortaya çıkmaktadır. Üretici firmaya göre BRIX 3000 jel, 2 dk içerisinde etki göstermektedir. İki dakika sonra, künt uçlu ekskavatör ile basınç uygulamadan, sarkaç hareketleri ile çürük dentin dokusu uzaklaştırılabilmektedir. Bu uygulama, en fazla 2-3 kez olmak üzere, klinisyenin kalan dentin dokusunun görsel ve dokusal muayenesini yaparak kavite içerisinde enfekte dentin dokusu kalmayana dek tekrarlanabilmektedir (106).

Özellikle kaygılı ve çocuk hastalarda olumlu sonuçlar sunması, lokal anestezi ihtiyacını azaltması, sağlık diş dokusunu koruyarak yalnızca enfekte dentin dokusunu uzaklaştırması, etkili ve minimal invaziv bir yöntem olması gibi avantajlar sunan ve en güncel kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı olan BRIX 3000 ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

2.3.2.2. Atravmatik Restoratif Tedavi Tekniği

Atravmatik restoratif tedavi (ART), çürük diş varlığının sıklıkla diş çekimleri ile sonuçlandığı sınırlı kaynaklara sahip toplumlar için bir restoratif tedavi yöntemi olarak, 1980’li yılların ortalarında geliştirilmiştir. Günümüzde ise minimal invaziv diş hekimliği felsefesinin ilkeleri temelinde, dünya çapında bir çürük yönetimi konseptine dönüşmüştür. ART'nin temel amacı, yalnızca enfekte dokunun uzaklaştırılması ve dişin örtülenmesi yoluyla çürük lezyonun gelişimini önlemek ve ilerlemesini durdurmaktır. ART preparasyonu sadece el aletleri kullanılarak yapılır ve hazırlanan kavite genellikle yüksek viskoziteli bir cam iyonomer siman (YVCİS) materyali ile örtülenir (107).

ART tekniği, Dr. Jo Frencken tarafından Tanzanya Dar-es-Salaam'da geliştirilmiştir. Bu dönemde, Tanzanya'nın kırsal ve düşük gelirli kentsel bölgelerinde, çürük dişler çoğunlukla çekilmekte idi. Elektrik, su ve maddi kaynakların eksikliği ve mevcut diş hekimliği ekipmanının yetersiz olması nedeniyle toplum ağız ve diş sağlığını sağlamak zordu. Bu tür yetersiz hizmet alan toplumlarda, mobil döner alet ve aspirasyon ekipmanı, portatif diş hekimi koltukları ve jeneratörleri içeren mobil diş ünitelerinin kurulması; pratik olmaması, bakımının zorluğu ve yüksek maliyetli olması

nedeniyle mümkün olmamaktadır (108). Mevcut koşullar altında, çürük dentin dokusunun el aletleri ile uzaklaştırılmasını ve dişin polikarboksilat siman ile restorasyonunu içeren ilk pilot çalışmanın sonuçları, 1986 yılında Tanzanya Diş Hekimleri Birliği'nin bilimsel toplantısında sunulmuştur. Yapılan çalışmada, tedavi edilen 28 diştten yalnızca birinin çekilmesi gerektiği, diğer dişlerin ise simanın görünür yüzey aşınmasına rağmen, ağrı, apse veya fistül gibi semptomlar göstermediği, çürük dişlerin beklenen ve yaygın tedavisi olan diş çekiminin yapılmamış olmasının da hastaları memnun ettiği rapor edilmiştir (109). Zaman içerisinde, ekskavatörlerin yanında mine keskilerinin tekniğe dahil edilmesi, restoratif materyal olarak cam iyonomer simanların kullanılması gibi gelişmeler meydana gelmiştir. Bu operasyonel ilerlemeler, ART tekniği olarak bilinen, geleneksel yöntemle alternatif, koruyucu ve onarıcı tedavi konseptinin uygulama alanını genişletmiştir (110). ART tekniğinin ardından cam iyonomer simanla restore edilen süt ve daimi dişlerin, geleneksel yöntemin ardından amalgam ile restore edilen süt ve daimi dişler ile karşılaştırıldığı, 1990'lı yılların başında yapılan randomize kontrollü çalışmada; hem süt hem de daimi dişlerde ART tekniği ile cam iyonomer siman restorasyonların sağkalım yüzdesinin yüksek olduğu bildirilmiştir (107). Beklenenin çok üzerinde başarı yüzdesi ile dikkat çeken ART tekniği, 1994 yılında Dünya Sağlık Örgütü ve 2002 yılında FDI tarafından kabul edilmiştir (110).

Başlangıçta, ART tekniğinin endikasyonu, gelişmemiş ya da gelişmekte olan toplumlarda yaşayan bireyler ve tedavi imkanlarının kısıtlı olduğu durumlar ile sınırlanmıştır. ART tekniğinin yıllar içinde bildirilen başarısı ve randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen güçlü kanıtlar, ART endikasyonunu sosyo-ekonomik olarak gelişmiş ülkelere genişletmiştir. ART endikasyonlarının genişletilmesi, tekniğin, bireyin ekonomik veya sosyal durumundan bağımsız olarak uygulanabilen koruyucu ve onarıcı bir tedavi seçeneği olduğunu ve etkinliğinin benzerlerinden farklı olmadığını gösteren araştırmaların sonucudur (110).

Günümüzde ART tekniği, diş çürüklerinin önlenmesinde ve ilerlemesinin durdurulmasında minimal invaziv bir tedavi yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Minimal invaziv diş hekimliği, dişleri yaşam boyu sağlıklı ve işlevsel tutmayı amaçlayan bir felsefe olarak ifade edilmektedir (3). ART tekniği, minimal invaziv diş hekimliği konseptinin ilkelerini takip etmektedir. Yapılan çalışmalarda, hem süt hem

daimi dişlerde, enfekte dokunun uzaklaştırılmasında el aletlerinin döner aletler kadar etkili ve verimli olduğu gösterilmiştir. Bu tekniğin diğer bir avantajı da sağlıklı dentin dokusunun uzaklaştırılmasına yol açma olasılığının daha düşük olmasıdır. Bu nedenle, ART tekniği ile çürük dokunun uzaklaştırıldığı dişlerde kavite boyutu, geleneksel yöntemle kıyasla önemli ölçüde küçüktür (2,111). Yalnızca “enfekte” yumuşak çürük doku çıkarıldığından, lokal anestezi nadiren gerekli olmakta ve özellikle çocuk hastalarda kaygı azalmaktadır. Yalnızca hasta için değil, aynı zamanda diş dokusu için de daha az travmatik olması sayesinde “hasta dostu” bir yaklaşım olarak kabul edilen ART tekniğinin, okul öncesi ve okul çağındaki çocuklar, yaşlı hastalar ve zihinsel veya fiziksel engelli özel gereksinimli bireylerde uygulanması avantaj sağlamaktadır (112).

ART tekniği, çürük doku yalnızca el aletleriyle uzaklaştırıldığından, geleneksel tedavi yönteminden birçok yönüyle farklıdır ve uygulama basamakları aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (113):

- Tedavi edilecek diş, rulo pamuklar ile izole edilmeli ve tedavi alanı tükürükten uzak tutulmalıdır.
- Sond yardımı ile mevcut pit ve fissürlerin derin kısımlarından plak ve yiyecek artıkları nazikçe çıkarılmalıdır.
- Pit ve fissürler, ıslak pamuk peletler ile silinmelidir.
- Çürük lezyonunun boyutu değerlendirilmelidir.
- Kavitenin çok küçük olduğu tespit edilirse, mine keskisi kullanılarak erişim alanı yaratılmalıdır.
- Desteksiz mine kenarları, mine keskisi ile uzaklaştırılmalıdır.
- Çürük doku, ekskavatör yardımıyla periferden merkeze doğru sarkaç hareketi ile çıkarılmalıdır.
- Kavite, ıslak pamuk pelet ile temizlenmeli ve ardından kuru pamuk ile kurulanmalıdır.
- Kavite içerisinde ve çevresinde debris kalmadığından emin olunmalı ve kalıntılar uzaklaştırılmalıdır.
- Kavite sınırlarındaki mine kenarlarında demineralize alan kalmadığından mümkün olduğunca emin olunmalıdır.

- Cam iyonomer siman likitinden karıştırma pedine 2 damla konulmalıdır. İlk damla genellikle hava kabarcığı içerdiğinden kavite hazırlığı için kullanılmalıdır. Şişeye uygulanan basınç bırakılmadan ikinci damla karıştırma pedinin ortasına damlatılmalıdır, hava kabarcığı içermemelidir ve toz ile karıştırılmak için kullanılmalıdır.
- Poliakrilik asit emdirilmiş nemli pamuk pelet, kaviteye ve komşu pit ve fissürlere 10-15 sn uygulanarak kavite hazırlığı yapılmalıdır. Kavite hazırlığı için geliştirilmiş hazır preparatlar da mevcuttur.
- Pamuk peletin kavite duvarlarına ulaştığından emin olunmalıdır. Küçük kavitelerde bu her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumda, kavitenin boyutuna uygun peletler ya da tek kullanımlık aplikatör kullanılmalıdır.
- Kavite, ıslak pamuk peletler ile 5 sn kadar silinmeli ve ardından kuru pamuk ile kurulanmalıdır.
- Kavitenin izolasyonu sağlanmalı ve aralıklı olarak rulo pamuklar değiştirilmelidir.
- Cam iyonomer siman, üreticinin talimatlarına göre karıştırılmalıdır. Yalnızca uygun şekilde karıştırılmış cam iyonomer siman ile restorasyon yapılmalı, akıcı ya da sert kıvamdaki karışım kabul edilmemelidir. Kapsül cam iyonomer simanlar da kullanılabilir.
- Uygun bir spatül ile cam iyonomer simanın bir kısmı kaviteye yerleştirilmelidir. Mine çıkıntısı olması durumunda, orta boy ekskavatör ile cam iyonomer siman kavite köşelerine itilmelidir. Cam iyonomer simanın kalan kısmı kaviteye yerleştirilmeli, yuvarlak uçlu el aleti ile bastırılmalı ve uygun form verilmelidir.
- İşaret parmağına sürülen çok ince bir tabaka vazelin, diş yüzeyine uygulanmalı ve 20 sn bastırılmalıdır.
- Uygun bir spatül ile cam iyonomer simandaki fazlalıklar uzaklaştırılmalıdır.
- Artikülasyon kağıdı ile okluzyon kontrol edilmelidir.

- Orta boy bir ekskavatör ile erken temas bölgeleri, okluzyona uygun olarak düzeltilmelidir.
- Restorasyon, tekrar ince bir tabaka vazelin ile korunmalıdır.
- Rulo pamuklar çıkarılmalı, hastaya uygun yeme-içme önerilerinde bulunulmalıdır.

Spontan ağrı, apse ve/veya fistül öyküsü olmayan, el aletleri ile ulaşılabilir kavitasyonu mevcut dişler, potansiyel olarak ART tekniği için uygundur. Preparasyon sırasında uzaklaştırılması gereken doku miktarı, kavite derinliği ile doğrudan ilişkili olup (110), çürük dokunun uzaklaştırılması işleminde, dekalsifiye yapıdaki enfekte dentinin çıkarılması ve etkilenen dentinin korunması gerektiği bildirilmiştir (109). Çürüğün uzaklaştırılması ile ilgili temel sorun, tüm enfekte dentinin çıkarılıp çıkarılmadığını klinik olarak tanımlamanın zorluğudur. Bu nedenle, nekrotik ve enfekte bölgelerin klinik olarak belirlenip sağlam dentin dokusunun ayırt edilebilmesi için çürük dentin lezyonlarının histolojik ve klinik özellikleri arasındaki ilişki iyi bilinmelidir (114). Diş hekimi, el aletlerini kullanarak dentinin sertlik seviyesini hissedebilmekte ve hangi dokunun uzaklaştırılıp hangi dokunun korunması gerektiğini ayırt edebilmektedir. Bu noktalar göz önünde bulundurularak, ART tekniği ile çürük dokunun uzaklaştırılmasında 3 farklı yaklaşım söz konusu olabilmektedir:

- Küçük kaviteler: El aletlerinin çürük dokunun uzaklaştırılmasındaki yeterliliğinin adölesan hastalarda araştırıldığı çalışmalarda; el aletleri kullanılarak dentin çürük lezyonlarının %78-84 oranında tedavi edilebildiği rapor edilmektedir. El aletleri ile çürük dokunun uzaklaştırılabilmesi için kavite açıklığının en az 1,6 mm çapında olması gerektiği belirtilmiştir (115). Kavite açıklığının daha küçük olduğu ve ekskavatörün çürük dokuya erişiminin mümkün olmadığı durumlarda frez kullanılabilmekte, saha koşullarında ise kavite örtülenebilmektedir, ancak bu konuda fikir birliğine varılamamıştır (116). Kavite sınırlarında desteksiz mine dokusunun mevcut olduğu durumlarda, ileride kırılması muhtemel demineralize mine dokusu mine keski ile uzaklaştırılarak kavite genişliği artırılabilir (110).
- Sığ-orta derinlikte kaviteler: Bu tür kavitelerde amaç, dentini koronal olarak sıkı/sert hale getirmek için çürük dokuyu seçici olarak

uzaklaştırmaktır. Bu prosedür, pulpa ekspozu riski içermemekte ve restoratif materyalin bağlanması için uygun dentin yüzeyi oluşturmaktadır. Ancak, bu tür kavitelere keskin ekskavatörler ile çalışmak gerekmektedir; kör bir ekskavatör ile yapılacak preparasyon, kavite içerisinde enfekte dentin bırakabilmekte, bu da restoratif materyalin kavite duvarlarına adezyonunu olumsuz yönde etkileyerek sızıntıya neden olabilmektedir (110).

- Derin kaviterler: Vital ve semptomsuz dişlerde pulpa ekspozuna neden olmamak için pulpal duvarda yumuşak doku bırakılabilmektedir. Bu yaklaşımın, endodontik tedavi ihtiyacını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (117). Bununla birlikte, çürük uzaklaştırma yönteminden bağımsız olarak dişin ağrı, apse ve fistül geçmişi hakkında bilgi toplanmalı, detaylı anamnez alınmalı, şartlar uygun ise dişin klinik muayenesine radyografik muayene eşlik etmelidir. Özellikle saha koşullarında radyografik muayene her zaman mümkün olmadığından, hasta yanlış tanı ve tedavi komplikasyonları konusunda bilgilendirilmelidir. Dikkate alınması gereken bir diğer husus ise yumuşak dentinin yalnızca pulpa ekspozu riskinin olduğu bölgede kalması gerektiğidir. Tedavi başarısında önemli olan kavite sızdırmazlığının sağlanabilmesi için pulpal duvar çevresindeki tüm duvarlar sağlam dentine ulaşılana dek temizlenmelidir (110).

ART tekniği, dişin enfekte dentin dokusunun seçici olarak uzaklaştırılması ve ideal fiziksel özelliklere sahip biyouyumlu bir materyal ile restore edilmesi olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır (3). ART tekniğinin ilk kez raporlandığı pilot çalışmada, restoratif materyal olarak polikarboksilat siman kullanılmıştır (109). Zaman içerisinde gelişen operasyonel ilerlemeler ve teknolojik gelişmeler ile birlikte restoratif materyalin mine ve dentine etkin bir şekilde bağlanma yeteneğine sahip olması gerektiği ifade edilmiş, rezin ve cam iyonomer bazlı materyallerin kullanımı gündeme gelmiştir (113). Başlangıçta, rezin kompozitler de dahil olmak üzere tüm adeziv restoratif materyaller ART yöntemi ile kullanım için uygun kabul edilmiştir. Literatürde ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılan dişlerin rezin kompozit, kompomer ve rezin modifiye cam iyonomer siman ile restore edildiği çalışmalar

mevcut olsa da bu teknik ile bütünleşen restoratif materyaller cam iyonomer simanlar olmuştur (110).

Başlangıçta ART tekniği ile sıklıkla geleneksel cam iyonomer simanlar kullanılmış, ancak 1990'lı yılların ortalarında, mekanik özellikleri büyük ölçüde iyileştirilmiş ve gelişmiş fiziksel özellikler gösteren yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS) piyasaya sürülmüştür (107). Geleneksel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyallerinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, geleneksel cam iyonomer simanlara göre anlamlı ölçüde daha yüksek başarı gösterdiği rapor edilmiştir (118,119). Temel olarak geleneksel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, mine ve dentin dokusuna kimyasal olarak bağlanarak aside dirençli bir bağlanma yüzeyi oluşturmaktadır. Bu yüzey, poliasit moleküllerindeki karboksilat grupları ile diş yapısındaki Ca^{+2} iyonları arasındaki iyonik bağları içermektedir (120). Diş dokusu ve cam iyonomer siman materyalleri arasında kuvvetli bir bağlanmanın sağlanması ve restorasyon başarısının artırılması için ART tekniği ile sağlam mine-dentin kenarlarının oluşturulması ve restoratif materyalin sızdırmazlığını sağlayacak şekilde uygulanması esastır (110).

ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılan ve geleneksel cam iyonomer simanla restore edilen dişlerin başarı oranının geleneksel amalgam restorasyonlar ile karşılaştırıldığı çalışmalarda; cam iyonomer siman restorasyonların başarı oranlarının, amalgam restorasyonlar ile karşılaştırılabilir olduğu bildirilmiştir (121,122).

Bu bilgiler ışığında, ART tekniğinin geleneksel tedaviye alternatif olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür. ART tekniği ve diğer geleneksel teknikler ile tedavi edilen süt dişlerinin restore edilebilirliğinin artırılması ve çocuk hastalarda ağız sağlığının sağlanabilmesi açısından materyal seçimi önem arz etmektedir. Bu noktada, kullanılan materyallerin yöntemler ile bütünleşmesi gerekmektedir.

2.4. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller

2.4.1. Amalgam

Dental amalgam, yıllarca arka grup dişlerde en sık kullanılan restoratif materyal olmuştur (123). Fransa'da 1800'lü yılların başında, 'D. Arcets' Mineral

Cement' olarak adlandırılan karışım, ilk dental amalgam olarak kabul edilmektedir. Gümüş madeni paralardan elde edilen parçacıkların civa ile birleştirilmesi ile karışımın oda sıcaklığında hazırlanabilmesi sağlanarak modern amalgam formülasyonuna bir adım daha yaklaşılmıştır (124).

Geleneksel amalgam alaşımı, yaklaşık %50 oranında civaya ek olarak gümüş, bakır ve kalay gibi metallerin karışımını içermektedir. Bazı toz alaşımlara ek olarak çinko ve en fazla %3 oranında olmak üzere civa eklenebilmektedir. Bu alaşım içerisinde, “gama fazı” olarak adlandırılan reaksiyona girmemiş alaşım parçacıkları olan gümüş-kalay kompleksi (Ag_3Sn) bulunmaktadır. Bu parçacıklar, civa ile amalgamasyon reaksiyonuna girmektedir. Reaksiyon, alaşım parçacıklarının yüzeyinde, gama 1 ve gama 2 fazlarından oluşan bir matriks oluşturmak üzere meydana gelmektedir. Gama 1 fazı, gümüş ve civanın (Ag_2Hg_3); gama 2 fazı ise kalay ve civanın (Sn_7Hg) bağlanmasını içermektedir (125). Geleneksel amalgamlardan sonra yüksek oranda bakır içeren amalgamlar üretilmiştir. Geleneksel amalgam alaşımlarında, en fazla %6 oranında bakır bulunmakta iken “non-gama 2” olarak adlandırılan yüksek bakır içerikli alaşımda, %9-30 oranında bulunmaktadır. Artan bakır konsantrasyonu, kalay-civa bileşimi yerine bir bakır-kalay fazı ($CuSn_5$) oluşturduğu için gama 2 fazının oluşumunu engellemektedir. Yüksek bakırlı amalgamlar, gümüş-kalay ve gümüş-bakır alaşımlarının karışımından ya da üçlü gümüş-bakır-kalay alaşımından hazırlanmaktadır; korozyona ve marjinal bozulmaya karşı daha yüksek dirence ve üstün klinik özelliklere sahip olduğu, böylece materyalin dayanıklılığının artırıldığı bildirilmiştir (126). Günümüzde sıklıkla kullanılan amalgam bileşimi, G.V. Black'in önerdiği orana büyük ölçüde yakındır (124). Black, 1895 yılında sistematik ve bilimsel araştırmalarının ardından yayınladığı ayrıntılı sonuçlarda, amalgamın en umut verici restoratif materyal olduğunu belirtmiştir (127).

Çürük lezyonların amalgam materyali ile geleneksel tedavisi, Black kavite prensiplerine dayanmaktadır. Cerrahi yöntem olarak adlandırılan bu tedavide, yumuşak demineralize dentin ve desteksiz mine dokusu dahil olmak üzere çürük lezyonun tamamı uzaklaştırılmaktadır. Bununla birlikte, amalgamın fiziksel özelliklerine bağlı olarak restoratif materyalin yerleştirilebilmesi için yeterli alan sağlanmalı ve uygun kavite formu oluşturulmalıdır. Ayrıca kavite sınırlarının, ileride çürümesi muhtemel pit ve fissürleri içerecek şekilde genişletilmesi ile “korumak için

genişlet” ilkesi öne çıkmaktadır. Black kavite prensipleri, restoratif materyalin mekanik tutuculuğunu sağlayan bir iç formun yanı sıra, özel olarak belirtilmiş bir ana formun hazırlanması için diş yapısının belirlenen kurallar doğrultusunda uzaklaştırılmasını gerektirmektedir. Bu kavite tasarımı, sağlıklı diş dokusunun uzaklaştırılması ile sonuçlanmaktadır (128).

Dental amalgamın diş dokusuna kimyasal olarak bağlanmayıp yalnızca fiziksel olarak bağlanması sonucu geliştirilen Black kavite prensipleri, minimal invaziv diş hekimliği felsefesi ile örtüşmemektedir. Yüksek termal iletkenlik katsayısı ve düşük kırılma dayanımı gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bununla birlikte, amalgam materyalinin rezin içerikli restoratif materyallere göre daha az teknik hassasiyet ve nem kontrolü gerektirmesi, süt dişlerinin restorasyonunda tercih edilebilir bir materyal olarak öne çıkmasını sağlamıştır (129).

Süt azı dişlerinde amalgam restorasyonun başarısının; çocuğun yaşı, hangi dişin restore edildiği, kavite tipi ve restorasyon sayısı olmak üzere dört ana faktör ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Çocuk hastalarda artan yaş ile birlikte restorasyonun başarısının arttığı ve 3 yaşın altındaki çocuklarda restorasyon sağkalım süresinin bir yıldan daha az olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, küçük yaşlardaki çocuk hastalarda çürük lezyonun başlangıcını geciktirmek için erken dönemde koruyucu ve önleyici tedavilerin uygulanmasının büyük önem taşıdığı vurgulanmıştır (130).

Diş rengindeki materyallerin fiziksel özelliklerindeki ve klinik kullanımındaki iyileşme, solunan veya yutulan cıvanın toksisitesi konusundaki devam eden tartışmalarla birlikte, çocuk hastalarda dental amalgam kullanımı hakkında endişeler ortaya çıkmıştır. FDI tarafından 1992 yılında dental amalgamın güvenliğini teyit eden beyanlar yayınlanmıştır (131). Bununla birlikte, cıvanın çevresel etkilerinin yanı sıra güvenliği konusunda ve amalgamın insan sağlığını etkileyen potansiyel biyolojik tehlikeleri hakkında tartışmalar mevcuttur. Bu durum, amalgam materyalinin kullanımının azalmasına ve kabul edilebilir alternatifler bulma veya geliştirme çabalarının artmasına yol açmıştır (132). Dental amalgamın restoratif materyal olarak kullanımının güvenliliği ile ilgili olarak 2004-2008 yılları arasında yapılan çalışmaların kapsamlı bir literatür taramasında; dental amalgamdan cıva salınımı ile çeşitli tıbbi şikayetler arasındaki ilişkiye dair yetersiz kanıt bulunduğu rapor edilmiştir

(133). Amalgam restorasyonların, merkezi-periferik sinir sistemi ve böbrek fonksiyonu üzerinde etkisi bulunmadığı bildirilmiştir (134). Diğer taraftan, FDA tarafından 2009 yılında yayınlanan kılavuzda, dental amalgamın civa buharının olası olumsuz etkilerinin söz konusu olduğu ve civa hassasiyeti mevcut kişilerde kullanımının kontrendike olduğu, II-Sınıf (bir miktar risk içeren) materyal uyarı etiketi taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca hamilelerde, gelişmekte olan fetüslerde ve altı yaşın altındaki çocuklarda amalgam kullanımının uzun vadeli sağlık sonuçları hakkında sınırlı veri mevcut olduğu bildirilmiştir (135). Diş hekimliği alanındaki gelişmeler, civa inhalasyonunun genel sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğuna dair endişeler, çevresel kaygılar ve estetik materyal alternatiflerinin artması üzerine amalgamın restoratif materyal olarak kullanımı azalmış ve sınırlanmıştır (136).

2.4.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Amalgam, altın ve porselen restoratif materyallerin 19. yüzyılın ilk yarısında gelişimi ile birlikte yapıştırma ve kaide materyalleri olarak kullanılan dental simanlarda da ilerleme kaydedilmiştir. Diş dokusu ile fiziko-kimyasal adezyon fikri, 1960'lı yılların başında poliakrilik asit bazlı simanların icadıyla sonuçlanmış, önce polikarboksilat ardından cam iyonomer simanlar ortaya çıkmıştır. Wilson ve Kent tarafından 1968 yılında, Londra'da, cam polialkenoat siman olarak da bilinen cam iyonomer simanlar geliştirilmiş ve o dönem sıklıkla kullanılan silikat simanın yerini almıştır. Bu yeni materyal, içeriğinin baş harfleri birleştirilerek "ASPA" (Alümino-Silikat-Poliakrilik-Asit) olarak adlandırılmıştır. Yeni bir materyal "servikal lezyonların restorasyonu için önerilen yarı saydam dolgu materyali" olarak 1972 yılında tanıtılmıştır (137).

2.4.2.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Toz ve Likit İçeriği

Geleneksel cam iyonomer simanlar, floroalüminasilikat cam tozu ile sulandırılmış poliakrilik asit likidi içeren, mine ve dentin dokusuna kimyasal olarak bağlanan biyoyumlu restoratif materyallerdir (138).

İlk geliştirilen ASPA simanlarda; florür, alümina ve silika iyonları ile birlikte kalsiyum oksit içeren kalsiyum-floroalüminosilikat cam sistemi kullanılmıştır.

Günümüzde geleneksel cam iyonomer simanların içerdiği cam partiküller, esas olarak kalsiyum veya stronsiyum alümino-floro-silikat tozudur. Tetrahedral yapıda olan partiküller, pek çok karmaşık bileşene sahip olmakla birlikte alüminyum oksit (Al_2O_3) ve silisyum dioksit (SiO_2) cam yapısının ana iskeletini oluşturmaktadır. Cam partiküllerin içeriğindeki kalsiyum ve stronsiyum, birbirlerinin alternatifi olarak kullanılmakta olup kalsiyum yerine stronsiyumun kullanımının, simanın özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden materyalin radyoopasitesini arttırdığı bildirilmiştir. Flor iyonu ise florür salınımı için rezervuar görevi görmek üzere genellikle kalsiyum florür (CaF_2) formunda partikül yapısında bulunmaktadır (139,140).

Cam iyonomer simanın likit yapısında esas olarak poliakrilik asit bulunmakta ve akrilik asit; itakonik, maleik ve vinil fosfonik asitlerin polimerlerini ve kopolimerlerini içerebilmektedir. Likit yapısında bulunan %50'lik konsantrasyondaki poliakrilik asitin sulu çözeltisinin, moleküller arası hidrojen bağlarının varlığından dolayı yalnızca birkaç ay sonra jel formuna dönüştüğü ve bu durumun ASPA simanların raf ömrünün azalmasına neden olduğu görülmüştür (141). Bununla birlikte, sertleşme süresinin çok uzun olması ve ideal olmayan estetik özellikler gibi faktörler sonucunda ASPA simanlar yeniden formüle edilmiştir. Poliakrilik asite tartarik asidin pozitif izomerinin eklenmesi ile çalışma süresini uzatan, sertleşme mekanizmasını iyileştiren ve simanın manipülasyonunu kolaylaştıran ASPA II isimli geliştirilmiş cam iyonomer simanlar piyasaya sunulmuştur. Cam iyonomer simanın likit yapısındaki jelleşme problemi ise homopolimerler yerine kopolimerlerin kullanılmasıyla azalmış veya ortadan kalkmıştır (142).

Günümüzde, cam iyonomer simanın likit yapısı, sulu bir akrilik asit veya bir maleik asit/akrilik asit kopolimeri içermektedir. Cam iyonomer siman likidinde bulunan polimerik asit, homopolimer akrilik asit ve maleik asidin kopolimeri olan polialkenoik asittir. Kullanılan polimerin türü, moleküler ağırlığı etkileyerek simanın fiziksel özelliklerine etki etmektedir. Maleik ya da itakonik asit ilavesi ile karboksilik gruplarının sayısının artması sonucunda toplam moleküler ağırlık artmakta ve bu durum, cam iyonomer simanın reaktivitesinin artmasına neden olmaktadır. Yüksek moleküler ağırlıklı polimerler, cam iyonomer simanın fiziksel özelliklerini arttırırken materyalin viskozitesini de artırarak simanın karıştırılmasını zorlaştırmaktadır (139,140).

2.4.2.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanın Sertleşme Reaksiyonu ve Dış Dokularına Bağlanma Mekanizması

Geleneksel cam iyonomer simanın toz ve likit bileşenlerinin karışımı sonucunda, bazik cam partikülleri ile asidik gruplar arasındaki nötralizasyon aracılığıyla sertleşme reaksiyonu oluşmaktadır.

Cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması; toz ve likidin teması, şelasyon, sertleşme ve olgunlaşma olmak üzere 4 ana fazdan oluşmaktadır (143).

- Toz ve likidin teması: Cam partiküllerin likit içerisinde çözünmesiyle birlikte asit atağı başlamakta, oluşan çözeltiye Al^{+3} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , F^{-1} gibi metalik katyonlar salınmaktadır. Cam partiküllerin yüzeyinde, “silika hidrojel tabakası” oluşmaktadır.
- Şelasyon: Katyon konsantrasyonunun artmasıyla birlikte sulu fazın pH değeri artmakta, bu durum karboksilik asidin daha fazla iyonlaşmasına neden olmaktadır. Şelasyon, zayıf iyonik çapraz bağlar ve hidrojen bağları ile oluşmaktadır. Cam iyonomer simanın şelasyon sürecinde, iyonizasyondaki artışın bir sonucu olarak polimer zincirlerinin karboksilat grupları yüklenerek birbirini itmekte ve daha doğrusal bir konfigürasyon almaktadır. Metalik katyonların karboksilat gruplarıyla reaksiyonu sonucu tuz köprülerinin oluşumu, viskozitede artışa neden olmaktadır. Sonuç olarak, katyonların difüzyonu, simanın şelasyon sürecindeki esas faktörü oluşturmaktadır.
- Sertleşme: Metalik katyonların difüzyonu sonucu polimer zincirlerinde çapraz bağların oluşması, cam iyonomer simanın sertleşmesini sağlamaktadır. Sertleşen siman, çapraz bağlar içeren tuz köprüleri ile çevrelenen cam partiküllerden oluşmaktadır.
- Olgunlaşma: Bu faz, cam iyonomer simanın sertleşmesinden sonra da devam etmekte ve moleküller arası kuvvetler artmaktadır. Bağlanma kuvvetinin büyük çoğunluğu ilk 24 saat içerisinde oluşsa da takip eden birkaç ay boyunca katyonların asidik ortama difüzyonu sonucu Young modülündeki artışla birlikte bağlanma kuvveti değerlerindeki artış devam

etmektedir. Florür iyonlarının, tükürük çözeltisine difüzyonu bu fazda gerçekleşmektedir.

Cam iyonomer simanların diş dokusuna herhangi bir adeziv ajan kullanılmadan bağlanması, önemli bir klinik avantaj olarak kabul edilmektedir. Bağlanma mekanizması esas olarak simanın asidindeki karboksil (COO^-) iyonları ile mine ve dentindeki Ca^{+2} iyonları arasındaki iyonik bağlara dayanmaktadır (139). Cam iyonomer simanın mine dokusuna bağlanma kuvvetinin 2,6-9,6 MPa arasında, dentin dokusuna bağlanma kuvvetinin ise 1,1-4,1 MPa arasında değiştiği bildirilmiştir. Bağlanma kuvvetinin mine dokusunda daha yüksek olması, bağlanma mekanizmasının mineral fazda gerçekleştiğini düşündürmektedir (144). Cam iyonomer simanın diş bağlanma mekanizmasının, mikromekanik kilitleme ve gerçek kimyasal bağlanma olarak adlandırılan, birbiriyle ilişkili iki reaksiyondan kaynaklandığı belirtilmektedir. Mikromekanik kilitlenme, cam iyonomer simanın poliakrilik asit bileşeninin dentinde bulunan kolajen liflerini açığa çıkararak simanın iyonik bileşenlerinin kolajen matriksine diffüze olmasını ve mikromekanik bağlar oluşturmalarını sağlayan bir hibrit tabaka oluşturmaları ile gerçekleşmektedir. Kavite preparasyonundan sonra diş yüzeyine %37'lik konsantrasyonda sulu poliakrilik asit çözeltisi uygulanmasının smear tabakasını uzaklaştırdığı, dentin tübülleri açığa çıkardığı ve mikromekanik kilitlenme için mevcut yüzey alanını arttırdığı bildirilmiştir (145). Gerçek kimyasal bağlanma ise polialkenoik asidin iyonik polimerlerinin karboksil grupları ile kolajen liflerine bağlanan hidroksiapatit kristallerinin Ca^{+2} iyonları arasında oluşan iyonik bağlara dayanmaktadır. Zaman içerisinde iyonların bağlanma bölgesinde difüzyonun devam etmesi sonucunda cam iyonomer siman ile diş dokusu arasında bir iyon değişim tabakası oluşmakta, bu durum simanın diş dokusuna güçlü bir şekilde bağlanmasını sağlamaktadır (146).

2.4.2.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Klinik Özellikleri

Cam iyonomer simanlar; kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleri sayesinde özellikle minimal invaziv diş hekimliği yaklaşımında pek çok potansiyel klinik endikasyonu olan çok yönlü direkt restoratif materyallerdir (147).

Özellikle süt dişlerinde restorasyon materyali, kaide materyali ve fissür örtücü olarak ve kron-köprü ve ortodontik braketlerin yapıştırma ajanları olarak

kullanılmaktadır. Amaçlanan klinik kullanıma bağlı olarak üç tipte sınıflandırılabilir (148):

Tip I – Kron, köprü ve ortodontik braketlerin yapıştırılmasında kullanılan simanlar

- Düşük film kalınlığı ve hızlı sertleşme ile karakterize yapıştırma simanlarıdır.
- Kronların, köprülerin, inleylerin, onleylerin ve ortodontik bantların simantasyonunda kullanılmaktadır.
- Nispeten düşük toz:likit oranına (1,5:1 ila 3,8:1) sahiptir.
- Hızlı sertleşmekte ve neme karşı yüksek direnç göstermektedir.
- Radyoopaktır.

Tip II – Restoratif simanlar, materyalin estetik ve fiziksel özelliklerine göre iki alt gruba ayrılmaktadır:

Tip II (i) – Ön bölgenin onarımında kullanılan estetik cam iyonomer simanlar

- Yüksek toz:likit oranına (en az 3:1 ve en fazla 6,8:1) sahiptir.
- İyi bir renk uyumu ve yarı saydam görünüm mevcuttur.
- Vernik ya da vazelin ile en az 24 saat nemden korunmaya ihtiyaç duyulmaktadır.
- Genellikle radyoopaktır.

Tip II (ii) – Arka bölge restorasyonlarında kullanılan güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar

- Yüksek toz:likit oranına (3:1-4:1) sahiptir.
- Hızlı sertleşmekte ve neme karşı erken direnç göstermektedir.
- Radyoopaktır.

Tip III – Kaide materyali ile pit ve fissür örtücü olarak kullanılan cam iyonomer simanlar

- Düşük viskozite ve hızlı sertleşme ile karakterizedir.

- Kavite duvarlarına iyi uyum sağlamak amacıyla düşük toz:likit oranına (1,5:1) sahiptir.
- Radyoopaktır.

Cam iyonomer simanların flor salınımına ve reşarj edilebilmelerine bağlı anti-karyojenik etki potansiyeline sahip olmaları, düşük pH ortamı sağlayarak anti-bakteriyel özellik göstermeleri, diş yapısına kimyasal olarak bağlanabilmeleri, estetik olarak amalgam materyallerine kıyasla kabul edilebilir sonuçlar vermeleri, kaygılı hastalarda hızlı tedaviye olanak sağlayan kullanım kolaylığı ve biyouyumluluk sunmaları, çocuk diş hekimliğinde önemli avantajlar sağlamaktadır (149).

Florür salınımı, cam iyonomer simanların en önemli avantajlarından biri olarak kabul edilmektedir. Cam iyonomer materyallerden salınan florür miktarı, asidik koşullarda artmakta ve ağız ortamının pH seviyesini yükselterek asiditenin tamponlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu özellik, cam iyonomer restorasyonların etki ettiği diş yüzeylerindeki asitle indüklenen demineralizasyonu engellemekte ve remineralizasyon sürecini desteklemektedir (150).

Literatürde, cam iyonomer materyallerin florür salınımının iki ana mekanizma ile gerçekleştiği ifade edilmektedir. İlki, restorasyonun yerleştirilmesinden sonraki ilk 24 saat içinde meydana gelen hızlı, kısa süreli bir reaksiyondur ve sertleşme reaksiyonu gerçekleştiğinde restoratif materyalin yüzeyinde bulunan cam partiküllerinden florür iyonlarının çözünmesini içermektedir (151). Bir çalışmada, en yüksek miktarda florür salınımının restorasyonun yerleştirilmesinden sonraki ilk 4 saat içinde meydana geldiği bildirilmiştir (152). İkinci mekanizma, asit varlığında cam partiküllerin hidrojel matriksinden daha kademeli, sürekli ve uzun süreli florür salınımını içermektedir. Cam iyonomer simanlardan florür salınımının, birkaç aydan üç yıla kadar devam edebildiği bildirilmiştir (153). Cam iyonomer siman restorasyonların florür konsantrasyonu, diş dokusuna kıyasla çok daha yüksektir. Zaman içerisinde iyon değişimi ile florür iyonları yüksek konsantrasyonlu alandan (cam iyonomer siman) daha düşük konsantrasyonlu alana (dişe) yayılmaktadır. Bunun sonucunda, diş dokusunda bulunan hidroksiapatit kristalleri, çürüğe dirençli fluoroapatite dönüştürülmektedir (154). Kalıcı bir anti-karyojenik etki sağlamak için dinamik bir durum gerekmektedir. Yalnızca tek yönlü bir florür salınımı olduğunda,

florür kaynaklarının zamanla tükenme tehlikesi ortaya çıkmaktadır. Cam iyonomer materyallerinin florürü hem klinik olarak bağlayabiliyor hem de serbest bırakabiliyor olması, kalıcı bir florür rezervuarı sağlamaktadır. Cam iyonomer restorasyonlardan tükürük sıvısına florür salınımı yapıldığı gibi ağız sıvılarındaki herhangi bir florür kaynağından reşarj edilebilmeleri mümkündür ve bu sayede flor salınımı devam etmektedir (155).

Geleneksel yapıda olan cam iyonomer siman materyallerinin, önemli avantajlarına rağmen pek çok klinik sınırlaması da mevcuttur. Zayıf aşınma direnci, düşük kırılma dayanıklılığı ve erken sertleşme döneminde yüksek nem hassasiyeti gibi önemli dezavantajları söz konusudur. Ek olarak, kompozit materyaller kadar iyi estetik sonuçlar vermemektedir (156).

Süt dişlerinde geleneksel cam iyonomer siman ve kompomer restorasyonların klinik başarılarının karşılaştırıldığı çalışmada; 42 aylık takip sonucunda, geleneksel cam iyonomer simanların tutuculuğunun önemli ölçüde düşük olduğu ve mekanik dayanıklılıklarının yetersiz olduğu rapor edilmiştir (157). Süt ve daimi dişlerde, geleneksel cam iyonomer siman ve amalgam restorasyonların karşılaştırıldığı klinik çalışmalarda; her iki dentisyonda, cam iyonomer siman restorasyonların önemli ölçüde düşük başarı oranına sahip olduğu bildirilmiştir (158,159). Amalgam ve cam iyonomer siman ile restore edilmiş 1058 süt dişinin klinik başarısının karşılaştırıldığı çalışmada; 36 aylık takip sonucunda, Sınıf II geleneksel cam iyonomer siman restorasyonlar önemli ölçüde düşük başarı oranı göstermiştir (160). Süt dişlerinde Sınıf I ve Sınıf II geleneksel cam iyonomer siman restorasyonların başarısının değerlendirildiği klinik çalışmada; 1 yıllık takip süreci sonunda, Sınıf I kavitelerde kabul edilebilir başarı oranlarının görüldüğü, ancak Sınıf II kavitelerde başarı oranının yetersiz olduğu ifade edilmiştir (161). Süt dişlerinde Sınıf II geleneksel cam iyonomer siman restorasyonların sağkalım oranlarının değerlendirildiği çalışmada; özellikle sekonder çürüğe yatkın çocuklarda, önemli ölçüde düşük başarı oranlarının tespit edildiği belirtilmiştir (162). Klinik çalışma sonuçlarına ve güçlü kanıtlara dayanarak süt dişlerinde Sınıf II restorasyonlarda geleneksel cam iyonomer siman kullanımı önerilmemektedir (163).

2.4.2.4. Güçlendirilmiş Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların klinik başarısının artırılması, mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi ile yeni nesil güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar elde edilmiştir. Bu doğrultuda; metal ilaveli, fiber takviyeli, nano-iyonomer, cam karbomer, giomer, zirkonomer ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalleri geliştirilmiştir (147).

Geleneksel cam iyonomer simanlara çinko bileşeni eklenmesi ile fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi, anti-karyojenik etkinin artırılması ve erken dönemdeki nem hassasiyetinin azaltılması, monokalsiyum silikat bileşeni eklenmesi ile biyolojik özelliklerin artırılması, N-vinilcaprolactam bileşeni eklenmesi ile yüzey özelliklerinin, kırılma ve bağlanma dayanımının artırılması, biyoaktif cam bileşeni eklenmesi ile biyoaktivitenin artırılması yoluyla da yeni materyaller formüle edilmiştir (164).

2.4.2.4.1. Metal İlaveli Cam İyonomer Simanlar

Metal ilaveli cam iyonomer simanlar, fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi ve materyalin radyoopasitesinin artırılabilmesi amacıyla cam iyonomer siman tozuna metal partiküllerin ilave edilmesi ile geliştirilmiştir (165). Amalgama alternatif bir restoratif materyal, “mucizevi karışım” olarak piyasaya sunulmuş ancak amalgama kıyasla daha düşük aşınma ve kırılma direnci gösterdiği, cam iyonomer simana kıyasla daha zayıf flor salınımı yaptığı bildirilmiştir (166). Ardından metal ve cam partiküllerin birlikte sinterlenmesi ile metalin cama güçlü bir şekilde bağlanması sağlanmış ve sermet simanlar geliştirilmiştir. Sermet simanlarda floroalüminasilikat cam tozları kullanılmış, gümüş ve kalay alaşımları, saf gümüş, altın, titanyum, palladyum gibi pek çok metal partikül denenmiş; altın ve gümüşün en uygun partiküller olduğu bildirilmiştir (164).

Sermet simanların, geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu ancak diş dokusuna zayıf adezyon sağladığı ve florür salınımının daha düşük olduğu görülmüştür. Sermet simanların içeriğindeki metal partiküllerin neden olduğu düşük ışık geçirgenliği nedeniyle kullanım alanı yalnızca estetiğin önemli olmadığı bölgeler ile sınırlı kalmıştır (167).

2.4.2.4.2. Fiber Takviyeli Cam İyonomer Simanlar

Dayanıklılığın ve aşınma direncinin artırılması amacıyla geleneksel cam iyonomer siman materyalin yapısına alümina, cam, silika ve karbon fiber bileşenler dahil edilerek fiber takviyeli cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. Bu amaçla, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-P}_2\text{O}_5$ ya da $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2\text{-Na}_3\text{AlF}_6$ doldurucu sistemleri kullanılmıştır (168).

Geleneksel cam iyonomer simanlara fiber ilavesinin; gerilim, makaslama ve kırılma dayanımı kuvvetlerinde sırasıyla 1,8, 4,5 ve 1,4 kat artış sağladığı rapor edilmiştir. Diğer yandan, fiber bileşenler ile cam matriks arasında organik bağın olmaması nedeniyle aşınma direncinin düşük olması ve karıştırılmasının zor olması, fiber takviyeli cam iyonomer simanların dezavantajları olarak bildirilmiştir (169).

2.4.2.4.3. Nano-iyonomerler

Geleneksel cam iyonomer simanların estetik ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapısına nano-partikül doldurucular ilave edilerek nano-iyonomer materyaller geliştirilmiştir.

Nano-iyonomerler, geleneksel cam iyonomer siman materyallerine, asidik kopolimerlerin florealuminosilikat partikülleri ile reaksiyonu sonucu oluşması yönünden benzerlik göstermekte, ancak yapısına yaklaşık %69 oranında nano doldurucuların ilave edilmesi ve BISGMA, TEGDMA ve HEMA gibi rezin monomerler içermesi yönünden ayrılmaktadır (170). Rezin modifiye cam iyonomer siman materyallere benzer şekilde, ilk olarak ışık akvitasyonu ile sertleşmeye başlamakta, ardından kimyasal rezin polimerizasyon reaksiyonu ve asit-baz reaksiyonu gerçekleşmektedir (171).

Nano-iyonomer materyallerde, nano boyutlardaki hidroksiapatit, hidroksiapatit/Zr, CaF_2 veya TiO_2 partikülleri kullanılmaktadır (172). Cam iyonomer siman yapısına eklenen nanohidroksiapatit partiküllerinin remineralizasyonu desteklediği ve dişin yapısında bulunan Ca^{+2} iyonları ile oluşturduğu iyonik bağın daha yüksek bağlanma kuvveti sağladığı bildirilmiştir. Hidroksiapatit/Zr, CaF_2 ve TiO_2 partiküllerin ilavesinin ise mekanik özelliklerin iyileştirilmesine katkı sağladığı rapor

edilmiştir. Diğer yandan, nano-iyonomer materyallerin asidik ortamda düşük fiziksel özellik gösterdiği bildirilmiştir (173).

2.4.2.4.4. Cam Karbomerler

Cam karbomerler, geleneksel cam iyonomer simanların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilen, yapısındaki karbomize nano-partiküller ve ikinci doldurucu olarak bulunan floroapatit kristalleri ile mine benzeri yapıya sahip olan biyoaktif materyallerdir (174). Bu materyaller, “karbomer” marka isminin yaygın kullanımından dolayı farklı bir materyal türü sanılsa da güçlendirilmiş geleneksel cam iyonomer bazlı restoratif materyallerdir (175).

Cam karbomerler, geleneksel cam iyonomer simanlar ile poliakrilik asit içerikli likit yapısı, asit-baz reaksiyonu sonucunda sertleşmesi ve bir adeziv sisteme gereksinim duyulmaması yönünden benzerlik göstermektedir. Asitle yıkanmış cam partiküllerin çekirdek kısmında bulunan nano-kristal kalsiyum floroapatit partikülleri ve cam partiküllerin poliasit ile reaksiyonunu engelleyen ve materyalin kırılma dayanımını azaltan silikon yağı içermesi açısından geleneksel cam iyonomer simanlar ile ayrılmaktadır (176).

Yapısında bulunan nano-kristal kalsiyum floroapatit partiküllerin, remineralizasyona katkı sağladığı ve geleneksel cam iyonomer simanlara göre mekanik özellikleri iyileştirdiği belirtilmiştir. Nano boyuttaki partiküllerin ilavesinin, daha kısa sertleşme ve daha uzun çalışma süresi sağladığı, geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla aşınma direncini ve kırılma dayanımını arttırdığı bildirilmiştir. Nano-partiküllerin ışık geçirgenliğinin daha yüksek olması sayesinde geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla estetik özelliklerinin daha iyi olduğu da ifade edilmiştir (177). Diğer yandan, cam karbomer ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyallerinin Knoop sertlik ve mikro-makaslama bağlanma dayanımı değerleri açısından karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, cam karbomerlerin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde düşük fiziksel özellik gösterdiği bildirilmiştir (178).

Üretici firma tarafından, cam karbomerlerin sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulaması tavsiye edilmektedir. İlk sertleşme reaksiyonu sırasında ısı uygulaması yapılmış ve yapılmamış cam karbomer materyallerin karşılaştırıldığı in vitro

çalışmada, ısı uygulamasının daha iyi mekanik özellik gösterdiği rapor edilmiştir (178).

2.4.2.4.5. Giomerler

Giomerler, kompozit rezinlerin yüksek estetik ve mekanik özellikleri ile cam iyonomer simanların flor salınımı yeteneğinin birleştirilmesi amacıyla geliştirilen restoratif materyallerdir. Bu materyaller, “glass iyonmer + polimer” birleşiminin vurgulanması amacıyla “giomer” olarak adlandırılmıştır (179).

Giomer materyaller, floroalüminosilikat cam ve polialkenoik asidin başka bir ortamda ve su varlığında tepkimeye sokulması ile elde edilen önceden aktive edilmiş cam iyonmer siman (Pre-reacted Glass Ionomer, PRG) partikülleri içermektedir (180). Diş dokusuna bağlanabilmesi için adeziv sisteme ihtiyaç olması ve yapısındaki temel içerik açısından kompomer ile benzerlik göstermekte, bununla birlikte, silanize edilmiş ve suyu uzaklaştırılmış PRG partikülleri ve polimer formülasyonu yönünden ayrılmaktadır (181). Giomer materyallerin yapısında bulunan PRG partikülleri, cam doldurucunun tüm yapısının poliasit ile reaksiyona girdiği partikül aktif (Full Pre-reacted Glass Ionomer, F-PRG) ve yalnızca yüzeyin reaksiyona girdiği yüzey aktif (Surface Pre-reacted Glass Ionomer, S-PRG) partikül yapısında bulunmaktadır (180).

S-PRG partikül içeren restoratif materyallerin, zamanla artan flor salınımı sağladığı ve klinik başarısının yüksek olduğu bildirilmiştir (179). Giomer materyalin yapısında bulunan S-PRG partiküllerin, restore edilmiş diş yüzeyine *Streptococcus Mutans* adezyonunu engelleyerek anti-plak ve anti-karyojenik etki gösterdiği (182), radyoopasite ve yüksek viskozite sağladığı, diş dokusuna bağlanma kuvvetini güçlendirdiği ifade edilmiştir (180). Öte yandan, giomerlerin yapısında bulunan PRG partiküllerin poliasidik bölgesinin oluşturduğu osmotik basıncın, materyalin su emilimini arttırdığı ve artan su emiliminin boyutsal stabiliteyi olumsuz yönde etkileyebileceği ifade edilmiştir (183).

2.4.2.4.6. Zirkonomerler

Zirkonomerler, geleneksel cam iyonmer simanın estetik ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve amalgama benzer mekanik özelliklerin elde

edilebilmesi amacıyla geliştirilmiş restoratif materyallerdir. İçeriğinde cam tozu, tartarik asit, poliakrilik asit ve deiyonize su bulunan güçlendirilmiş cam iyonomer siman materyalidir. Kontrollü inceltmeye tabi tutularak optimum partikül boyutuna getirilen cam bileşenlerine homojen olarak dahil edilen zirkonyum doldurucular içermesi yönünden geleneksel cam iyonomer simanlardan ayrılmaktadır (184).

Üretici firma tarafından, yapısındaki optimum boyuttaki cam partikül ve homojenize dağılmış zirkonyum doldurucu içerik sayesinde okluzal yüklere ve makaslama kuvvetlerine karşı yüksek dayanım sağladığı, dental erozyon gibi aşındırıcı durumlara karşı dayanıklılık gösterdiği, diş dokusuna benzer termal genleşme katsayısına sahip olduğu ve uzun süreli flor salınım kapasitesine sahip olduğu ifade edilmiştir (185). Bununla birlikte, zirkonomer, amalgomer ve geleneksel cam iyonomer siman materyallerinin süt azı dişlerinde mikrosızıntısının karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, zirkonomer grubunda diğer materyallere kıyasla anlamlı derecede yüksek mikrosızıntı değeri kaydedilmiştir (186). Benzer şekilde, zirkonomer ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalleri ile restore edilen Sınıf V kaviteli daimi dişlerin karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, kenar örtücülüğü ve renk uyumu açısından zirkonomer materyalinin önemli ölçüde düşük performans sergilediği bildirilmiştir (187).

2.4.2.4.7. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların zayıf fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi için materyalin viskozitesini arttırmaya yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu amaçla; toz-sıvı oranının, poliasit konsantrasyonunun ve molekül ağırlığının artırılması gibi çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır.

Geleneksel cam iyonomer simanların cam bileşenlerinin yapısında bulunan fazla Ca^{+2} iyonlarının uzaklaştırılması ile daha ince cam partiküller elde edilerek, yüksek moleküler ağırlıklı susuz poliakrilik asitler eklenerek ve toz:likit oranı 3:1 ya da 4:1'den 7:1 veya 8:1'e yükseltilerek yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS) geliştirilmiştir (188). Geliştirilen bu materyalin içeriğindeki uygun boyut ve dağılımdaki cam bileşenler ve poliasitlerin yüksek çapraz bağlarının, geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksek mekanik özellikler sağladığı bildirilmiştir (189).

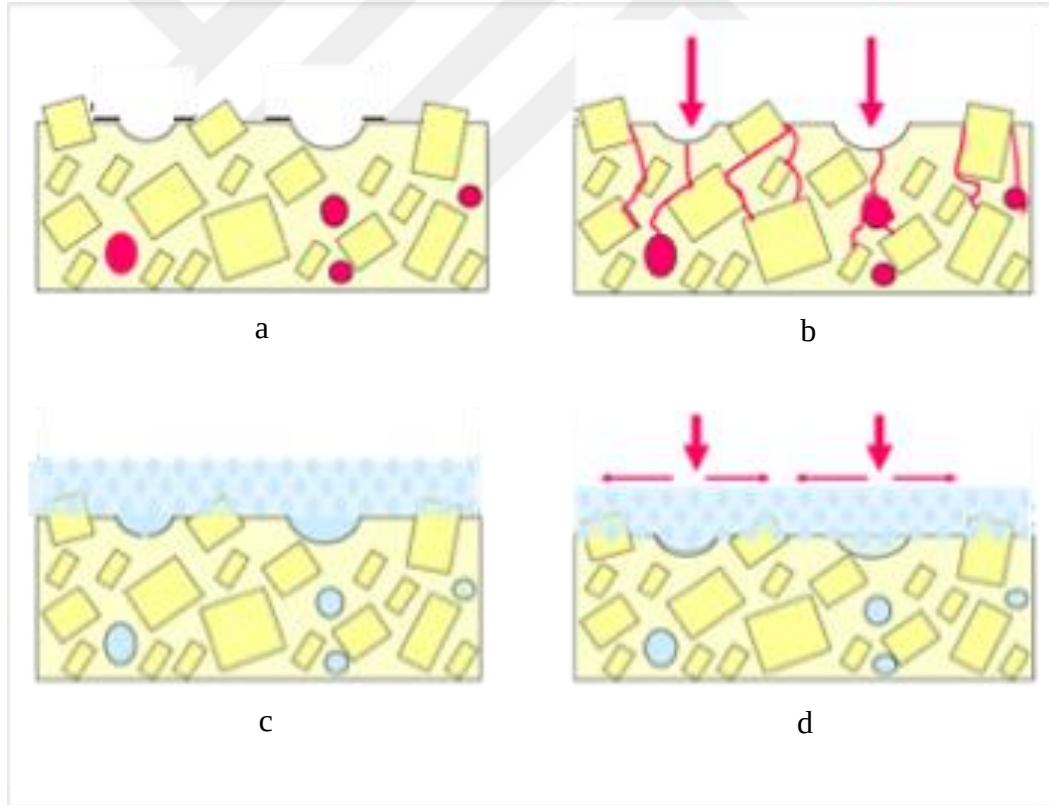
YVCİS'lerin sertleşme mekanizması, geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşmekte, bir adeziv sisteme gereksinim duyulmamakta ve içerdiği daha ince cam partikülleri ve yüksek toz:likit oranı sayesinde sertleşme reaksiyonu daha kısa sürede tamamlanmaktadır (188). Geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla daha kısa sertleşme süresinin, materyalin ağız sıvılarında çözünürlüğünü ve erken dönem nem hassasiyetini azalttığı bildirilmiştir (164). YVCİS'lerin, geleneksel cam iyonomer simanlara göre yüzey sertliğinin, aşınma direncinin, bükülme ve sıkışma kuvvetlerine karşı dayanımının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Geleneksel cam iyonomer simanlar ile benzer biyouyumluluk gösteren bu simanların flor salınımının ise benzer ya da daha düşük olduğu bildirilmiştir (6).

Sunulan bu olumlu özellikler üzerine, Dünya Sağlık Örgütü tarafından “kondanse edilebilir cam iyonomer siman” olarak da adlandırılan YVCİS'lerin, gelişmekte olan ülkelerde, ART tekniği ile kullanımı önerilmiştir (107). Süt dişlerinde ART/YVCİS restorasyonları ile amalgam restorasyonların karşılaştırıldığı sistematik derlemede, başarı oranı açısından anlamlı bir farklılık görülmediği rapor edilmiştir (122). Süt dişlerinde çok yüzlü ART restorasyonlarının başarısının geleneksel restorasyonlarla karşılaştırıldığı sistematik derlemede, ART/YVCİS restorasyonları ile amalgam ve kompozit rezin restorasyonlar arasında fark bulunmadığı bildirilmiştir (190). Süt dişlerinde tek ve çok yüzlü kompozit rezin ve ART/YVCİS siman restorasyonların başarısının karşılaştırıldığı “split-mouth” tasarımlı çalışmada; 2 yıllık klinik takip sonucunda, restorasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir (191). Süt azı dişlerinde çok yüzlü ART/YVCİS restorasyonlar ile amalgam ve kompozit rezin restorasyonların karşılaştırıldığı meta-analizde, ART ile geleneksel restorasyonlar için benzer başarı oranları bildirilmiştir (192).

Yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar sunan YVCİS materyallerine yüzey örtücü uygulamasının erken dönem nem hassasiyetini azalttığının, aşınma ve kırılma direncini arttırdığının bildirilmesi üzerine (193), YVCİS ve yüksek oranda nano dolduruculu yüzey örtücü bileşenlerini içeren Equia (Easy, Quick, Intelligent, Aesthetic) sistemi tanıtılmıştır.

2.4.2.4.7.1. Equia Sistemi

Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Fil, GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve rezin içerikli düşük viskoziteli nanofil yüzey örtücünden (Equia Coat, GC Corporation, Tokyo, Japonya) oluşan Equia Fil, Equia sisteminin 2007 yılında tanıtılan ilk jenerasyonudur. Toz kısmında stronsiyum floroalüminasilikat cam ve poliakrilik asit; likit kısmında ise aköz poliakrilik asit bulunmaktadır. Equia Coat yüzey örtücü, metil metakrilat ve kamforokinon içermektedir. Üretici firma tarafından, Equia sisteminin, yüksek kırılma ve makaslama dayanımı, aşınma direnci gibi geliştirilmiş mekanik özelliklerin yanı sıra bulk-fill uygulanabilirliği sayesinde kolay ve hızlı kullanım gibi avantajlar sağladığı bildirilmiştir. Düşük viskoziteli nano dolduruculu rezin yüzey örtücünün, restorasyon yüzeyine nüfuz ederek mikro-gözenek ve çatlakları örtülediği, yüzey pörözitesini azalttığı ve daha dayanıklı bir yapı oluşturduğu ifade edilmiştir (194) (Şekil 3).



Şekil 3. Equia Fil restoratif materyaline Equia Coat yüzey örtücü uygulaması ile elde edilen etkilerin şematik gösterimi, **a.** Equia Fil restorasyon yüzeyi, **b.** Mekanik streslerin yarattığı yüzey çatlakları, **c.** Equia Coat yüzey örtücü uygulamasının yüzey ve boşlukları doldurucu etkisi, **d.** Mekanik stresin dağılımı

ART/Equia Fil ve geleneksel teknik/kompozit ile restore edilen daimi dişlerin 1 yıllık takip sonuçlarının karşılaştırıldığı klinik çalışmada, ART/Equia Fil restorasyonların daha başarılı bulunduğu bildirilmiştir (195). Sınıf II çürük lezyonu bulunan ve ART tekniğinin ardından yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Fil) ve cam karbomer (GP Glass Fill) ile restore edilen süt dişlerinin 1 yıllık takip sonuçlarının karşılaştırıldığı randomize kontrollü klinik çalışmada, ART/Equia Fil restorasyonların cam karbomere göre anlamlı derecede daha yüksek başarı gösterdiği rapor edilmiştir (196). Sınıf I ve Sınıf II çürük lezyonları ART tekniğinin ardından Equia Fil ve kompomer ile restore edilen süt azı dişlerinin 3 yıllık takip sonuçlarının karşılaştırıldığı randomize kontrollü klinik çalışmada, Equia Fil restorasyonların klinik performansının kompomer kadar iyi olduğu belirtilmiştir (197).

Umut verici sonuçlar sunan Equia Fil sistemi daha da geliştirilerek 2015 yılında Equia Forte ve Equia Forte Coat (GC Corporation, Tokyo, Japonya) piyasaya sunulmuştur. Equia Fil yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın yapısına ultra ince reaktif cam bileşenler dahil edilerek Equia Forte; Equia Coat yüzey örtücünün yapısına homojen ve çok işlevli reaktif monomer eklenerek Equia Forte Coat geliştirilmiştir. Equia Forte Coat yüzey örtücünün, önceki sisteme göre yüzey sertliğinde %35, aşınma direncinde %40 oranında artış sağladığı bildirilmiştir (194).

Geliştirilen Equia Forte sisteminin iyileştirilmiş mekanik özellikleri sayesinde önceki sisteme göre kullanım endikasyonları genişletilmiştir. Üretici firma tarafından, Equia Forte sisteminin; Sınıf I kavitelerde, tüberkül tepelerine 1-1.5 mm mesafede sınırlanan Sınıf II kavitelerde, Sınıf V ve kök yüzeyi restorasyonlarında, kor yapımında, amalgam materyaline alternatif olarak kullanılmasında ya da yenilenmesinde, molar-insizör hipomineralizasyonlu dişlerde, pediatrik, geriatik ve yüksek çürük riski altında olan hastalarda kullanım endikasyonu olduğu belirtilmiştir (194).

Daimi dişlerde Sınıf II kavitelerin yüksek viskoziteli bulk-fill cam iyonomer siman (Equia Forte) ve bulk-fill kompozit rezin (Tetric Evo Ceram) ile restorasyonlarının değerlendirildiği “split-mouth” tasarımlı klinik çalışmanın 2 yıllık takip sonuçlarında; her iki restoratif materyalin de sağkalım oranı, estetik, fonksiyonel ve biyolojik özellikleri açısından farklılık göstermediği ve klinik performanslarının

başarılı bulunduğu bildirilmiştir (198). YVCİS (Equia Forte) ve mikro-hibrit kompozit rezin (G-ænial Posterior) materyallerinin daimi dişlerin Sınıf II restorasyonlarında klinik başarısının değerlendirildiği çalışmanın 4 yıllık takip sonuçlarında; her iki materyalin de kabul edilebilir yüzey ve marjinal adaptasyon gösterdiği, Equia Forte materyalinin kalıcı restoratif materyal olarak güvenle kullanılabileceği ifade edilmiştir (199). Equia Forte ile restore edilen süt azı dişlerinin klinik başarısının değerlendirildiği çalışmanın 13 aylık takip sonuçlarında, Equia Forte restorasyonların yüksek klinik performans gösterdiği belirtilmiştir (200).

Yapılan çalışmalarda yüksek klinik performans gösteren Equia Forte yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin hibrit teknolojisi ile geliştirilmesi sonucunda, 2019 yılında Equia Forte Hybrid Technology (GC Corporation, Tokyo, Japonya) piyasaya sunulmuştur. Equia Forte HT, daha küçük ve daha reaktif silikat partikülleri ile güçlendirilmiş floroalüminasilikat cam bileşenden oluşan ve daha yüksek moleküler ağırlığa sahip poliakrilik asit tozu içeren bir cam hibrit restoratif sistemdir. Üretici firma tarafından, Equia Forte HT'nin, önceki sisteme kıyasla optimize edilmiş partikül boyutu ve dağılımı sonucunda, yüksek estetik ve mekanik özellikler sunduğu bildirilmiştir. Hibrit teknolojisi ile geliştirilmiş matriks yapısının daha yüksek kırılma ve basma dayanımı sağladığı, toplam uygulama zamanı değişmeden restorasyonun şekillendirilmesi için daha fazla süre sunarak kullanım kolaylığı verdiği ve yüksek ışık geçirgenliği ile daha iyi estetik özellik gösterdiği de belirtilmiştir (194).

Ulaşılabilir kaynaklarda, güncel bir restoratif materyal olan Equia Forte HT ile yapılmış klinik çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Equia Forte HT ve diğer güçlendirilmiş cam iyonomer siman (Ketac Universal, Riva Self Cure, ChemFil Rock) materyallerinin kırılma dayanımlarının karşılaştırıldığı in vitro çalışmada; en yüksek kırılma dayanımı değerini Equia Forte HT'nin sunduğu ve bu sayede arka grup dişlerin daimi restorasyonlarında kullanımının uygun olduğu bildirilmiştir (201). Equia Forte HT ve diğer güçlendirilmiş cam iyonomer siman (Ketac Molar, Ionostar Molar) materyallerin Sınıf II restorasyonların basma dayanımlarının karşılaştırıldığı in vitro çalışmada, Equia Forte HT'nin önemli ölçüde yüksek basma dayanımı değeri gösterdiği rapor edilmiştir (202). Bu materyalin klinik başarısının kanıtlanabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.4.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), geleneksel cam iyonomer simanların düşük kırılma ve aşınma direnci, nem hassasiyeti gibi fiziksel dezavantajlarının iyileştirilmesi amacıyla geliştirilmiş restoratif materyallerdir. “Rezinle modifiye edilmiş cam iyonomer siman” terimi, cam iyonomer simanın özelliklerinin korunduğunu ve rezin içerdiğini ifade etmektedir. Bu terim, ilk olarak 1988 yılında Antonucci tarafından kullanılmıştır (203).

RMCİS materyali, bir toz-likit sistemi olarak ya da hazır kapsül formunda bulunmaktadır. Toz içeriği, geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde floroalüminosilikat camdır. Ticari materyallerin bileşimi büyük ölçüde farklılık göstermekle birlikte, RMCİS likidinin temel bileşeni, metakrilat monomerleri ve serbest radikal başlatıcıları olan poliakrilik asit polimeridir (204).

Sertleşme reaksiyonu, asit-baz ve polimerizasyon reaksiyonu olmak üzere iki fazdan oluşmaktadır. RMCİS materyalinde bulunan polimerize olabilen fonksiyonel gruplar, ışık veya kimyasallar ile aktive edildiğinde daha hızlı sertleşme sağlamak ve asit-baz reaksiyonunun polimerizasyondan sonra da devam etmesine olanak sağlamaktadır. Asit-baz reaksiyonu ise toz ve likidin karıştırılmasıyla başlamakta, ardından foto-kimyasal başlatıcılar ya da her ikisi tarafından başlatılan bir serbest radikal polimerizasyon reaksiyonunu ile devam etmektedir (203). Cam iyonomer siman formülasyonuna rezin bileşeninin eklenmesi, yalnızca ilk sertleşme süresini ve kullanım zorluklarını azaltmakla kalmamış, aynı zamanda materyalin aşınma direncini ve fiziksel özelliklerini de önemli ölçüde geliştirmiştir (205).

RMCİS materyali, geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha uzun çalışma süresi, bitim-polisaj işlemlerinin daha erken yapılabilmesi, daha iyi estetik ve geliştirilmiş fiziksel özellikler gibi pek çok avantaja sahiptir. Kırılma ve aşınma direncinin geliştirilmesine ek olarak geleneksel cam iyonomer simanların flor salınımı, biyoyumluluk, uygun termal genleşme ve büzülme özellikleri ve diş yapısına fizikokimyasal bağlanma gibi başlıca avantajları korunmaktadır (206). RMCİS materyalinin estetik özellikleri, geleneksel cam iyonomer simanlardan daha iyi olmasına rağmen, içerdiği floroamünosilikatın doğal opaklığı nedeniyle rezin kompozit materyallere göre daha düşüktür (207). RMCİS materyalinde bulunan cam

doldurucu konsantrasyonunun, rezin bileşenlere yer açmak için daha düşük olması nedeniyle geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha düşük florür salınımı gerçekleşmektedir (208).

Süt dişlerinde RMCİS materyalinin kullanımı, geleneksel cam iyonomer simanlar ile benzer endikasyonlara sahiptir. Bununla birlikte, süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V restorasyonlarda ve genç daimi dişlerde fissür örtücü olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (209). Süt dişlerinin Sınıf II amalgam ve RMCİS restorasyonlarının klinik olarak karşılaştırıldığı araştırmada, RMCİS materyalinin amalgam kadar başarılı olduğu ve restorasyon kenarlarında daha az sekonder çürük lezyonuna neden olduğu bildirilmiştir (210). Diğer yandan, boyutsal stabiliteyi olumsuz etkileyebilecek ölçüde su emilimi, rezin içeriğinde bulunan HEMA monomerinin potansiyel sitotoksitesi ve geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla düşük flor salınımı, RMCİS materyallerinin dezavantajlarından (211).

2.4.4. Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomer)

Poliasit modifiye kompozit rezin ya da kompomer materyalleri, RMCİS materyalinin geliştirilmesinden kısa süre sonra 1993 yılında piyasaya sunulmuştur. Kompozit (“komp”) ve cam iyonomer (“omer”) materyallerinin hibridizasyonunu vurgulamak üzere “kompomer” olarak adlandırılmıştır. Kompomerler, RMCİS’lere benzer şekilde cam iyonomer siman ve kompozit rezin arasında hibrit bir materyaldir; ancak, kompozit rezinler ile daha fazla benzer özelliklere sahiptir. Bu nedenle, poliasitle modifiye edilmiş kompozit rezin olarak tanımlanmaktadır (212).

Kompomer materyali; asitle modifiye edilmiş monomerler, cam doldurucular ve rezin matriksten oluşmaktadır. Bu formülasyonun temel bileşenleri, yapısında iki adet COO^- grubu bulunan dimetakrilat monomerleri ve flor salınımını sağlayan cam doldurucu materyallerdir (206). Kompomerde bulunan cam doldurucular, ağırlıkça %72 stronsiyum florosilikat camdır ve ortalama parçacık boyutu $2.5\ \mu\text{m}$ ’dir. Monomerler ise esas olarak modifiye edilmiş metakrilatlar (UDMA, BisGMA, vb.) ve aynı anda iki adet COO^- grubu ve iki adet çift bağ fonksiyonu içerebilen iki işlevli monomerlerdir. İki işlevli monomerler, hem radikal polimerizasyon yoluyla metakrilatlar ile reaksiyona girmekte, hem de su mevcudiyetinde cam dolduruculardan

serbest kalan katyonlar ile bir asit-baz nötralizasyon reaksiyonuna girmektedir. Teorik olarak, bu iki reaksiyondan kaynaklanan üç boyutlu ağ yapısı, hem kovalent hem de iyonik bağlardan oluşmalıdır (213). Ancak, poliasit modifiye kompozit rezin materyallerin içeriğinde suyun olmaması, nötralizasyon reaksiyonunun başlamasını engellemektedir. Bu nedenle, asit-baz reaksiyonu, yalnızca su bileşeni olarak işlev gören tükürük ile temas olduğunda başlamaktadır (214). Ağız ortamında tükürük varlığında, monomer birimlerine bağlı fonksiyonel asit grupları, bir asit-baz reaksiyonunu başlatmak için cam doldurucular ile reaksiyona girmekte ve bu sayede florür salınımı sağlanmaktadır. Flor salınım düzeyinin, sertleşme reaksiyonundan üç gün sonra keskin bir şekilde düştüğü belirtilmiştir (215).

Kompomer materyali için kullanılan poliasit modifiye kompozit rezin tanımı, esas olarak kompozit rezin grubuna ait bir materyal olduğunu, ancak bazı değişikliklerin mevcut olduğunu ifade etmektedir. Bu değişiklik, temel olarak cam iyonomer simana doldurucu bileşenlerin eklenmesini içermektedir (216). Kompomerler, hem cam iyonomer siman hem de kompozit rezin bileşenlerini içerse de sertleşme mekanizması esas olarak rezin matriksin foto-polimerizasyon reaksiyonu ile sağlanmakta, cam iyonomer siman içeriği ise florür salınımı yapan doldurucu bileşenleri oluşturmaktadır (217). Kompomer materyali, içeriğinde su olmamasının asit-baz reaksiyonunun başlamasını engellemesi ve ışığın yokluğunda sertleşme reaksiyonunun başlamaması yönüyle geleneksel cam iyonomer simanlardan ayrılmaktadır (214). Kompomerlerin sertleşme mekanizması, kompozit rezin materyallere benzer şekilde, genellikle 470 nm dalga boyuna sahip ışık uyarını ile başlatılan polimerizasyon reaksiyonu ile oluşmaktadır (216). Bu nedenle, kompomer materyallerinin diş dokusuna adezyonunun sağlanması için adeziv sistemler ile kullanılması gerekmektedir (156).

Kompomerler, geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla daha iyi estetik ve fiziksel özelliklere sahiptir. Toz-likit formunda olmayıp kullanıma hazır/kapsül formda bulunmakta ve elle karıştırılan materyallere göre uygulama hataları azalmaktadır (218). Kompomer restorasyonların, geleneksel cam iyonomer siman restorasyonlara göre daha yüksek aşınma direncine ve klinik başarı oranına sahip olduğu bildirilmiştir (219). Diğer yandan, florür salınım kapasitesi, geleneksel cam iyonomer simanlardan daha düşük düzeydedir (197); bu nedenle, orta ve düşük çürük

riskli hastalarda kullanımı tavsiye edilmektedir (220). Kompozit materyaller ile karşılaştırıldığında ise düşük elastisite modülü, düşük basınç ve eğilme dayanımı, düşük kırılma direnci ve düşük aşınma direncine sahip olduğu rapor edilmiştir. Diş dokularına bağlanabilmesi için adeziv ajan kullanımı gereksinimi, uygulama süresini arttırmaktadır (221). Polimerizasyon büzülmesi ve içerdiği hidrofilik rezin monomerler nedeniyle artan su emilimi, materyalin diğer dezavantajlarından. Artan su emilimi, materyalin marjinal renklenmesine neden olarak, özellikle ön bölge restorasyonlarında estetik problemlere yol açabilmektedir (222).

Süt dişlerinde Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde sıklıkla kullanılan kompomer materyalinin; ortodontik bant simantasyonunda, fissür örtücü uygulamalarında ve daimi dişlerin Sınıf III ve Sınıf V restorasyonlarında kullanılabileceği bildirilmiştir (216). Süt azı dişlerinin Sınıf I amalgam ve kompomer restorasyonlarının karşılaştırıldığı randomize kontrollü klinik çalışmada, başarı oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı rapor edilmiştir (223). Süt azı dişlerinin Sınıf II kompomer restorasyonlarının 2 yıllık takip sonuçlarında, sekonder çürük oluşumu ve restorasyonda başarısızlık riskinde artış görülmediği ifade edilmiştir (224). Kompozit rezin ve kompomer materyallerinin klinik olarak değerlendirildiği çalışmada, her iki materyalin renk uyumu, kenar renklenmesi, anatomik form, marjinal bütünlük ve sekonder çürük açısından karşılaştırılabilir olduğu belirtilmiştir (225).

Kompozit rezin materyallerin estetik ve dayanıklılık özelliklerini cam iyonomer simanların flor salma özellikleri ile birleştiren kompomer materyali; kompozit rezine benzer klinik performansa sahip olması, civa salınımindan kaynaklanan yan etkiler sebebiyle amalgama alternatif olması, süt dişlerinde estetik açıdan tatminkâr olması, flor salma kapasitesi ve kullanım kolaylığı gibi çocuk hastalarda kullanımlarını ideal kılan özellikleri göz önüne alındığında, çocuk diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilmekte ve altın standart olarak kabul edilmektedir (7).

2.5. Restoratif Materyallerin İn Vitro Koşullarda Klinik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Diş hekimliği alanında kaydedilen ilerlemelere rağmen “ideal materyal” arayışı halen devam etmektedir. Bu materyallerin değerlendirilmesinde, in vivo ve in vitro deneyler kullanılmaktadır. Restoratif materyallerin ve adeziv sistemlerin uzun dönem

başarılarının tespit edilmesi için yapılan in vitro testlerde, zaman ve materyalden tasarruf edilmekte, in vivo testlerde gerçekleştirilemeyen ölçümler de in vitro testlerde değerlendirilebilmektedir. İn vitro çalışmalarda ağız içi koşulların oluşturulabilmesi amacıyla kullanılan yöntemler mevcuttur.

2.5.1. Yaşlandırma Yöntemleri

Restoratif materyallerin klinik özelliklerinin değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan in vitro deneylerde, uzun dönem başarılarına ilişkin fikir edinilebilmesi ve ağız içi koşulların laboratuvar ortamında taklit edilebilmesi amacıyla yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır.

2.5.1.1. Solüsyonda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi

Restoratif materyallerin diş dokusuna adezyonunun zaman içerisinde gösterdiği değişimin değerlendirilebilmesi amacıyla örnekler çeşitli solüsyonlarda bekletilmektedir. Bu solüsyonlar içerisinde sıklıkla su tercih edilmektedir. Örnekler, 37°C sıcaklıktaki su içerisinde belirli bir süre bekletilerek yapay olarak yaşlandırılmaktadır. Bekleme süresi boyunca örneklerin dezenfeksiyonunun sağlanabilmesi için solüsyona sodyum azit, kloramin-T, timol ya da anti-bakteriyel ajanlar eklenebilmektedir (226). Yapılan bir çalışmada, suda bekletilen örneklerin bağlanma dayanımının, restoratif materyalin rezin içeriğinin ve dişteki kolajen yapının zamanla hidrolize olarak suyun polimerize matrikse infiltre olması sonucu oluşan artık monomerler nedeniyle azaldığı rapor edilmiştir (227).

Yapay tükürükte bekletme ile yaşlandırma yönteminde, deney ortamı ağız içi koşullara benzer hale getirilmektedir. Yapay tükürük solüsyonu, in vitro koşullarda karyojenik faktörlerin değerlendirilmesinde de kullanılmakta; “pH döngüsü” olarak adlandırılan bu yaşlandırma yönteminde, örnekler pH=4,3 değerine sahip 37°C sıcaklıktaki asidik solüsyonda 6 saat, ardından 37°C sıcaklıktaki yapay tükürük solüsyonunda 17 saat bekletilmektedir (228). Diğer yandan, in vivo koşullarda tükürükte bulunan enzimlerin, yapay tükürük solüsyonunda bulunmaması nedeniyle “enzim ile yaşlandırma yöntemi” geliştirilmiştir. Yapay tükürük solüsyonuna matriks metalloproteinaz enziminin eklenmesi ile dentin dokusunun organik matriks yıkımı

taklit edilebilmektedir (229). İn vivo koşullardaki organik matriks yıkımının taklit edildiği bir diğer yöntem, “NaOCl ile yaşlandırma yöntemi”dir. Bu yöntem, %10’luk konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun demineralize olmuş ve açığa çıkmış kolajen fibrillerini deproteinize ettiği hızlı ve agresif bir yaşlandırma yöntemidir (230).

2.5.1.2. Okluzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi

Okluzal yükleme ile yaşlandırma yönteminde, in vivo koşulların in vitro ortamda taklit edilebilmesi amacıyla örnekler ağız içerisindeki kuvvetlere benzer şekilde okluzal yükleme yapılarak mekanik kuvvetlerin etkinliği değerlendirilebilmektedir (231).

Fizyolojik çiğneme sırasında, çiğneme kuvvetlerinin büyük çoğunluğu dişin uzun eksenini boyunca aktarılmaktadır. Bu doğrultuda, örnekler okluzal yönde yükleme yapılarak ağız içi kuvvetlerin simüle edilebilmesi amacıyla okluzal yükleme ile yaşlandırma yöntemi geliştirilmiştir. Ancak, çiğneme sırasında dişler üzerinde birden çok ekseninde kuvvet vektörlerinin aktif olması nedeniyle tek yönde stres yüklemesi yapılan yaşlandırma yönteminin yetersiz kalabileceği belirtilmiştir (232).

2.5.1.3. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi

Restoratif materyallerin mekanik özelliklerinin, yorulmaya bağlı başarısızlığının ve uzun dönem başarısının değerlendirilebilmesi amacıyla “çiğneme simülatörü ile yaşlandırma yöntemi” geliştirilmiştir. Bu yöntemde, çiğneme sırasında oluşan kuvvetler, in vitro ortamda taklit edilmektedir (231). Ağız içi koşullarda, yutkunma ve çiğneme sırasında 10-120 N, ısırma sırasında ön bölgede 190-290 N ve arka bölgede 200-360 N kuvvet oluşmaktadır (233). Çiğneme simülatörünün ağız içi koşulları en uygun şekilde taklit edebilmesi için uygun kuvvet aralığında ve frekansta, araştırmanın amacına göre tek ya da çoklu ekseninde uygulanması gerekmektedir (234). Bununla birlikte, bu uygulamalarda çiğneme hareketlerinin üç ekseninde taklit edilmesi, alt çenenin “hekzapod” yönlü kinematiki göz önüne alındığında yetersiz kalmaktadır (235). Ek olarak, çiğneme simülatörlerinin yüksek maliyeti nedeniyle ulaşılabilirliği sınırlıdır.

2.5.1.4. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi

Termal siklus ile yaşlandırma yönteminin amacı, ağız içerisinde oluşan ısı değişimlerinin in vitro koşullarda örneklerle uygulanması ile doğal koşulların taklit edilebilmesidir. Bu yöntem, diğer tekniklere kıyasla daha kolay ve ulaşılabilir olan ve yaygın olarak kullanılan bir yapay yaşlandırma yöntemidir (236). ISO TR 11450 standartlarına göre 5 ile 55°C sıcaklık arasında 500 devir içeren bir ısı döngüsü rejiminin, uygun bir yapay yaşlandırma yöntemi olduğu bildirilmiştir (237).

Termal siklus ile yaşlandırma yönteminde, restoratif materyal ile diş arasındaki termal genleşme ve büzülme katsayılarının farklı olması sebebiyle tekrarlanan genleşme ve büzülme stresleri oluşmaktadır. Öte yandan, 55°C sıcaklıktaki suyun, diş ve restoratif materyal arasındaki ara yüz tabakasında bulunan adeziv bileşenleri hidrolize ettiği ve polimerize olmamış rezin oligomerlerin salınımına neden olduğu ifade edilmiştir (238). Termal siklusun diş ve restoratif materyalin bağlanma yüzeyinde oluşturduğu yıkım ve termal stres, bir gap oluşumu ile ağız sıvılarının ara yüzey boyunca akışına neden olmaktadır (239).

2.5.2. Restoratif Materyallerde Mikrosızıntı

Restoratif materyallerin sızdırmazlık özelliği, restorasyonun ömrünü etkilemektedir. Adeziv sistemlerdeki ve restoratif materyallerdeki önemli gelişmelere rağmen, restorasyonlardaki başarısızlığın ana nedenlerinden birinin mikrosızıntı olduğu ifade edilmektedir (240). Mikrosızıntı, diş dokusu ve restoratif materyal arasındaki bağlanma yüzeyinden bakteri, sıvı, molekül ve/veya iyon geçişi olarak tanımlanmaktadır (241). Restore edilmiş dişlerde mikrosızıntı varlığının; diş pulpası sağlığını etkilediği, ağrı, hassasiyet, kenar renklenmesi ve sekonder çürük gibi pek çok rahatsızlığa sebep olabildiği bildirilmiştir (242).

Restoratif materyallerin polimerizasyon büzülmesi, termal genleşme katsayısının mine ve dentinden farklı olması, su absorpsiyonu, kavite geometrisi ve mekanik kuvvetler gibi pek çok faktör, mikrosızıntıya neden olabilmektedir. Restoratif materyallerin polimerizasyon büzülmesi ve termal stresler sonucu oluşan boyutsal değişiklikler ile kavitenin konfigürasyon faktörü, mikrosızıntının ana nedenleri olarak kabul edilmektedir (243).

Diş ve restoratif materyal arasındaki marjinal geçirgenliğin ve sızdırmazlığın değerlendirilmesi için pek çok in vivo ve in vitro mikrosızıntı tespit yöntemi geliştirilmiştir. Mikrosızıntının in vivo şartlarda tespiti ve değerlendirilmesi, literatüre önemli katkılar sağlasa da çalışmanın standardizasyonunun sağlanmasının güçlüğü ve uzun zaman gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur. Bu nedenle, mikrosızıntı tespitinde sıklıkla in vitro yöntemler tercih edilmektedir (244).

Mikrosızıntının in vitro koşullarda tespit edilmesinde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Hava basıncı ve sıvı infiltrasyonu yöntemi, bakteriyel sızıntı ve yapay çürük yöntemi, elektrokimyasal yöntem ile nötron aktivasyon analizi, yakın geçmişte mikrosızıntı tespitinde sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Günümüzde ise radyoaktif izotop yöntemi, asetat soyma tekniği, boya penetrasyon tekniği, mikro-bilgisayarlı tomografi, konfokal lazer tarama mikroskopisi ve optik koherens tomografi yöntemi, mikrosızıntının in vitro koşullarda tespitinde kullanılan güncel tekniklerdir (240).

2.5.2.1. Radyoaktif İzotop Tekniği

Mikrosızıntı tespitinde kullanılan radyoaktif izotop tekniğinin çalışma prensibi, diş ve restoratif materyal ara yüzeyine penetre olan radyoaktif izotopların radyografik yöntemler ile değerlendirilmesini içermektedir. Bu teknik, boya penetrasyon yöntemine kıyasla daha hassas olmasına rağmen radyasyon kullanımı gerektirmesi ve üç boyutlu görüntü elde edilememesi, tekniğin dezavantajlarındanır (245).

2.5.2.2. Asetat Soyma Tekniği

İlk olarak paleobotanik alanındaki araştırmacılar tarafından bitkilerin hücresel yapılarını incelemek için geliştirilmiştir. Daha sonra, petrologlar ve paleontologlar tarafından karbonatlı kayaların ve fosillerin hem dokusunu hem de yapısını incelemek için kullanılmıştır (246).

Diş hekimliği alanında kullanılan asetat soyma tekniği ile dekalsifiye edilmemiş ancak aşındırılmış diş yüzeyinin çok sayıda ve ardışık kopyası hızlı bir

şekilde elde edilmektedir. Diş kesitlerinin asetat tekniği ile kopyasının hazırlanması kolay ve ucuzdur, hassas kesim cihazlarına ihtiyaç duyulmamaktadır (246).

Asetat soyma tekniğinde, diş yüzeyinin mikron düzeyinde baskısı elde edilmekte ve yüksek çözünürlüğü sayesinde mikrosızıntı ölçümü yapılabilmektedir. Mikrosızıntının asetat soyma tekniği ile tespiti, basit ve ucuz olmasına rağmen oluşabilecek artefaktlar nedeniyle yanlış ölçümlere sebep olabilmektedir (247).

2.5.2.3. Boya Penetrasyon Yöntemi

Mikrosızıntının in vitro koşullarda tespitinde en sık kullanılan teknik, boya penetrasyon yöntemidir. Bu yöntemin çalışma prensibi, örneklerin kontrast boyalardan elde edilen solüsyonda bekletilmesini ve ardından diş ve restoratif materyal ara yüzündeki sızıntının değerlendirilmesini içermektedir.

Boya penetrasyon yönteminin; hızlı ölçüm sağlaması, kolay ve ucuz olması, radyasyona ihtiyaç duyulmaması gibi önemli avantajları mevcuttur (248). Ancak üç boyutlu görüntü sağlanamaması, sızıntının yoğunluğunun tespit edilememesi, yöntemin dezavantajlarından (239).

Mikrosızıntının boya penetrasyon yöntemi ile tespitinde en sık kullanılan boyalar; % 0.5'lik bazik fuksin, %2'lik metilen mavisi, %0.05'lik kristal viyole, %50'lik gümüş nitrat, %2'lik anilin mavisi, % 0,25'lik toluidin mavisi, %2'lik eritrosin, %0.2'lik Rodamin B'dir (248). Dentin tübüllerinden geçemeyecek büyüklükte partiküllere sahip olması, ulaşılabilir ve ucuz olması gibi avantajları sayesinde metilen mavisi ve bazik fuksin, en sık tercih edilen boyalardır (249).

Boya penetrasyon yönteminde; restorasyonun çevresi çift kat tırnak cilası ile, kök uçları ise mum ya da kompozit rezin materyaller ile örtülerek izolasyon sağlanmaktadır. İzole edilen örnek, boya solüsyonunda bekletilmektedir. Bekleme süresi, tercih edilen boya türüne, partikül büyüklüğüne ve konsantrasyonuna göre değişkenlik göstermektedir. Oda sıcaklığında boya solüsyonunda bekletilen örneklerin akan su altında boyadan arındırılmasının ardından kesit alma, şeffaflaştırma ve volümetrik ölçüm yöntemleri ile mikrosızıntı değerlendirmesi yapılmaktadır. Hızlı ve direkt ölçüm yapılabilmesi, diğer yöntemlere kıyasla daha kolay uygulanabilmesi sayesinde en sık tercih edilen teknik, kesit alma tekniğidir (239).

Kesit alma tekniğinin ardından dereceli skorlama ve bilgisayar destekli dijital ölçüm teknikleri kullanılarak mikrosızıntı değerlendirilmektedir. Elde edilen iki boyutlu görüntüler üzerinde stereomikroskop, taramalı elektron mikroskobu veya transmisyon elektron mikroskobu ile değerlendirilme yapılmaktadır (250).

2.5.2.4. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi

Mikro-bilgisayarlı tomografi (μ CT) yöntemi, tıbbi alanda kullanımına benzer şekilde, diş dokusunun üç boyutlu görüntülerinin non-invaziv teknikle elde edilmesidir. μ CT yönteminde, dönme eksenini boyunca elde edilen iki boyutlu görüntüler, bilgisayar ortamında yapılandırılmakta ve yüksek çözünürlüklü üç boyutlu görüntüler oluşturulmaktadır (251).

μ CT yöntemi, elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler sayesinde histolojik kesit yöntemlerine alternatif olarak görülmekte ve kemik morfolojisi ile mikro yapıların incelenmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir. Hem in vivo hem de in vitro şartlarda, diş ve restoratif materyal ara yüzeyi incelenebilmekte ve mikrosızıntı tespiti yapılabilmektedir (252). Üç boyutlu görüntülemenin direkt yapılamaması, eş zamanlı görüntüleme imkanının olmaması, radyasyon salınımı, düşük hassasiyeti ve yüksek maliyeti, μ CT yönteminin dezavantajlarından (253).

2.5.2.5. Konfokal Lazer Tarama Mikroskopisi

Konfokal Lazer Tarama Mikroskopisi (CLSM) yöntemi ile örnek hazırlığı için minimum gereksinimle yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmektedir. CLSM yöntemi, geleneksel ışık mikroskobu ile taramalı elektron mikroskobu arasında çözünürlük sağlamaktadır (254).

Bu yöntemde, geleneksel mikrosızıntı tespit yöntemlerinin aksine penetran boyaların rengi yerine floresansı değerlendirilmektedir. Alan derinliğinin kontrol edilebilmesi, görüntülerin bozulmasına yol açan artefaktların azaltılması veya ortadan kaldırılması, non-invaziv ölçüm sağlanabilmesi ve örneklerden seri optik kesitler toplanabilmesi gibi pek çok avantajı bulunmaktadır (254). Diğer yandan, yüksek maliyeti ve nispeten dar görüş alanı, CLSM yönteminin dezavantajlarından (255).

2.5.2.6. Optik Koherens Tomografisi

Optik koherens tomografi (OCT) yöntemi; sert ve yumuşak dokuların mikro-yapısal ayrıntılarının tespit edilmesini, kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmesini ve üç boyutlu görüntülerinin elde edilmesini sağlayan, yüksek çözünürlüklü, biyomedikal, optik bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. OCT tekniğinin çalışma prensibi, kızılötesi ışık dalgalarının mikro-yapılardan yansması ile üç boyutlu görüntülerin elde edilmesidir (256).

Diş hekimliği alanında OCT yöntemi; diş çürüklerinin, periodontal hastalıkların ve ağız kanserlerinin teşhisinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, OCT yönteminin restorasyon kenarlarının incelenmesinde ve mikrosızıntının non-invaziv tespitinde de kullanılabildiği bildirilmiştir. Penetrasyon derinliğinin sınırlı olması ve yüksek maliyeti, OCT yönteminin dezavantajlarından (257).

2.5.3. Restoratif Materyallerin Diş Dokularına Bağlanma Dayanımı Testleri

Restoratif materyallerin diş dokusuna adezyonunun değerlendirilmesinde ve klinik başarısının belirlenmesinde, bağlanma dayanımı kuvveti önemli rol oynamaktadır. Restoratif materyallerin diş dokusuna bağlanma dayanımının tespiti için pek çok laboratuvar çalışma dizaynı mevcuttur.

Bağlanma dayanımı testleri; hızlı sonuç vermesi, nispeten kolay metodolojisi ve basit ekipmanları sayesinde sıklıkla tercih edilmektedir (258). Spesifik bir parametrenin test edilmesine imkan vermesi, güncel materyallerin ya da tekniklerin performanslarının ölçülmesine ve altın standart olarak kabul edilen materyaller ile karşılaştırılmasına olanak sağlaması, düşük maliyetli olması gibi avantajlara sahiptir (236). Saklanma koşullarına, örnek hazırlama ve ön hazırlık yöntemlerine, tercih edilen test yönteminin türüne bağlı olarak elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin farklılık gösterebilmesi ise yöntemin dezavantajlarından (259).

Bağlanma dayanımı testleri, örneğin hareketli ya da hareketsiz olmasına göre statik ve dinamik testler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Statik bağlanma dayanımı testleri, örneğin bağlanma arayüzünün çapına göre makro (4-28 mm²) veya mikro (1

mm²); uygulanan kuvvetin türüne göre makaslama, gerilim ve itme-çekme olarak sınıflandırılmaktadır (259).

2.5.3.1. Makro-Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Makaslama bağlanma dayanımı, materyalin makaslama yönündeki kuvvete karşı kırılmadan önce dayanabileceği maksimum stres olarak tanımlanmaktadır. Örnek hazırlama ve kullanım kolaylığı, hızlı ölçüm yapılabilmesi sayesinde en sık tercih edilen makro bağlanma dayanımı testidir (260).

Makaslama bağlanma dayanımı testlerinin çalışma prensibi, diş ile restoratif materyalin bağlanma yüzeyine paralel yönde uygulanan kuvvetin, materyalin kopmasına neden olduğu değerin ölçülmesidir. Aşındırılmış ve/veya düz yüzey haline getirilmiş diş yüzeyi, 3-4 mm çapında ve silindir şeklindeki materyal ile restore edilerek örnekler hazırlanmaktadır. Hazırlanan örnekler, “giyotin” olarak adlandırılan cihaza yerleştirilmekte ve silindire diş yüzeyine paralel yönde kuvvet uygulanarak kopması sağlanmaktadır (259).

Makaslama kuvveti uygulamak üzere tel halkalar, çentikli keskiler ve bıçak kenarları gibi pek çok farklı konfigürasyon kullanılmaktadır (261). Cihazın konfigürasyonu, örneğin yerleştirilmesi ve materyalin elastisite modülü gibi faktörler, stres dağılımını etkilemektedir. Homojen olmayan yük dağılımı nedeniyle uniform olmayan stres dağılımı ve geliştirilmiş adeziv sistemlerin yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerleri sonucunda, sıklıkla, koheziv kırıklar görülmektedir (259).

2.5.3.2. Makro-Gerilim Bağlanma Dayanımı Testi

Gerilim bağlanma dayanımı, materyalin gerilme yönündeki kuvvete karşı kopmadan önce dayanabildiği maksimum stres olarak tanımlanmaktadır (9). Makro-gerilim bağlanma dayanımı testi, 2000’li yılların başlarına kadar, makro-makaslama bağlanma dayanımı testi kadar yaygın kullanılmıştır. Bu yöntemde, makro-makaslama bağlanma dayanımı testine göre daha uniform bir stres dağılımı elde edilmektedir, ancak test örneklerinin hazırlanması daha zordur. Günümüzde, seramik ve metal alaşımlar gibi sert materyallerin bağlanma dayanımlarının test edilmesinde kullanılmaktadır (9).

2.5.3.3. İtme-Çekme Testi

Dentin ve adeziv tabaka arasındaki bağlanma yüzeyinin yorulma direncinin dinamik olarak değerlendirilmesi amacıyla itme-çekme testi kullanılmaktadır. Bu yöntem, sıklıkla kök kanal patlarının adezyonunun ve endodontik postların retansiyonunun test edilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (262).

İtme-çekme testinde, 1-2 mm kalınlığındaki dentin kesitlerinin içerisine silindir şeklinde hazırlanan boşluğa uygulanan adeziv ya da restoratif materyale kuvvet uygulanmaktadır. Bu yöntem, klinik olarak post-siman-dentin bağlanma yüzeyinde oluşan başarısızlıkları gerçeğe yakın şekilde simüle etmektedir. Diğer yandan, örnek hazırlamanın zor olması ve zaman alıcı metodolojisi nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır (9).

2.5.3.4. Mikro-Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Mikro-makaslama bağlanma dayanımı testi, makro-makaslama testine alternatif olarak 2002 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem, daha küçük bağlanma yüzeylerinin makaslama yüküne dayanımının test edilmesine olanak sağlamaktadır (263).

Aşındırılmış ve/veya düz yüzey haline getirilmiş diş yüzeyi, 0.7 mm çapında ve 0.5 mm yüksekliğinde silindir şeklindeki materyal ile restore edilerek örnekler hazırlanmaktadır. Hazırlanan örnekler, makro-makaslama testinde kullanılan “giyotin” cihazına benzer bir düzeneğe yerleştirilerek, silindir şeklindeki restoratif materyale diş yüzeyine paralel yönde kuvvet uygulanmakta ve kopması sağlanmaktadır (259).

Test metodolojisinin benzerlik göstermesine bağlı olarak homojen stres dağılımının oluşturulmasında benzer problemler ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan, yük uygulanan tarafta oluşan eğilme momentinin neden olduğu gerilim kuvveti ve yüksek düzeyde homojen olmayan stres dağılımı sebebiyle mikro-makaslama bağlanma dayanımı testinde, makaslama bağlanma dayanımı testine kıyasla daha düşük değerler elde edildiği bildirilmiştir (264).

2.5.3.5. Mikro-Gerilim Bağlanma Dayanımı Testi

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi (μ TBS), 1994 yılında, Sano ve ark. tarafından geliştirilmiştir (265). Günümüzde, bilimsel olarak kabul gören ve restoratif materyallerin diş dokusuna bağlanma dayanımının test edilmesinde en sık kullanılan test yöntemidir (264).

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi prosedürü, belirlenen adeziv sistem ve materyal ile restore edilen diş yüzeyinden, hassas kesim bıçakları ile dikey ve yatay yönde kesilerek elde edilen 1 mm kalınlığında ya da çapındaki kesitlere gerilim kuvveti uygulanarak kopma anındaki stres değerinin hesaplanmasını içermektedir (266). Tek bir diştten çok sayıda kesit elde edilmesi, diş kaynaklı ya da diğer değişkenlerin ve bölgesel farklılıkların değerlendirilebilmesine ve çürükten etkilenmiş dentin gibi küçük yüzeylerde dahi bağlanma dayanımının ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır (264).

Pek çok araştırmada bağlanma dayanımının test edilmesine imkan sağlayan ve sıklıkla kullanılan mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin avantajları ve dezavantajları, Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin avantaj ve dezavantajları (9)

Avantajlar	Dezavantajlar
Daha fazla adeziv kırık ve daha az koheziv kırık gözlenmektedir.	Test yönteminin zorluğu ve hassasiyeti, yoğun laboratuvar çalışması gerektirmektedir.
Daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerinin test edilmesine olanak sağlamaktadır.	5 MPa'dan daha küçük mikro-gerilim bağlanma değerlerinin ölçümü zordur.
Bölgesel bağlanma dayanımı kuvvetleri ölçülebilmektedir.	Özel ekipman gerektirmektedir.
Tek bir diş örneğinden ortalama ve medyan değerleri elde edilebilmektedir.	Çok küçük yüzey alanına sahip örnekler, kısa sürede su kaybederek dehidrate olabilmektedir.
Düzensiz yüzeylerin bağlanma dayanımları test edilebilmektedir.	
Elde edilen örneklerin yüzey alanının 1 mm ² olması sonucunda, gerilim kuvveti sonucu oluşan kopma türleri daha kolay incelenebilmektedir.	

Testin ön hazırlık aşamasında, ilk olarak dentin yüzeyi açığa çıkarılmaktadır. Açığa çıkan dentin yüzeyi, belirlenen adeziv sistem ve materyal ile restore edilmektedir. Restore edilmiş diş örneği, elmas grenli hassas kesim bıçağı ile yatay ve

dikey olarak seri kesitlere ayrılmakta ve dentin, restoratif materyal ve bağlanma yüzeyini içeren 1 mm² yüzey alanına sahip kesitler elde edilmektedir. Kesitler; çubuk, halter ya da kum saati şeklinde hazırlanabilmektedir (267).

Kesitlerin hazırlanmasının ardından, örnekler, mikro-gerilim test cihazına hızlı sertleşen yapıştırıcılar ile cihazın gerilim yönüne paralel olacak şekilde sabitlenmektedir. Cihazın yönü ile paralel olmayan hizalama ve/veya eşit olmayan kavrama kuvvetinin, test sırasında eğilme kuvvetlerinin ortaya çıkmasına ve mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin etkilenmesine yol açtığı bildirilmiştir (268).

Cihaza yerleştirilen örneğe, kopma gerçekleşene kadar gerilim kuvveti uygulanmakta ve kopma anında kaydedilen değer yüzey alanına bölünerek mikro-gerilim bağlanma dayanımı MPa cinsinden hesaplanmaktadır (265).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada; ART tekniği ve BRIX 3000 preparatı kullanılan kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin, kompomer (Dyract XP) ve hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte HT) materyalleri ile yapılan Sınıf II (okluzoproksimal) restorasyonlarda mikrosızıntı ve Sınıf I (okluzal) restorasyonlarda mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından etkisinin olup olmadığı incelenmiştir.

Güncel bir kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı olan papain esaslı BRIX3000 preparatı ile ilgili ulaşılabilir kaynaklarda sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Önceki sistemlere göre iyileştirilmiş bir formülasyona sahip olan yüksek viskoziteli hibrit teknolojiye Equia Forte HT materyali ile ilgili de sınırlı sayıda çalışma bulunmamaktadır. Çürük uzaklaştırma teknikleri ve restoratif materyaller doğrultusunda oluşturulan çalışma dizaynı, herhangi bir çalışmada bulunmamaktadır.

Diş örneklerinin çürük dokusunun uzaklaştırılma ve restore edilme aşamaları, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda; hazırlanan diş örneklerinin Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı ve Mikrosızıntı Testleri ile Stereomikroskop Analizleri, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı'ndan, "İlaç Dışı Araştırmalar" kategorisinde 12.08.2020 tarihli ve 16/234 sayılı karar ile izin alındı.

Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından, Lisansüstü Tez Projesi kapsamında, TDH-2020-8287 no'lu proje desteği sağlandı.

3.2. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

İdeal örnek sayısını belirlemek ve çalışma sonuçlarının güvenilirliğinin yüksek olmasını sağlamak amacıyla Power Analizi yapıldı. Çalışmaya başlamadan önce yapılan power analizinde, %95 güçle ($\alpha = \%5$ ve etki büyüklüğü= 1,25) ve faktöriyel

düzende (tekrarlanan ölçümlü), bu çalışmanın alt gruplardaki gözlem adedi en az 15 olarak belirlendi. Laboratuvar aşamalarında ortaya çıkabilecek problemler nedeniyle gözlem adedi arttırılarak 20 olarak saptandı.

3.3. Dişlerin Toplanması ve Seçimi

Çalışma için ebeveyn onamı alınan hastalardan herhangi bir nedenle çekilmiş ve dahil edilme kriterlerini karşılayan 80 adet süt azı dişi toplandı.

Dahil edilme kriterleri:

- Okluzal (Sınıf I) veya okluzoproksimal (Sınıf II) dentin çürüğü bulunan, Mount ve Hume (1998) sınıflandırmasına göre kavite boyutu “1.2, 2.2” seviyesinde değerlendirilen dişler (269) (Tablo 4, Tablo 5)
- Fanning (1961) skalasına göre kök rezorbsiyonu başlamış veya en fazla Res1/3 seviyesinde olan dişler (270)
- Çürük lezyonun derinliği Ekstrand (1997) kriterlerine göre dentinin orta 1/3’ünde olan dişler (271) (Tablo 6)
- Renklenme, yapısal bozukluk, çatlak ve/veya restorasyon bulunmayan dişler
- Morfolojik olarak büyük farklılıklar göstermeyen dişler

Dişlerdeki çürük lezyonlarının pulpa ile ilişkisi, paralel teknik ile (Planmeca ProX, Planmeca, Helsinki, Finlandiya) periapikal radyografi (Kodak Ultraspeed Dental X-ray Film, Size 2) alınarak değerlendirildi (Resim 1.a, b, Resim 2.a, b). Dişlerde yapısal bozukluk, çatlak, kırık olup olmadığı stereomikroskop (SZ-PT Olympus, Japonya) altında incelendi.

Tablo 4. Mount ve Hume’un (1998) kavite sınıflandırması

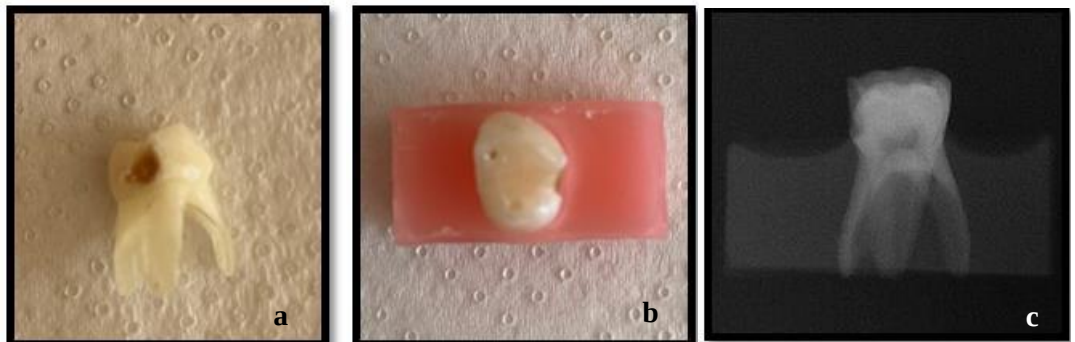
	Boyut			
	Minimal 1	Orta 2	Büyük 3	Geniş 4
Diş Yüzeyi				
Pit ve Fissür: 1	1.1	1.2	1.3	1.4
Kontakt Alanı: 2	2.1	2.2	2.3	2.4
Servikal: 3	3.1	3.2	3.3	3.4

Tablo 5. Mount ve Hume (1998) sınıflamasına göre kavite boyutlarının değerlendirilmesi

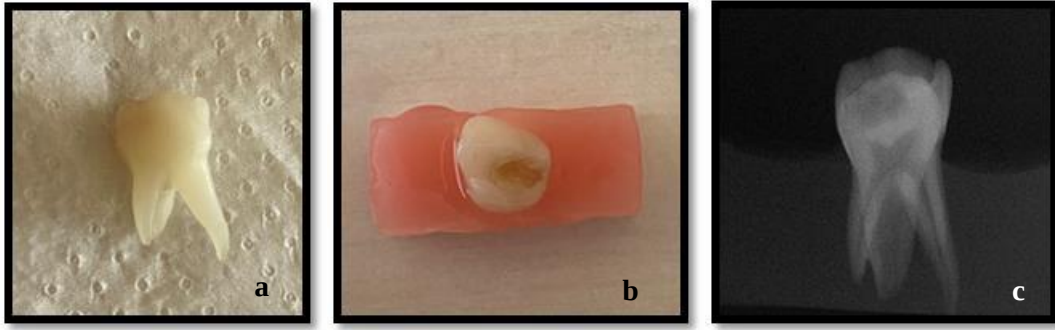
Kavite Boyutu	Skor	Tanım
Minimal	1	Yalnızca remineralizasyon tedavisinin yeterli olmadığı, minimal derecede dentin tutulumu mevcuttur.
Orta	2	Dentinin orta derecede tutulumu mevcuttur. Çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kalan mine dokusu sağlamdır ve dentin dokusu ile desteklenmektedir. Kalan diş yapısı, restorasyonu destekleyecek kadar güçlüdür.
Büyük	3	Orta derecenin ilerisinde dentin tutulumu ve tüberkül tepelerinin ya da insizal kenarın kaybı mevcuttur. Okluzal yük alan bölgelerde başarısız olma olasılığı yüksek olduğundan; restorasyon, kalan diş yapısına destek ve koruma sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.
Geniş	4	Diş yapısında bütünsel madde kaybına neden olan geniş çürük lezyonu mevcuttur.

Tablo 6. Radyografik muayenede kullanılan Ekstrand kriterleri (1997)

Skor	Kriter
0	Görünür radyolüsent alan yoktur.
1	Mine dokusunda radyolüsent alan mevcuttur.
2	Dentin dokusunda radyolüsent alan mevcuttur ve dentinin dış 1/3 bölgesi ile sınırlıdır.
3	Dentinin orta 1/3 bölgesine uzanan radyolüsent alan mevcuttur.
4	Dentinin pulpal 1/3 bölgesinde radyolüsent alan mevcuttur.



Resim 1.a, b. Mikrosızıntı testi için seçilen okluzoprosimal çürüklü diş örneği, **c.** Periapikal radyografisi



Resim 2.a, b. Mikro-gerilim testi için seçilen okluzal çürüklü diş örneği, **c.** Periapikal radyografisi

Toplanan dişlerin üzerinde bulunan debris ve yumuşak doku artıkları, akan su altında periodontal el aletleri ile uzaklaştırıldı. Dişler, %0.5 kloramin-T (Merck KGaA 64271, Darmstadt, Almanya) solüsyonunda 1 hafta bekletilerek dezenfekte edilmelerinin ardından, deney zamanına kadar distile suda bekletildi. Distile su, haftada bir kez değiştirildi ve dişler 6 ay içerisinde kullanıldı.

3.4. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Çalışmaya dahil edilen 80 adet süt azı dişi, uygulanacak çürük temizleme metoduna göre önce iki ana gruba ardından da her bir ana grup, kullanılacak restoratif materyale göre iki alt gruba ayrıldı. Her bir alt gruptaki 20 dişin, okluzal çürük lezyonlu 5 adedi mikro-gerilim testi uygulanmak üzere, okluzoprosimal çürük lezyonlu 15 adedi mikrosızıntı testi uygulanmak üzere seçildi (Tablo 7).

Alt gruplarda alt, üst, IV ve V numaralı süt azı dişi olmak üzere her alt grupta 20 adet diş olacak şekilde 80 adet diş tabakalı blok randomizasyon ile seçildi. Her blokta, alt, üst, IV ve V numaralı süt azı olacak şekilde 24 blok istatistik uzmanı tarafından oluşturularak, bloklar basit rastgele yöntem ile “R programlama dili” kullanılarak seçildi, rassal olarak 4 gruba atandı.

3.5. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada, BRIX 3000 kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı, Equia Forte HT hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Dyract XP kompomer materyalleri üretici firmanın talimatlarına uygun olarak kullanıldı. Equia Forte HT materyali grubunda, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, restorasyondan önce

kavite hazırlayıcı materyal olarak GC Cavity Conditioner ve restorasyondan sonra yüzey örtücü materyal olarak Equia Forte Coat kullanıldı. Dyract XP grubunda, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, restorasyondan önce adeziv materyali olarak Prime&Bond NT kullanıldı. Kullanılan materyaller ve özellikleri Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Çalışma gruplarının dağılımı

Grup	Yapılacak İşlemler	Diş Adedi	
1.Grup	BRIX 3000 preparatı kullanılan kemomekanik çürük temizleme grubu	40 adet diş	
1.A.	Hibrit teknolojili yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte HT) materyali ile restorasyon	20 adet diş	Randomizasyon yöntemiyle seçilen 5 adet okluzal çürüklü diştten elde edilen 15 adet diş örneğinde mikro-gerilim testi
			Randomizasyon yöntemiyle seçilen 15 adet okluzoprosimal çürüklü dişte mikrosızıntı testi
1.B.	Kompomer (Dyract XP) materyali ile restorasyon	20 adet diş	Randomizasyon yöntemiyle seçilen 5 adet okluzal çürüklü diştten elde edilen 15 adet diş örneğinde mikro-gerilim testi
			Randomizasyon yöntemiyle seçilen 15 adet okluzoprosimal çürüklü dişte mikrosızıntı testi
2.Grup	Atravmatik restoratif tedavi yöntemi kullanılan çürük temizleme grubu	40 adet diş	
2.A.	Hibrit teknolojili yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte HT) materyali ile restorasyon	20 adet diş	Randomizasyon yöntemiyle seçilen 5 adet okluzal çürüklü diştten elde edilen 15 adet diş örneğinde mikro-gerilim testi
			Randomizasyon yöntemiyle seçilen 15 adet okluzoprosimal çürüklü dişte mikrosızıntı testi
2.B.	Kompomer (Dyract XP) materyali ile restorasyon	20 adet diş	Randomizasyon yöntemiyle seçilen 5 adet okluzal çürüklü diştten elde edilen 15 adet diş örneğinde mikro-gerilim testi
			Randomizasyon yöntemiyle seçilen 15 adet okluzoprosimal çürüklü dişte mikrosızıntı testi

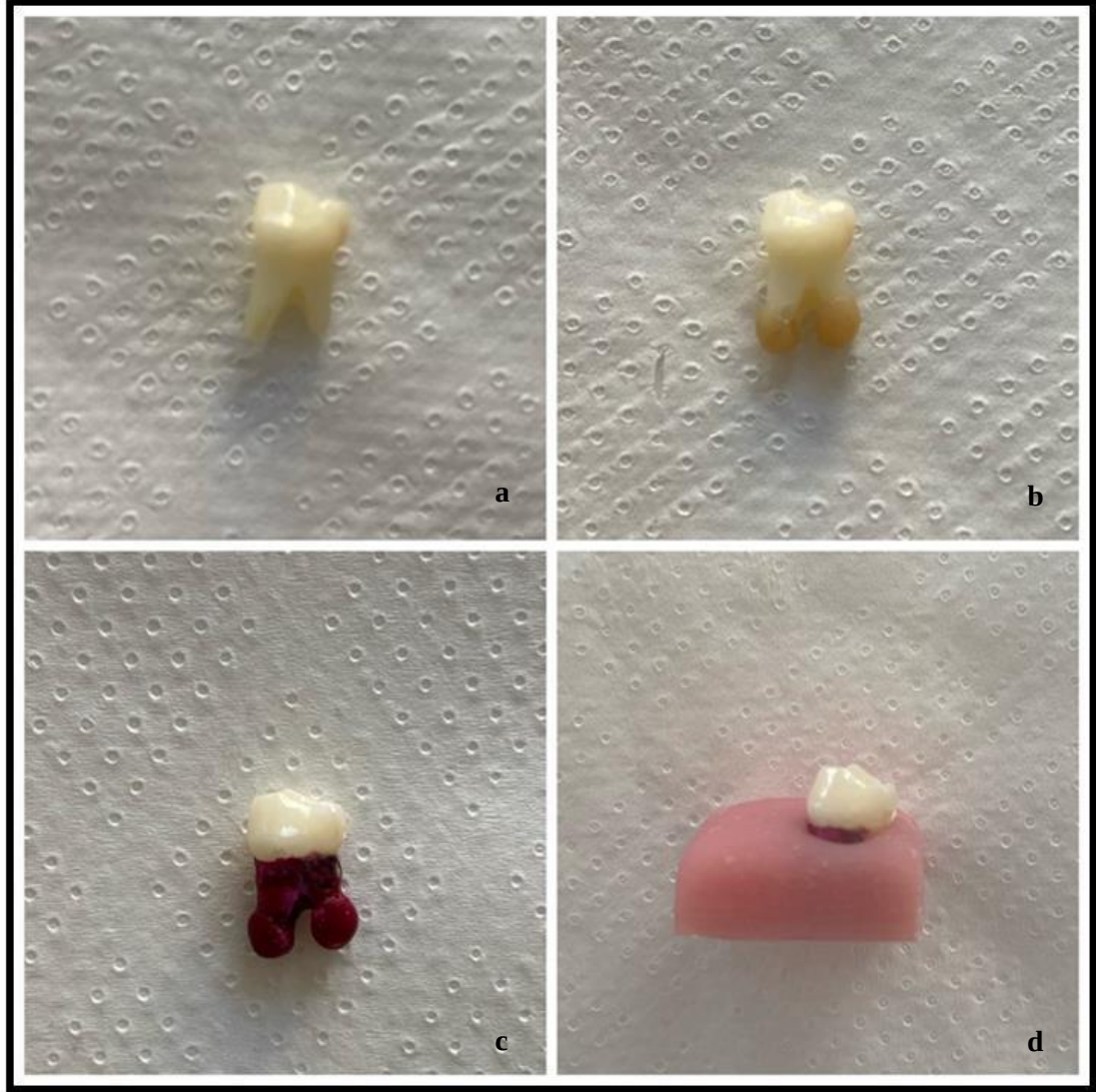
Tablo 8. Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal	Türü	Üretici Firma	İçeriği
BRIX 3000	Kemomekanik çürük temizleme ajanı	Brix Medical Science, Arjantin	3000 U/mg papain enzimi, propilen glikol, sitrik pektin, trietanolamin, disodyum fosfat, toluidin mavisi, deiyonize su
GC Cavity Conditioner	Kavite hazırlayıcı	GC Corporation, Tokyo, Japonya	poliakrilik asit, alüminyum klorit hekzahidrat
Equia Forte HT	Hibrit teknolojili yüksek viskoziteli cam iyonomer siman	GC Corporation, Tokyo, Japonya	fluoroalüminosilikat cam, poliakrilik asit, distile su
Equia Forte Coat	Yüzey örtücü	GC Corporation, Tokyo, Japonya	metil metakrilat, koloidal silika, kamforokinon, üretan metakrilat ve fosforik ester monomer
Prime&Bond NT	Total etch adeziv	Dentsply De Trey, Konstanz, Almanya	aseton, üretan dimetakrikat rezin, dipentaeritrol pentaakrilat fosfat, dimetakrilat, propilidinetrimetil trimetakrilat, 2,6,di-ter-bütill- p-kresol
Dyract XP	Kompomer	Dentsply De Trey, Konstanz, Almanya	UDMA, karboksilik asit modifiye dimetakrilat, kamforokinon, etil benzoat, bütillendirilmiş hidroksi tolüen (BHT), UV stabilize edici, stronsiyum-alumino- sodyum-floro-fosfo- silikat cam, yüksek seviyede dağılmış silikon dioksit, stronsiyum florür, demir oksit pigmentleri ve titanyum oksit pigmentleri

3.5. Dişlerin Ön Hazırlığının Yapılması

Mikrosızıntı testi için seçilen dişlerin kök uçları, sızdırmazlığın sağlanması amacıyla kompozit rezin (IMICRYL Nova Compo-HS, Nova, İstanbul, Türkiye) materyali ile örtüldü, ardından iki kat tırnak cilası (#048 NAIL ENAMEL, Flormar, İstanbul, Türkiye) ile izole edildi (Resim 3.a, b, c).

Dişler, okluzal yüzeyi yukarıda olacak şekilde, mine-sement sınırının 2 mm altında, her biri 20x20x10 mm³ boyutlarındaki kalıplar içerisinde hazırlanan otopolimerizan akrile (Meliodent, Heraeus Kulser Newbury, Berkshire) gömüldü (Resim 3.d).



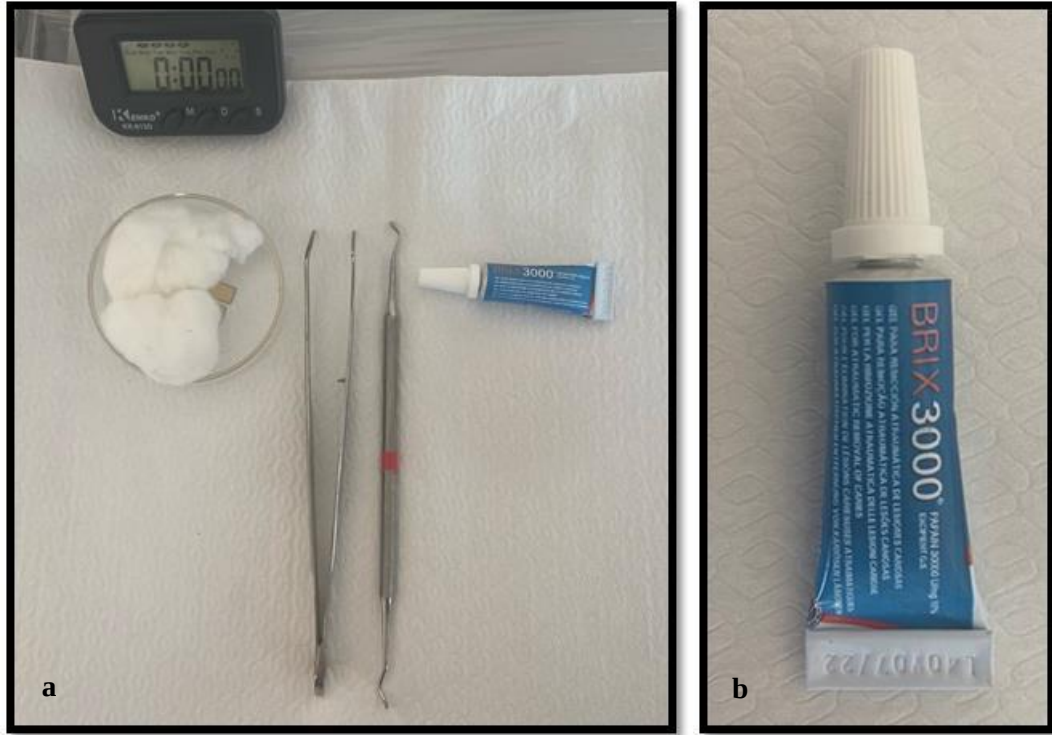
Resim 3.a. Mikrosızıntı testi için seçilen diş örneği, **b.** Sızdırmazlığın sağlanması amacıyla kök uçlarının kompozit rezin ile örtülenmesi, **c.** Kök yüzeylerinin iki kat tırnak cilası ile izole edilmesi, **d.** Diş örneğinin akril blok içerisine gömülmesi

3.6. Çürük Diş Dokusunun Uzaklaştırılması

Çalışmaya dahil edilen 80 adet süt azı dişi, iki ana gruba ayrılarak kemomekanik ve atravmatik çürük uzaklaştırma yöntemleri uygulandı.

3.6.1. BRIX 3000 Preparatı ile Kemomekanik Çürük Uzaklaştırma Yöntemi

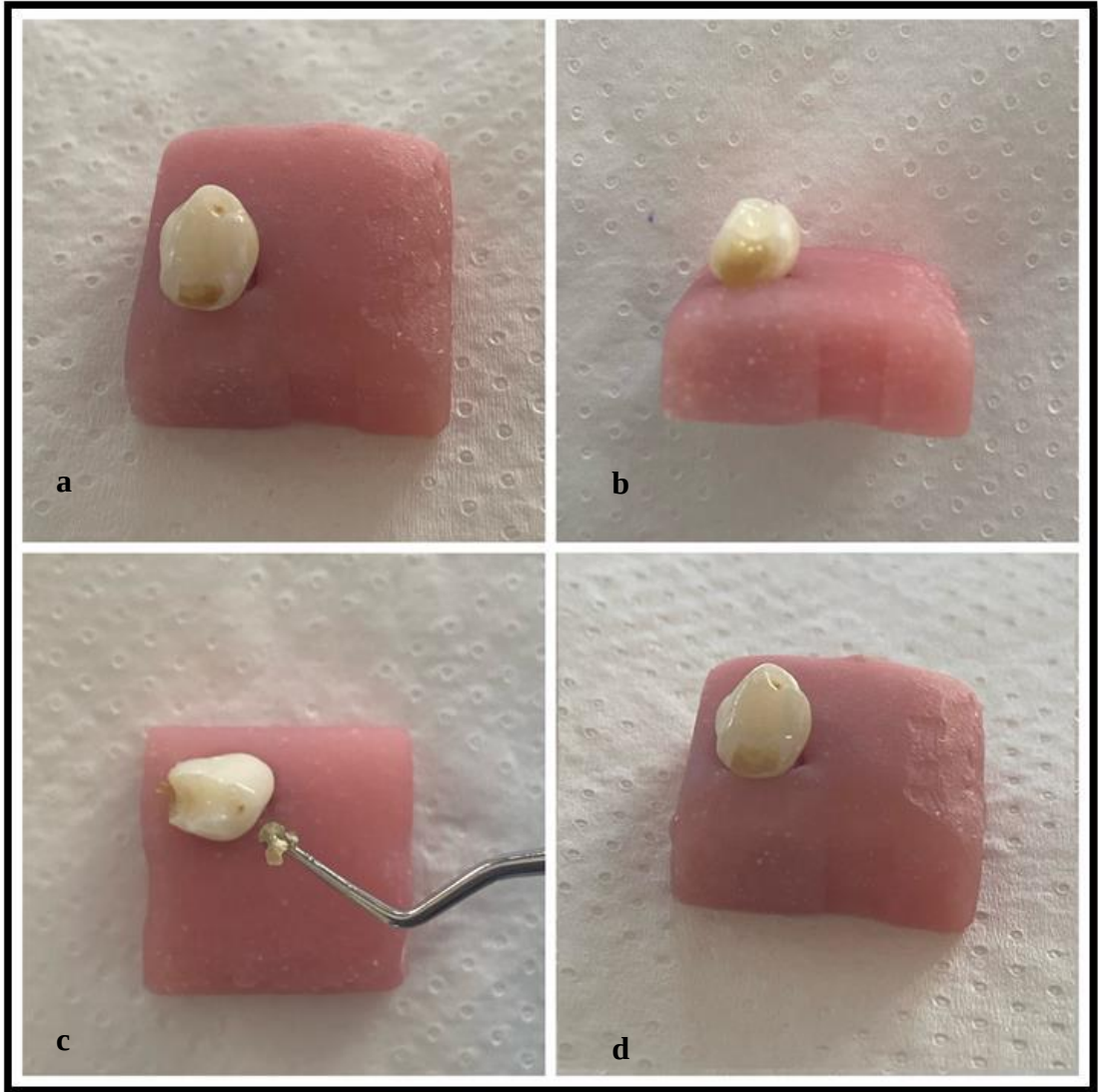
Üretici firma tarafından, sağlıklı dentin dokusuna ulaşılan ve uygulanan BRIX 3000 preparatında (Resim 4.a, b) “bulanık” görünüm oluşmayana kadar, en fazla 3 kez olmak üzere, prosedürün tekrarlanabileceği bildirilmektedir. Tez çalışmamız öncesinde, dahil edilme kriterlerini taşıyan 5 adet dentin çürüklü süt dişi örneğine BRIX 3000 preparatı uygulandı. Yapılan bu pilot çalışma sonucunda; BRIX 3000 preparatının, bir kez uygulanmasının etkili ve yeterli olduğu, ikinci jel uygulamasında “bulanık” görünümün oluşmadığı görüldü. Bu doğrultuda, tez çalışmamızda BRIX 3000 preparatı tüm süt dişlerinde bir kez uygulanarak çürük doku uzaklaştırıldı ve standardizasyon sağlandı.



Resim 4.a. Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinde kullanılan materyaller, **b.** BRIX 3000 kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı

Üretici firmanın önerileri doğrultusunda, çürük diş dokusu üzerine BRIX 3000 preparatı 2 dk boyunca uygulandı, “bulanık” görünümün oluşmasının ardından künt uçlu bir ekskavatör ile basınç uygulanmadan sarkaç hareketleri ile çürük doku uzaklaştırıldı (Resim 5.a, b, c, d). Kavite içerisinde kalan jel, pamuk peletler ile alındı.

Uygulama süresi, kronometre (Kenko, Kenko International Co., Hong Kong, Çin) ile kaydedildi.

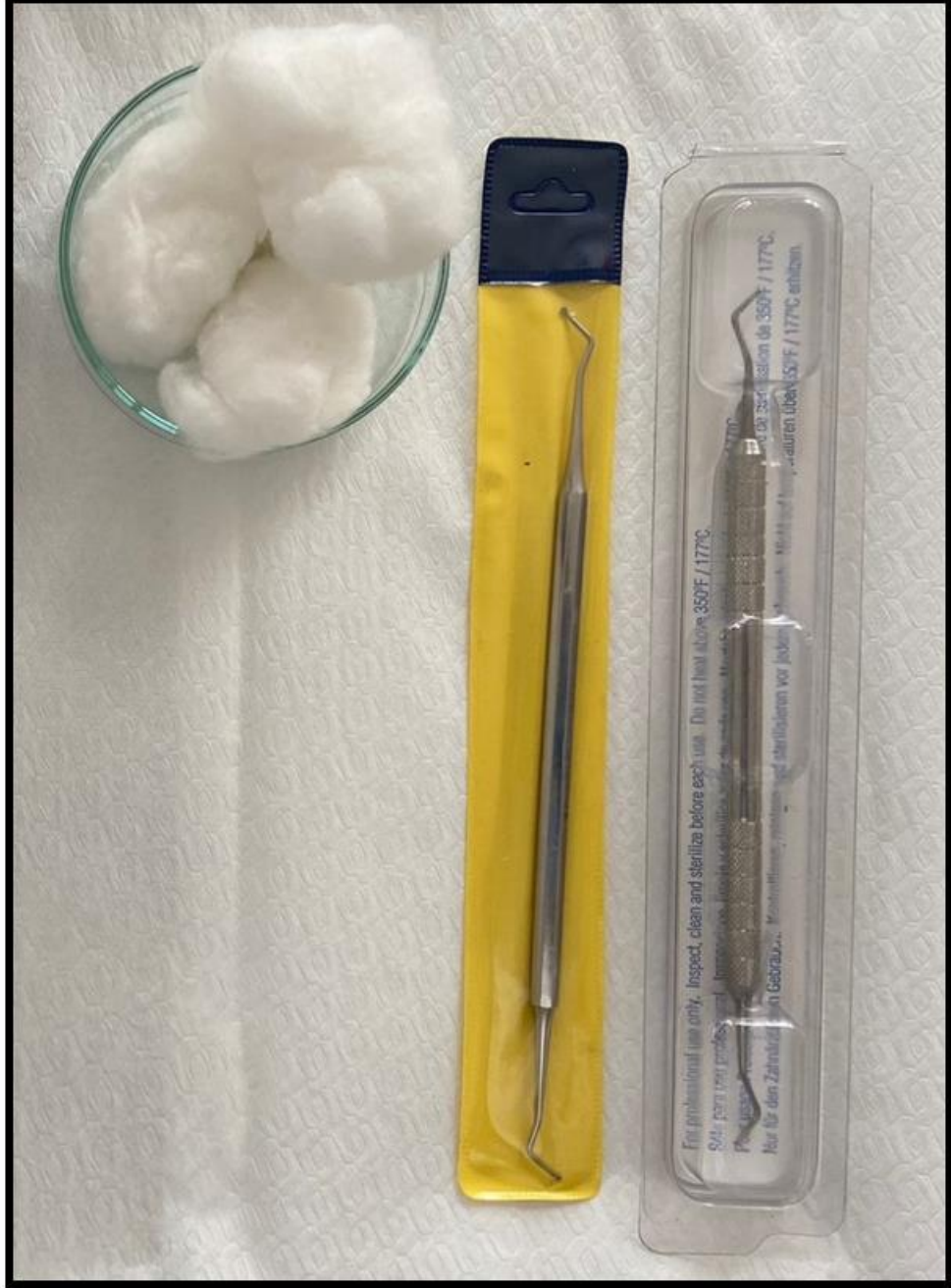


Resim 5.a. Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniği grubuna ait bir diş örneği, **b.** BRIX 3000 jelin kaviteye uygulanması, **c.** Künt uçlu ekskavatör ile çürük dokunun uzaklaştırılması, **d.** Kaviteye uygulanan jelin ve çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kavitenin görüntüsü

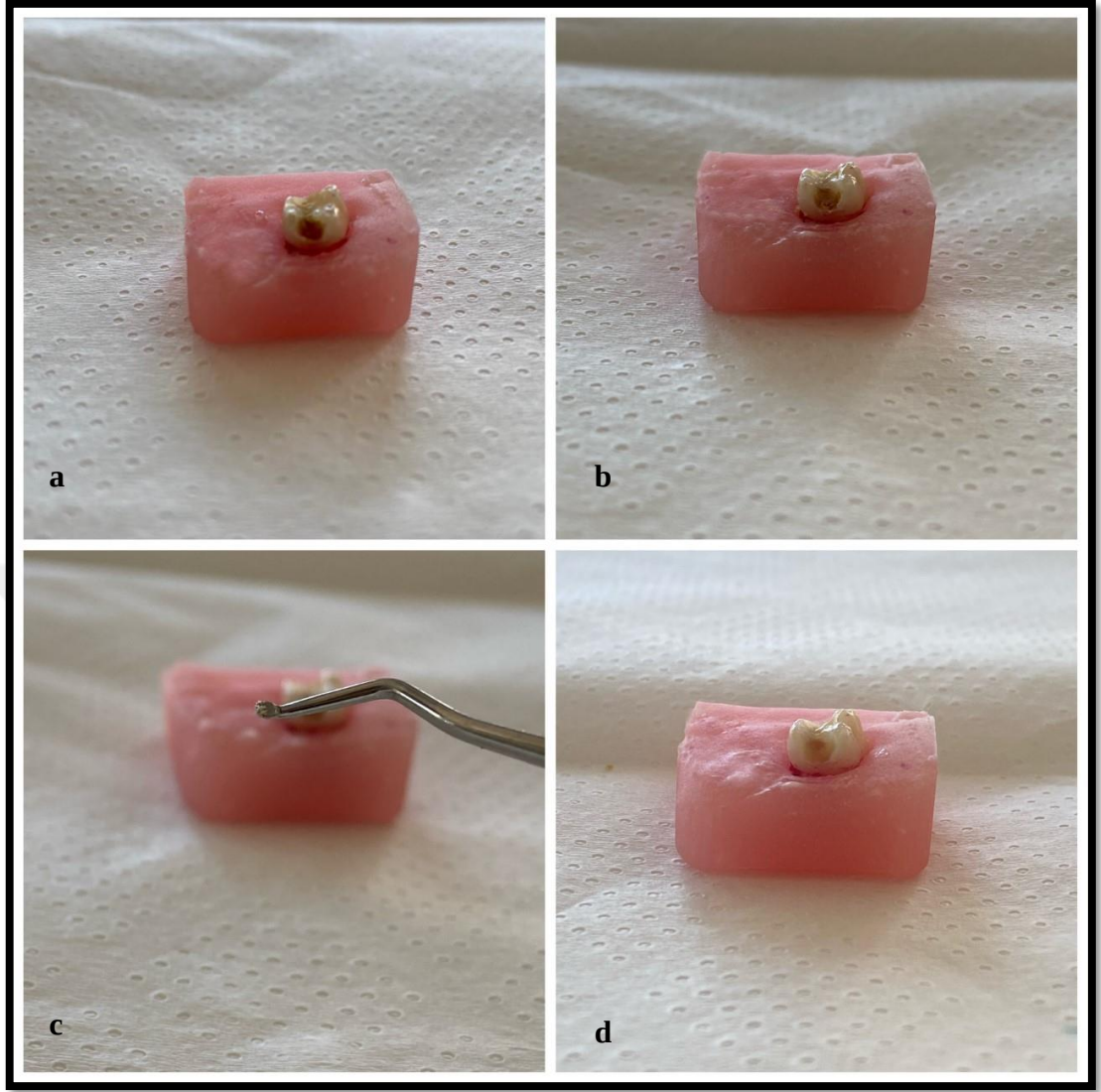
3.6.2. Atravmatik Restoratif Tedavi ile Çürük Uzaklaştırma Yöntemi

Çürük diş dokusu, keskin bir ekskavatör (EXC271/275, Jensen Dental, Connecticut, Amerika) ile uzaklaştırıldı, bu prosedür yumuşak dentin hissi alınmayana ve direnç hissedilen dentin dokusuna ulaşılan kadar uygulandı (272). Kavite sınırlarında desteksiz mine dokusunun mevcut olduğu durumlarda, mine keskisi (#17-

18, Nordent, Illinois, Amerika) ile uzaklaştırılarak kaviteye erişim sağlandı (Resim 6, Resim 7.a, b, c, d). Uygulama süresi, kronometre (Kenko, Kenko International Co., Hong Kong, Çin) ile kaydedildi.



Resim 6. Atravmatik restoratif tedavi tekniğinde kullanılan materyaller



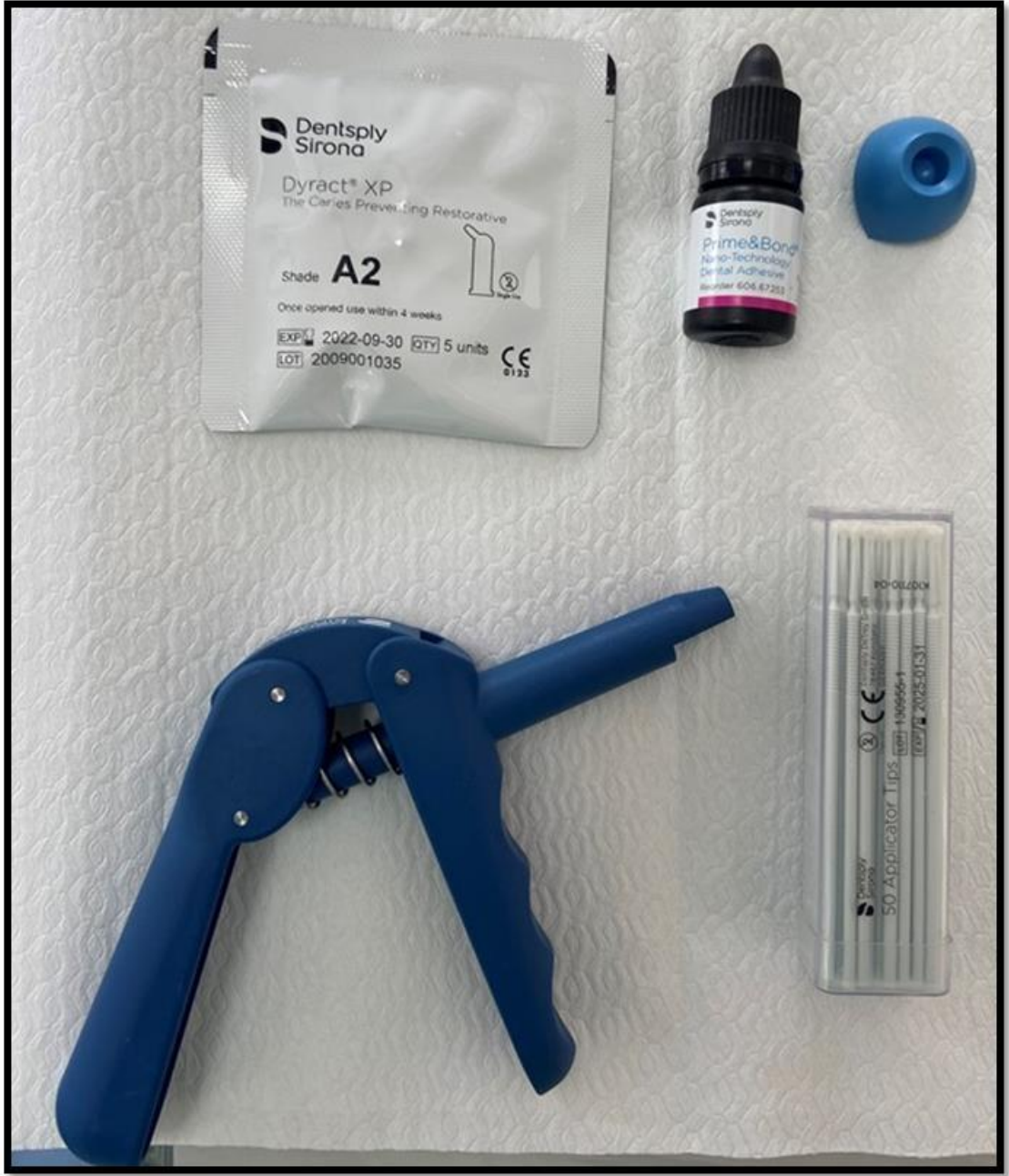
Resim 7.a. Atravmatik restoratif tedavi tekniği grubuna ait bir diş örneği, **b.** Mine keskisi ile demineralize mine dokusunun kaldırılarak kaviteye erişimin sağlanması, **c,** **d.** Keskin ekskavatör ile çürük dokunun uzaklaştırılması

3.7. Restorasyonların Hazırlanması

Çürük dokusu uzaklaştırılan dişler, belirlenen çalışma grupları doğrultusunda iki alt gruba ayrılarak hibrit teknolojiyi yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompomer materyalleri ile restore edildi (Resim 8, 9).



Resim 8. Çürük dokusu uzaklaştırılan diş örneklerinin, EQUIA Forte HT hibrit teknolojiili yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile restorasyonunda kullanılan materyaller



Resim 9. Çürük dokusu uzaklaştırılan diş örneklerinin, Dyract XP kompomer ile restorasyonunda kullanılan materyaller

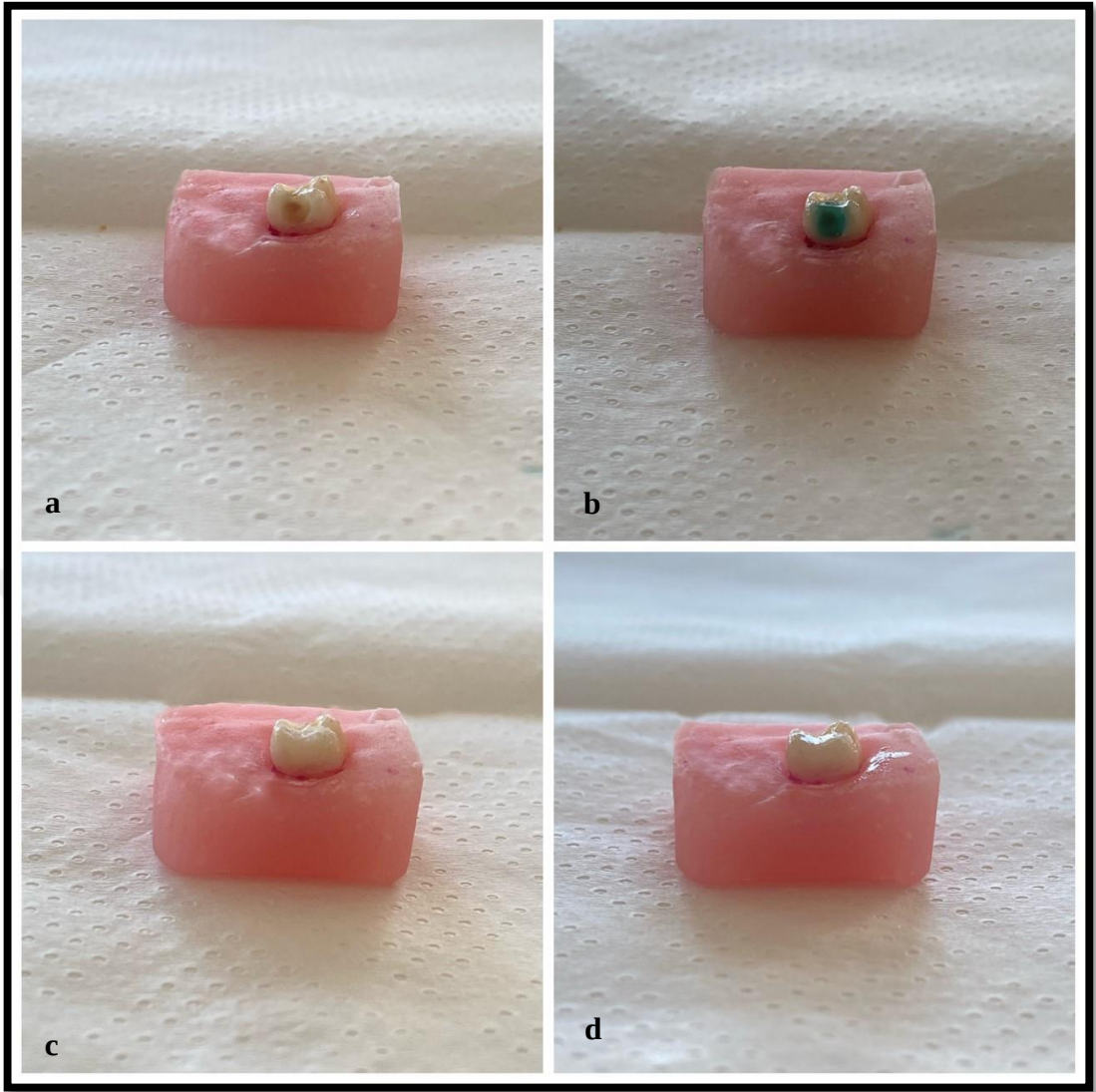
3.7.1. Hibrit Teknolojili Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman Materyali (EQUIA Forte HT) ile Restorasyonun Yapılması

Üretici firmanın önerileri doğrultusunda, diş yüzeyini hazırlamak için %20'lik poliakrilik asit (GC Cavity Conditioner, GC Corporation, Tokyo, Japonya) 10 sn uygulandı, diş yüzeyi 10 sn su ile yıkandı ve ardından hava ile nazıkçe kurutuldu (Resim 10.a, b).

Equia Forte HT (GC Corporation, Tokyo, Japonya) kapsülü, elde hafifçe sallandı ve kapsülün arka kısmında bulunan pistonu 2 sn basılarak aktive edildi. Daha sonra karıştırıcıya yerleştirilerek 10 sn boyunca karıştırıldı, GC CapsuleApplier III'e yüklenerek kullanıma hazır hale getirildi ve diş restore edildi (Resim 10.c). Çalışmamızda kullanılan tüm Equia Forte HT materyalleri, renk skalasının "A2" değerinde idi.

Restorasyonun bitim ve polisaj işlemleri, materyalin sertleşmesini takiben 150 sn sonra, elmas frezler ve lastikler (Diatech, Heerbrugg, İsviçre) kullanılarak yapıldı.

Restorasyon bitiminde, yüzey örtücü (EQUIA Forte Coat, GC Corporation, Tokyo, Japonya) uygulandı ve 600 mW/cm² güç yoğunluğuna sahip LED ışık cihazı (Castellini T-LED, Imola, İtalya) ile 1 mm mesafeden, 20 sn polimerizasyon sağlandı (Resim 10.d).



Resim 10.a. Equia Forte HT materyali ile restore edilmek üzere çürük dokusu uzaklaştırılmış diş örneği, **b.** Yüzey hazırlığı için kaviteye GC Cavity Conditioner uygulanması, **c.** Üretici firmanın önerileri doğrultusunda hazırlanan Equia Forte HT materyali ile restorasyonun yapılması, **d.** Bitim ve polisaj işlemlerinin ardından yüzey örtücü uygulaması

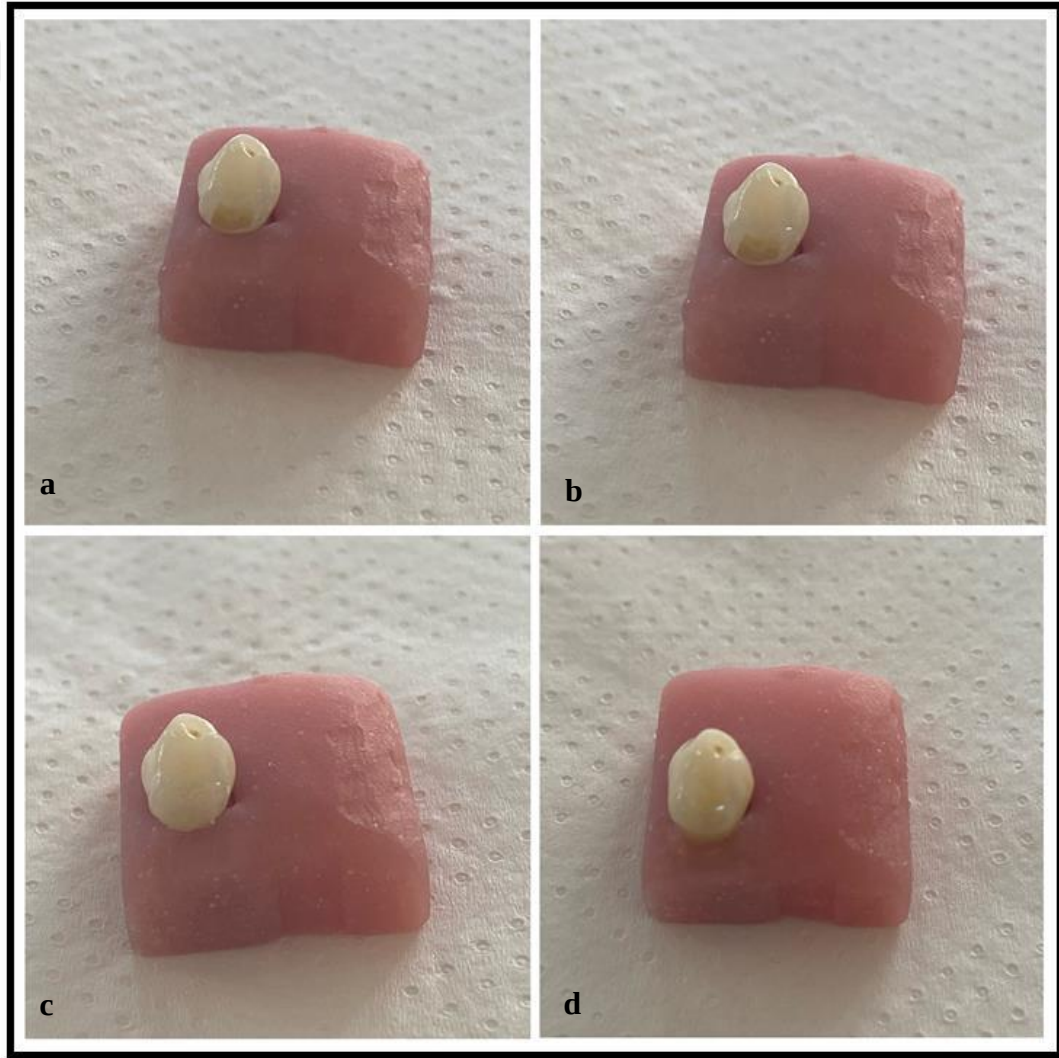
3.7.2. Kompomer Materyali (Dyract XP) ile Restorasyonun Yapılması

Üretici firmanın önerileri doğrultusunda, kaviteye adeziv materyali (Prime&Bond NT, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) uygulandı. Bond, tek kullanımlık aplikatör ile tüm kavite yüzeylerine 20 sn boyunca ince bir tabaka halinde uygulandı, 5 sn hava ile nazikçe kurutularak tüm yüzeylere eşit şekilde yayılımı

sağlandı ve 600 mW/cm² güç yoğunluğuna sahip LED ışık cihazı (Castellini T-LED, Imola, İtalya) ile 10 sn polimerize edildi (Resim 11.a, b).

Kompomer materyali (Dyract XP, Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya) 2 mm'lik tabakalar halinde uygulandı, her bir tabaka LED ışık cihazı (Castellini T-LED, Imola, İtalya) ile 1 mm mesafeden, 20 sn polimerize edildi (Resim 11.c). Çalışmamızda kullanılan tüm Dyract XP materyalleri, renk skalasının “A2” değerinde idi.

Restorasyonun bitim ve polisaj işlemleri, elmas frezler, disk ve lastikler (Diatech, Heerbrugg, İsviçre) kullanılarak yapıldı (Resim 11.d).



Resim 11.a. Dyract XP kompomer materyali ile restore edilmek üzere çürük dokusu uzaklaştırılmış diş örneği, **b.** Kaviteye Prime&Bond NT total etch adeziv materyalinin uygulanması, **c.** Tabakalama tekniği ile Dyract XP kompomer restorasyonunun yapılması, **d.** Bitim ve polisaj işlemlerinin ardından Dyract XP kompomer restorasyonunun görüntüsü

3.8. Laboratuvar Testleri

Her bir alt gruptan 5 adet olmak üzere toplam 20 adet okluzal çürüklü diğten elde edilen 60 adet kesitte mikro-gerilim testi; her bir alt gruptan 15 adet olmak üzere toplamda 60 adet okluzoproksimal çürüklü diğte mikrosızıntı testi uygulandı.

3.8.1. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Testi

Her bir alt gruptan 5 adet olmak üzere toplamda 20 adet diğ, etüvde (EN 120, Nüve, Ankara, Türkiye) 37°C’de 24 saat distile su içerisinde bekletildi (Resim 12).



Resim 12. Çalışmada kullanılan etüv cihazı

Etüvde bekletildikten sonra diğler, ağız ortamının taklit edilebilmesi amacıyla, her bir döngüde 5-55°C sıcaklıktaki su banyolarında 30’ar sn bekleme süresi ve 10 sn transfer süresi olmak üzere, 500 kez termal siklus işlemine (Nova, Konya, Türkiye) tabi tutuldu (Resim 13).



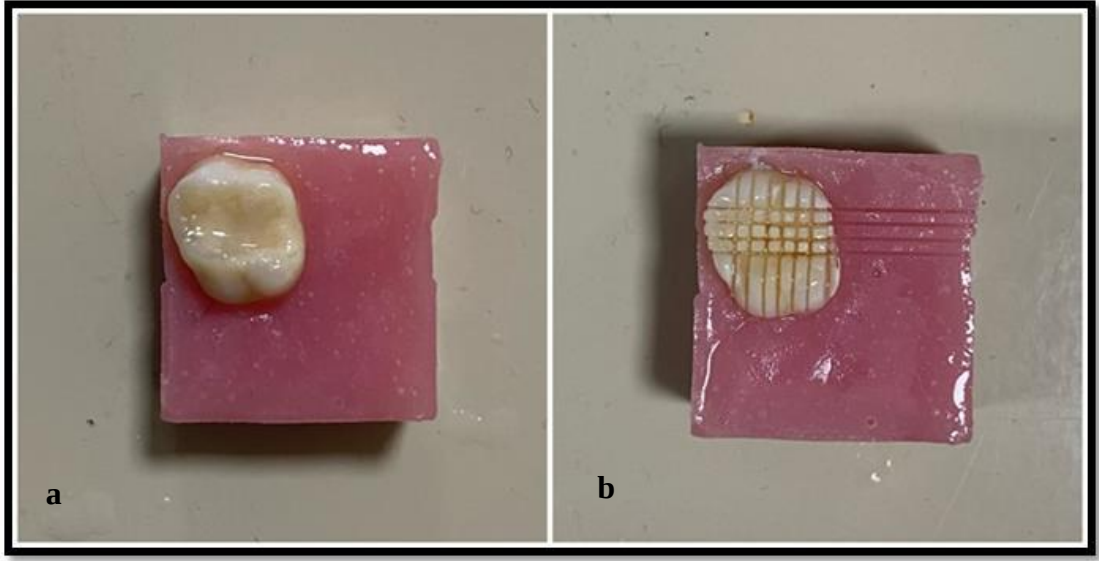
Resim 13. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı

3.8.1.1. Örneklerin Hazırlanması

Dişler, hassas kesim cihazına (Isomet Buehler, Lake Bluff, Illinois, Amerika) yerleştirilerek 1mm²'lik kesitler elde edildi (Resim 14.a, b, Resim 15.a, b). Elde edilen kesitlerin boyutları, dijital kumpas (Mitutoyo 500-182-30, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japonya) ile ölçülerek 1±0.1 mm olduğu saptandı.



Resim 14.a. Çalışmada kullanılan hassas kesim cihazı, **b.** Örneğin cihaza yerleştirilmesi



Resim 15.a. Mikro-gerilim testi için hazırlanan bir diş örneği, **b.** Hassas kesim cihazı ile mezio-distal ve bukko-lingual yönde yapılan kesim sonucu 1mm²'lik kesitlerin elde edilmesi

Dişlerin her birinden 3 adet kesit kullanılmak üzere, toplamda 60 adet kesit stereomikroskop (SZ-PT Olympus, Japonya) altında seçildi (Resim 16).



Resim 16. Mikro-gerilim testi uygulanmak üzere seçilen bir kesitin stereomikroskop görüntüsü

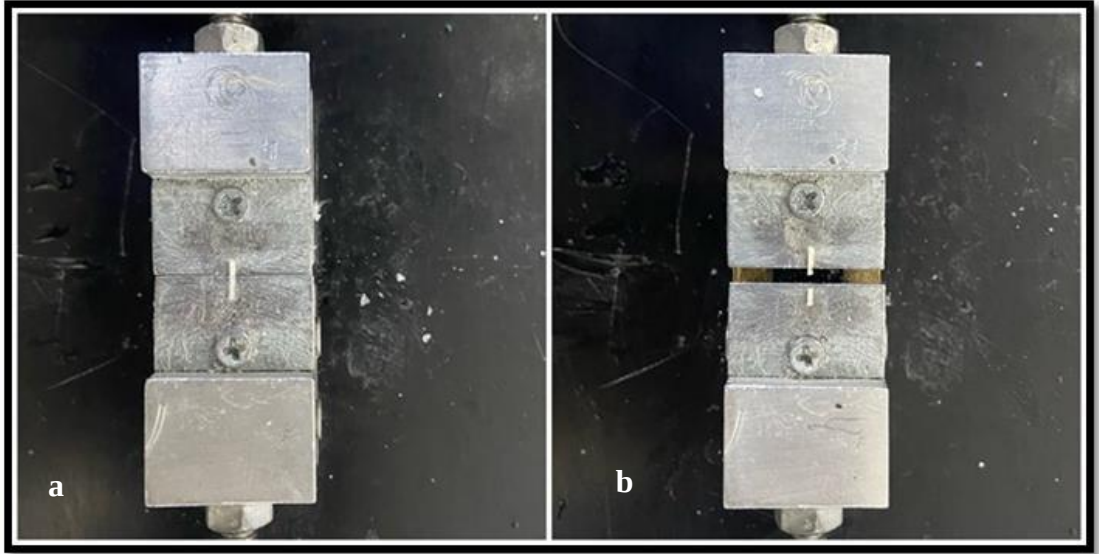
3.8.1.2. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Ölçümü

Elde edilen kesitler, siyanoakrilat hızlı yapıştırıcı (Pattex, Henkel, Türkiye) ile mikro-gerilim test cihazına (Microtensile Tester, Bisco, Schaumburg, IL, Amerika)

yapıştırıldı ve kopma gerçekleşene kadar örneklere 1 mm/dk hız ile gerilim kuvveti uygulandı (Resim 17, Resim 18.a, b).



Resim 17. Çalışmada kullanılan mikro-gerilim test cihazı



Resim 18.a. Elde edilen kesitin mikro-gerilim test cihazına yerleştirilmesi, **b.** Uygulanan gerilim kuvveti sonucunda kopmanın gerçekleşmesi

Kopma anında uygulanan gerilim kuvveti yüzey alanına bölünerek mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri megapascal (MPa) olarak hesaplandı (Şekil 4).

$$\text{Mikrogerilim bağlanma dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Kuvvet (Newton)}}{\text{Yüzey Alanı (mm}^2\text{)}}$$

Şekil 4. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin hesaplanması için kullanılan formül

3.8.1.3. Kopma Tipinin Belirlenmesi

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin ardından stereomikroskop (SZ-PT Olympus, Japonya) ile, 10x ve 20x büyütme altında kopma yüzeyleri incelendi (Resim 19). Bağlanma ara yüzündeki kopma çeşidi; adeziv, koheziv ve miks tip kopma olarak tanımlandı. Adeziv tabakada olan kopma yüzeyi “adeziv tip kopma”, dentin ya da restoratif materyalin içerisindeki kopma yüzeyi “koheziv tip kopma”, her ikisinin birlikte görüldüğü kopma yüzeyi ise “miks tip kopma” olarak değerlendirildi (273).



Resim 19. Çalışmada kullanılan stereomikroskop cihazı

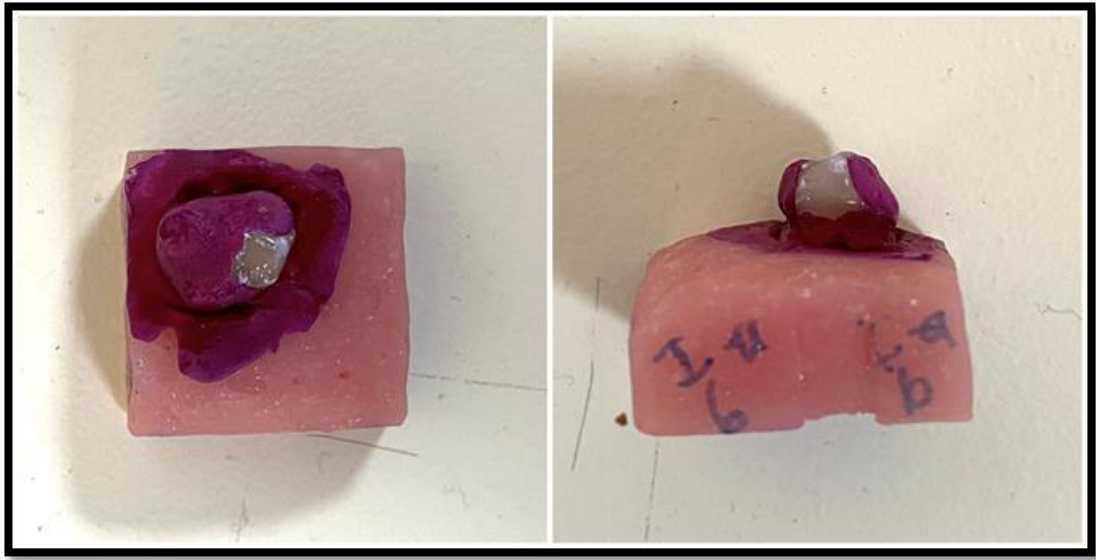
3.8.2. Mikrosızıntı Testi

Her bir alt gruptan 15 adet olmak üzere toplamda 60 adet diş, etüvde (EN 120, Nüve, Ankara, Türkiye) 37°C’de 24 saat distile su içerisinde bekletildi.

Etüvde bekletilen dişler, ağız ortamının taklit edilebilmesi amacıyla, her bir döngüde 5-55°C sıcaklıktaki su banyolarında 30'ar sn bekleme süresi ve 10 sn transfer süresi olmak üzere, 500 kez termal siklus işlemine (Nova, Konya, Türkiye) tabi tutuldu.

3.8.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Restorasyon kenarları 1 mm açıkta kalacak şekilde, tüm diş yüzeyleri ve akrilik ile birleşim bölgeleri iki kat tırnak cilası ile izole edildi (Resim 20).

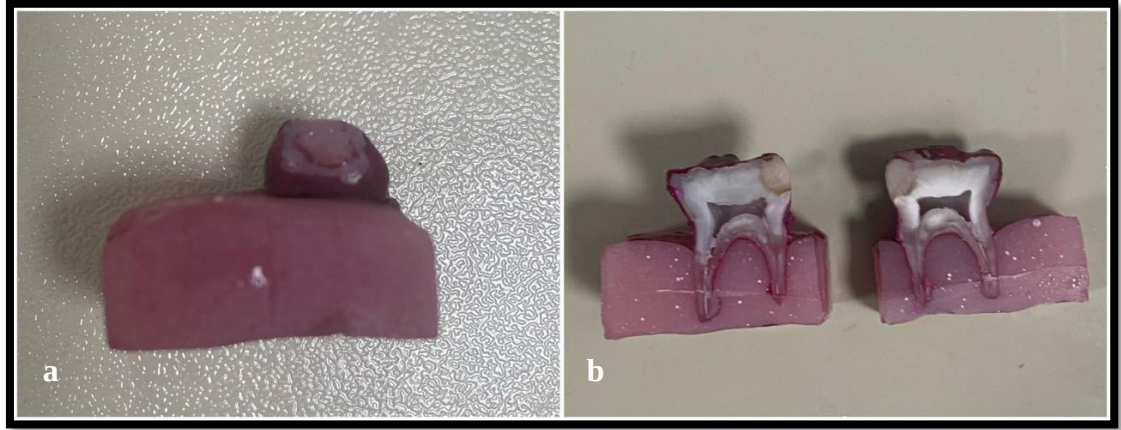


Resim 20. Restorasyon kenarlarının 1 mm çevresi harici tüm diş yüzeyleri ve akrilik ile birleşim bölgeleri iki kat tırnak cilası ile izole edilmiş diş örneği

Hazırlanan dişler, %0.5'lik bazik fuksin solüsyonu içerisinde, 37°C'de 24 saat etüvde bekletildi (Resim 21). Ardından solüsyondan çıkartılıp distile su altında yıkandı ve hava ile kurutuldu (Resim 22.a). Dişler, hassas kesim cihazı (Isomet Buehler, Lake Bluff, Illinois, Amerika) ile restorasyonun ortasından mezio-distal yönde kesildi (Resim 22.b).



Resim 21. Çalışmada kullanılan % 0.5'lik bazik fuksin solüsyonu



Resim 22.a. Solüsyonda bekletilen diş örneklerinin distile su ile yıkanarak boyadan arındırılması, **b.** Diş örneklerinin hassas kesim cihazı ile mezio-distal yönde kesilmesi

3.8.2.2. Mikrosızıntı Değerlendirmesi

Mikrosızıntı değerlendirme, kesit alınan örneklerin stereomikroskop (SZ-PT Olympus, JAPONYA) altında 10x ve 20x büyütmede incelenmesi ile yapıldı. Elde edilen görüntüler, stereomikroskoba bağlı dijital fotoğraf makinesi ile fotoğraflandı ve bilgisayara aktarıldı.

Bilgisayara aktarılan görüntüler üzerinden yapılan incelemede, gingival ve okluzal boya penetrasyon derecesi, 0 ile 4 arasında skorlanarak değerlendirildi (274), (Tablo 9).

Tablo 9. Mikrosızıntı değerlendirme skalası (Milleding, 1992)

0	Sızıntı yok.
1	Sadece mine duvarı boyunca olan ve mine-dentin birleşimini içermeyen sızıntı var.
2	Mine-dentin birleşimine ulaşan veya aşan sızıntı var.
3	Kavite tabanına ulaşan sızıntı var.
4	Pulpa dokusuna ulaşan sızıntı var.

3.9. Verilerin İstatistiksel Analizi

Araştırmada elde edilen veriler SPSS 25.0 (Statistical Package for Social Sciences, IBM SPSS Inc., Chicago, Amerika) paket programı kullanılarak analiz edildi. Veriler değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotlar (ortalama, standart sapma, minimum, medyan ve maksimum) kullanıldı. Kullanılan verilerin normal dağılım gösterip göstermedikleri Kolmogorov Smirnov ve Shapiro Wilk testleri ile test edildi. Normal dağılıma sahip ölçümler için parametrik testler, normal dağılıma sahip olmayan ölçümler için parametrik olmayan testler kullanıldı. Niceliksel verilerin karşılaştırılmasında ikiden fazla grup arasındaki fark, normal dağılıma sahip ölçümlerde ANOVA ile, normal dağılıma sahip olmayan ölçümler için ise Kruskal Wallis analizi ile değerlendirildi. İstatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğunda, farklılığın hangi ölçüm ya da gruplar arasında olduğunu tespit edebilmek için Bonferroni analizi yapıldı. Birbirinden bağımsız iki kategorik değişken arasındaki ilişki ise ki-kare analizi ile test edilerek bulgular paylaşıldı. $p < 0,05$, istatistiksel olarak önemli kabul edildi.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, atravmatik restoratif teknik ve BRIX 3000 jelin kullanıldığı kemomekanik teknik ile çürük dokusu uzaklaştırılan ve Equia Forte HT hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Dyract XP kompomer materyalleri ile restore edilen süt azı dişlerinde; işlem süreleri, mikro-gerilim bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı değerleri karşılaştırılmaktadır.

4.1. İşlem Süresine Ait Bulgular

Mikro-gerilim ve mikrosızıntı testleri için okluzal ve okluzoproksimal çürüklü dişlerden oluşturulan çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığı, normal dağılıma sahip ölçümler için Varyans analizi (ANOVA) ile test edildi. Analiz sonuçlarına göre çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Farklılığın hangi iki grup arasında olduğunu belirlemek için Bonferroni analizi yapıldı.

Çürük temizleme süresinin, BRIX kullanılan çalışma gruplarında, ART kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu görüldü. Restorasyon süresinin, Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarında, Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu tespit edildi. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, diğer tüm çalışma gruplarına kıyasla daha fazla olduğu; 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, diğer tüm çalışma gruplarına kıyasla daha az olduğu bulundu ($p<0,05$).

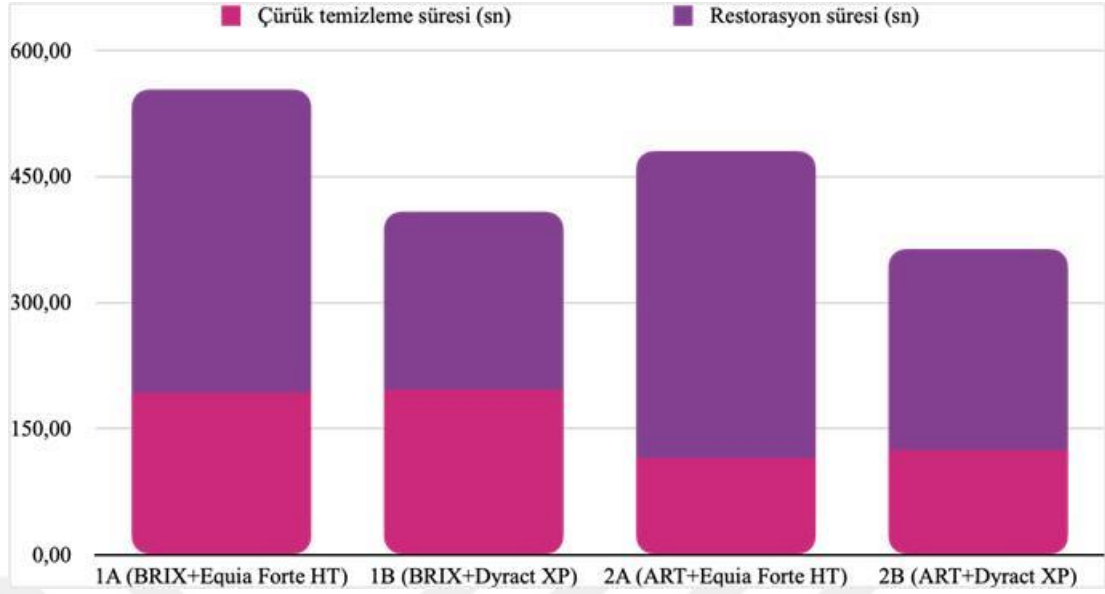
Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması Tablo 10 ve Şekil 5'te sunulmaktadır.

Tablo 10. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması

		n	Min	Medyan	Max	$\bar{x}$	SS	F	p	Bonferroni
Çürük temizleme süresi (sn)	1A (BE)	20	158,00	193,00	242,00	192,70	24,56	45,580	0,000*	1A>2A
	1B (BD)	20	147,00	191,50	279,00	196,90	35,61			1A>2B
	2A (AE)	20	68,00	119,50	166,00	114,70	29,63			1B>2A
	2B (AD)	20	82,00	117,50	167,00	124,10	24,66			1B>2B
	Toplam	80	68,00	159,00	279,00	157,10	47,54			
Restorasyon süresi (sn)	1A (BE)	20	334,00	357,00	384,00	360,80	11,16	238,695	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	20	172,00	209,00	253,00	210,80	23,21			1A>2B
	2A (AE)	20	312,00	358,00	414,00	365,25	26,20			2A>1B
	2B (AD)	20	191,00	241,50	299,00	239,35	28,68			2A>2B
	Toplam	80	172,00	305,50	414,00	294,05	73,80			
Toplam işlem süresi (sn)	1A (BE)	20	517,00	552,00	597,00	553,50	25,51	92,470	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	20	324,00	407,50	526,00	407,70	54,57			1A>2A
	2A (AE)	20	432,00	478,50	541,00	479,95	33,26			1A>2B
	2B (AD)	20	306,00	360,50	412,00	363,45	35,88			2A>2B
	Toplam	80	306,00	447,50	597,00	451,15	82,07			1B>2B

F: Varyans Analizi (ANOVA) test istatistiği, * $p<0,05$

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 5. İşlem süresine ait değerlerin çalışma gruplarına göre dağılımı

4.1.1. Okluzal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Bulgular

Mikro-gerilim testinde kullanılmak üzere okluzal çürüklü dişlerden oluşturulan çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığı normal dağılıma sahip ölçümler için Varyans analizi (ANOVA) ile test edildi. Analiz sonucuna göre çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Farklılığın hangi iki grup arasında olduğunu belirlemek için Bonferroni analizi yapıldı.

Çürük temizleme süresinin, BRIX kullanılan çalışma gruplarında, ART kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu görüldü. Restorasyon süresinin, Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarında, Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu bulundu. Ek olarak restorasyon süresinin, 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunda, 1B (BRIX+Dyract XP) çalışma grubuna göre daha fazla olduğu bulundu. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, restoratif materyal olarak Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu tespit edildi. 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, restoratif materyal olarak Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarına göre daha kısa olduğu tespit edildi ($p<0,05$).

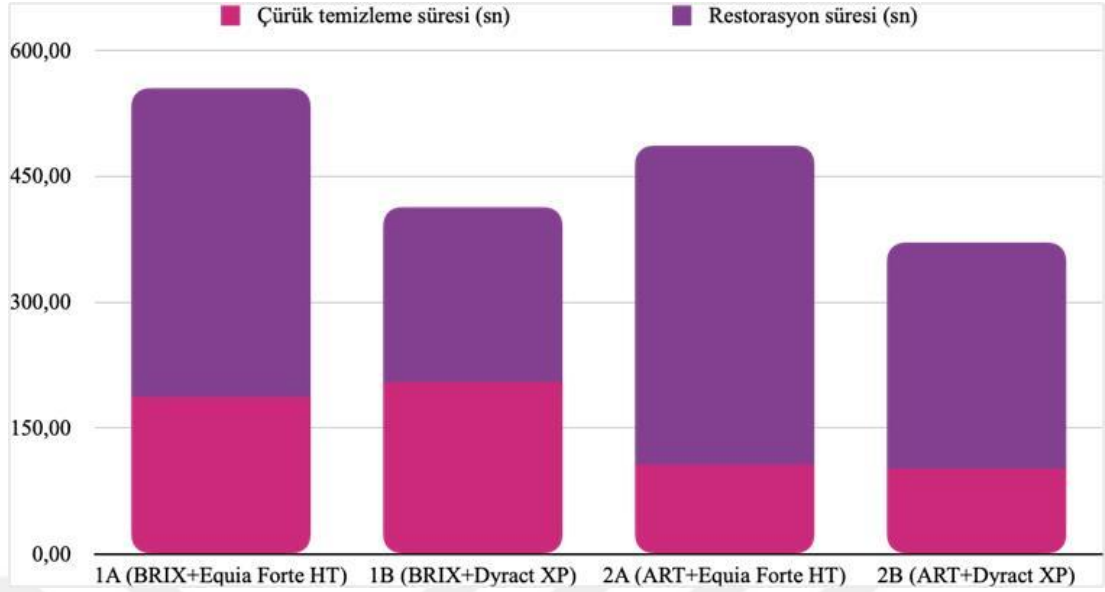
Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması Tablo 11 ve Şekil 6’da sunulmaktadır.

Tablo 11. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin okluzal çalışma grupları bakımından karşılaştırılması

		n	Min	Medyan	Max	$\bar{x}$	SS	F	p	Bonferroni
Çürük temizleme süresi (sn)	1A (BE)	5	168,00	190,00	200,00	187,20	13,66	15,024	0,000*	1A>2A
	1B (BD)	5	163,00	188,00	279,00	204,60	46,13			1A>2B
	2A (AE)	5	68,00	117,00	144,00	107,20	33,24			1B>2A
	2B (AD)	5	82,00	100,00	131,00	102,40	18,31			1B>2B
	Toplam	20	68,00	153,50	279,00	150,35	54,93			
Restorasyon süresi (sn)	1A (BE)	5	356,00	367,00	384,00	367,80	10,13	46,987	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	5	172,00	216,00	247,00	208,40	29,16			1A>2B
	2A (AE)	5	350,00	377,00	414,00	379,20	27,38			2A>1B
	2B (AD)	5	217,00	279,00	299,00	268,20	33,97			2B>1B
	Toplam	20	172,00	324,50	414,00	305,90	76,81			2A>2B
Toplam işlem süresi (sn)	1A (BE)	5	535,00	556,00	574,00	555,00	15,84	18,803	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	5	335,00	407,00	526,00	413,00	73,64			1A>2B
	2A (AE)	5	476,00	482,00	500,00	486,40	10,14			2A>2B
	2B (AD)	5	317,00	376,00	410,00	370,60	35,61			
	Toplam	20	317,00	478,00	574,00	456,25	81,92			

F: Varyans Analizi (ANOVA) test istatistiği, * $p<0,05$

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 6. İşlem süresine ait değerlerin okluzal çürüklü çalışma gruplarına göre dağılımı

4.1.2. Okluzoprosimal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Bulgular

Mikrosızıntı testinde kullanılmak üzere okluzoprosimal çürüklü dişlerden oluşturulan çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığı normal dağılıma sahip ölçümler için Varyans analizi (ANOVA) ile test edildi. Analiz sonucuna göre çalışma gruplarının çürük temizleme, restorasyon ve toplam işlem süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Farklılığın hangi iki grup arasında olduğunu belirlemek için Bonferroni analizi yapıldı.

Çürük temizleme süresinin, BRIX kullanılan çalışma gruplarında, ART kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu görüldü. Restorasyon süresinin, Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarında, Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu bulundu. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, diğer tüm çalışma gruplarına kıyasla daha fazla olduğu; 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, diğer tüm çalışma gruplarına kıyasla daha az olduğu tespit edildi. Ek olarak, 2A (ART+Equia Forte HT) çalışma grubunun toplam işlem süresinin, 1B (BRIX+Dyract XP) grubuna göre daha fazla olduğu saptandı ($p<0,05$).

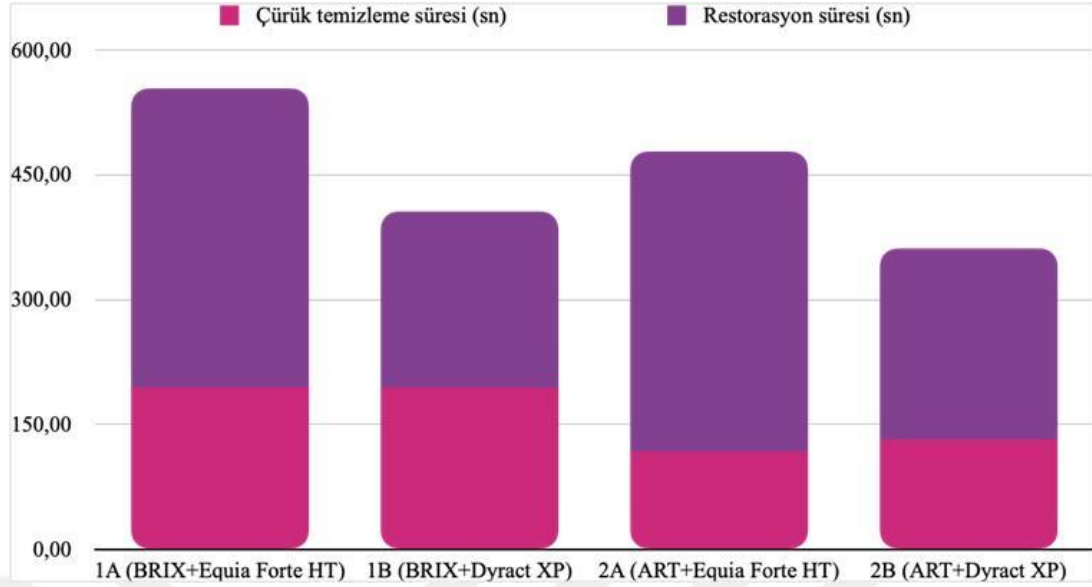
Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması Tablo 12 ve Şekil 7’de sunulmaktadır.

Tablo 12. Çürük temizleme süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresinin okluzoproksimal çalışma grupları bakımından karşılaştırılması

		n	Min	Medyan	Max	$\bar{x}$	SS	F	p	Bonferroni
Çürük temizleme süresi (sn)	1A (BE)	15	158,00	196,00	242,00	194,53	27,41	31,497	0,000*	1A>2A
	1B (BD)	15	147,00	195,00	253,00	194,33	32,93			1A>2B
	2A (AE)	15	78,00	122,00	166,00	117,20	29,14			1B>2A
	2B (AD)	15	102,00	130,00	167,00	131,33	22,47			1B>2B
	Toplam	60	78,00	159,00	253,00	159,35	45,10			
Restorasyon süresi (sn)	1A (BE)	15	334,00	356,00	378,00	358,47	10,79	240,514	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	15	176,00	208,00	253,00	211,60	22,04			1A>2B
	2A (AE)	15	312,00	357,00	401,00	360,60	24,99			2A>1B
	2B (AD)	15	191,00	232,00	257,00	229,73	19,76			2A>2B
	Toplam	60	176,00	284,50	401,00	290,10	73,00			
Toplam işlem süresi (sn)	1A (BE)	15	517,00	552,00	597,00	553,00	28,47	69,586	0,000*	1A>1B
	1B (BD)	15	324,00	408,00	506,00	405,93	49,79			1A>2A
	2A (AE)	15	432,00	476,00	541,00	477,80	38,10			1A>2B
	2B (AD)	15	306,00	358,00	412,00	361,07	36,88			2A>1B
	Toplam	60	306,00	438,00	597,00	449,45	82,24			2A>2B
										1B>2B

*F: Varyans Analizi (ANOVA) test istatistiği, *p<0,05*

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 7. İşlem süresine ait değerlerin okluzal çürüklü çalışma gruplarına göre dağılımı

4.2. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Değerlerine Ait Bulgular

Çalışma gruplarının mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığı normal dağılıma sahip ölçümler için Varyans analizi (ANOVA) ile test edildi. Analiz sonucuna göre çalışma gruplarının mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Farklılığın hangi iki grup arasında olduğunu belirlemek için Bonferroni analizi yapıldı.

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin, BRIX kullanılan tüm çalışma gruplarında, ART kullanılan çalışma gruplarına göre daha fazla olduğu görüldü ($p<0,05$). Restorasyon materyalinden kaynaklı önemli bir farklılık saptanmadı. Equia Forte HT kullanılan çalışma gruplarının mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin, Dyract XP kullanılan çalışma gruplarına göre daha yüksek olduğu ancak anlamlı bir farklılığın görülmediği tespit edildi.

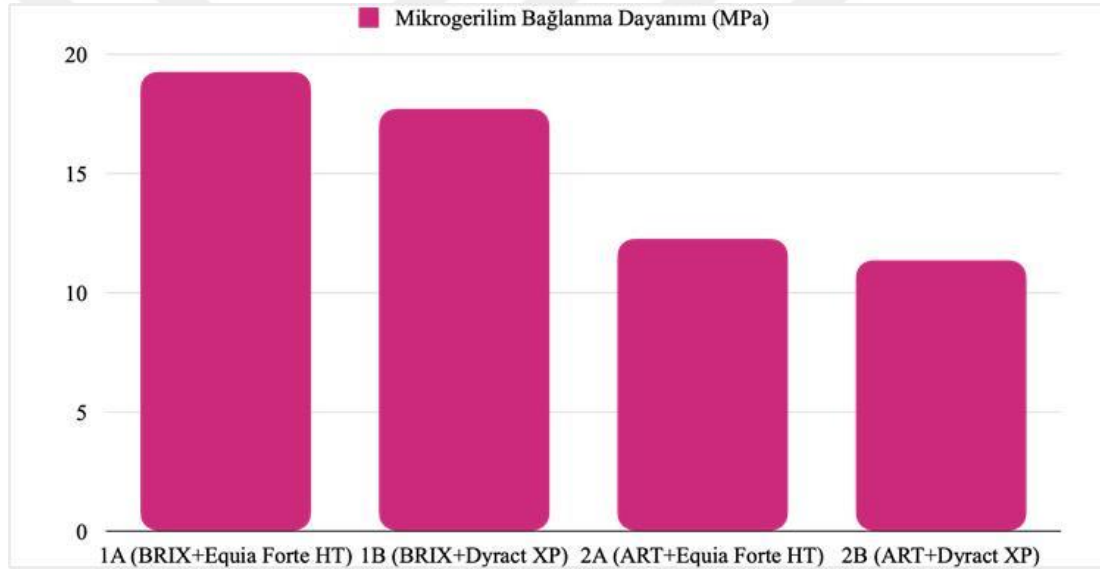
Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin çalışma grupları bakımından karşılaştırılması Tablo 13 ve Şekil 8’de sunulmaktadır.

Tablo 13. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin çalışma gruplarına göre karşılaştırılması

		n	Min	Medyan	Max	$\bar{x}$	SS	F	p	Bonferroni
Mikrogerilim bağlanma dayanımı (MPa)	1A (BE)	15	13,80	19,20	24,50	19,26	3,00	40,494	0,000*	1A>2A
	1B (BD)	15	12,30	17,50	22,70	17,69	2,88			1A>2B
	2A (AE)	15	9,20	12,20	15,10	12,24	1,66			1B>2A
	2B (AD)	15	8,20	11,30	14,20	11,36	1,66			1B>2B
	Toplam	60	8,20	14,25	24,50	15,14	4,14			

F: Varyans Analizi (ANOVA) test istatistiği, * $p<0,05$

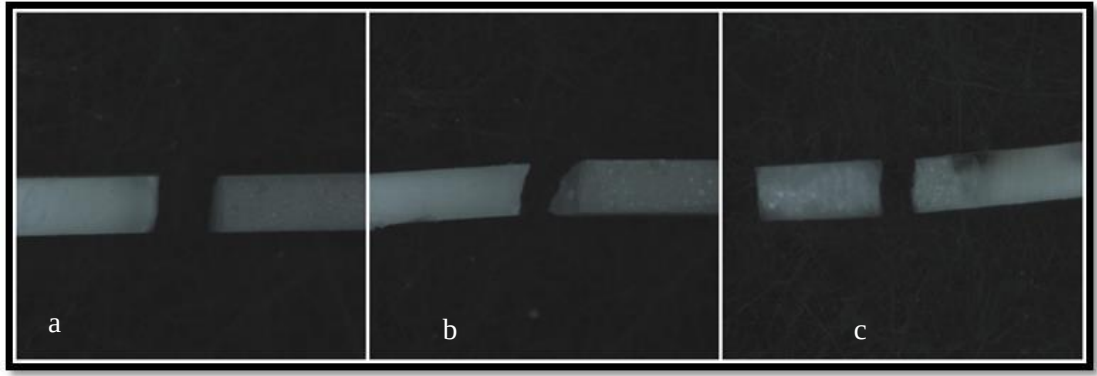
BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



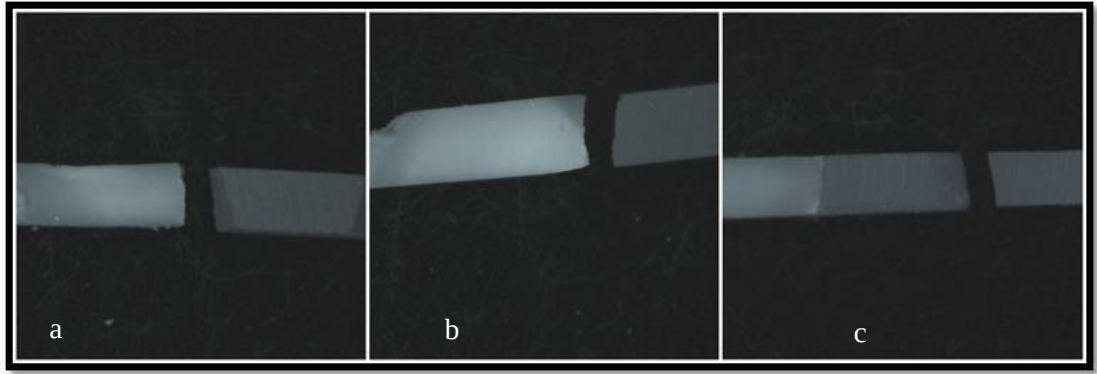
Şekil 8. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin çalışma gruplarına göre dağılımı

4.2.1. Kopma Tipi Analizine Ait Bulgular

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin ardından stereomikroskop ile 20x büyütme altında kopma yüzeyleri incelendi (Resim 23, 24). Bağlanma ara yüzündeki kopma çeşidi; adeziv, koheziv ve miks tip kopma olmak üzere tanımlandı. Adeziv tabakada olan kopma yüzeyi “adeziv tip kopma”, dentin ya da restoratif materyalin içerisindeki kopma yüzeyi “koheziv tip kopma”, her ikisinin birlikte görüldüğü kopma yüzeyi ise “miks tip” kopma olarak değerlendirildi.



Resim 23. Equia Forte HT restoratif materyaline ait stereomikroskop görüntüleri (a: adeziv tip kopma, b: miks tip kopma, c: koheziv tip kopma)



Resim 24. Dyract XP restoratif materyaline ait stereomikroskop görüntüleri (a: adeziv tip kopma, b: miks tip kopma, c: koheziv tip kopma)

Çalışma gruplarında görülen kopma tiplerinin dağılımı Tablo 14, Şekil 9 ve 10'da sunulmaktadır. BRIX ve Equia Forte HT kullanılan çalışma grubunda en fazla koheziv tip kopma, diğer gruplarda ise en fazla adeziv tip kopma tespit edildi. Çalışma grupları ile kopma tipleri arasındaki değerlendirme ki-kare bağımsızlık analizi ile yapıldı. Analiz sonucuna göre, çalışma grupları ile kopma tipleri arasında hesaplanan ki-kare test istatistiği 1,120 olup, istatistiksel olarak önemli değildir.

Çalışma grupları arasında kopma tipi bakımından farklılık olmaması nedeniyle, grup gözetmeksizin, kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı Kruskal Wallis analizi ile test edildi. Analiz sonucuna göre, kopma tiplerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edildi ($p < 0,05$). Farklılığın hangi iki grup arasında olduğunu tespit edebilmek için Bonferroni analizi yapıldı. Analiz sonucuna göre, kopma türüne göre mikro-gerilim

bağlanma dayanımı değerlerinin sıralamasının “koheziv>miks>adeziv” olarak görüldü ancak yalnızca adeziv ve koheziv tip kopma arasındaki fark anlamlı bulundu.

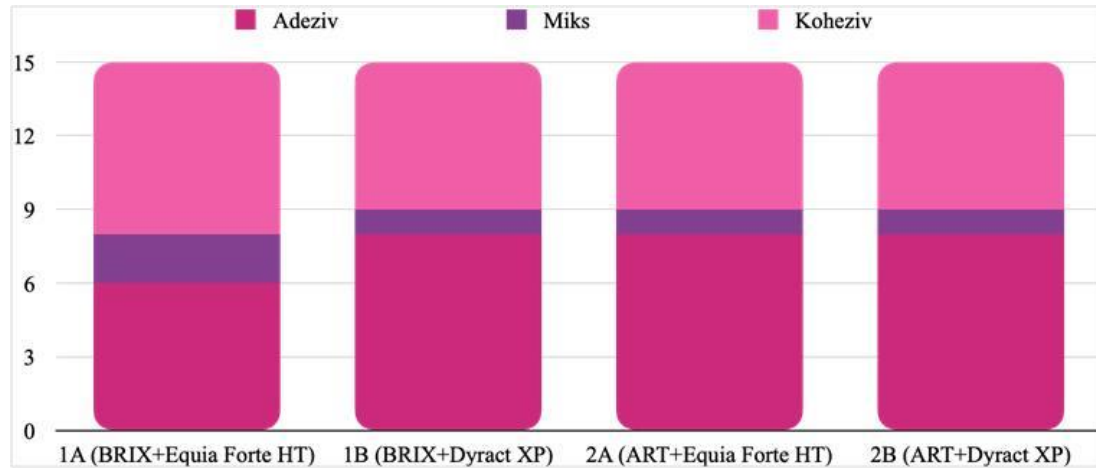
Kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri karşılaştırma analizi sonuçları Tablo 15 ve Şekil 11’de sunulmaktadır.

Tablo 14. Çalışma gruplarında görülen kopma tiplerinin dağılımı

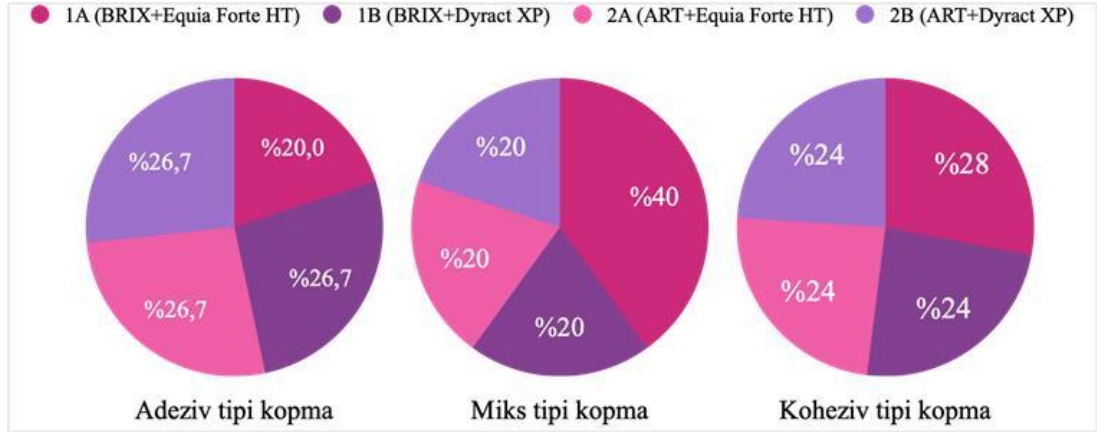
		Kopma tipi			Toplam	X ²	p
		Adeziv	Miks	Koheziv			
1A (BE)	n	6	2	7	15	1,120	0,987
	%sadır	40,0	13,3	46,7	100,0		
	%sütun	20,0	40,0	28,0	25,0		
1B (BD)	n	8	1	6	15		
	%sadır	53,3	6,7	40,0	100,0		
	%sütun	26,7	20,0	24,0	25,0		
2A (AE)	n	8	1	6	15		
	%sadır	53,3	6,7	40,0	100,0		
	%sütun	26,7	20,0	24,0	25,0		
2B (AD)	n	8	1	6	15		
	%sadır	53,3	6,7	40,0	100,0		
	%sütun	26,7	20,0	24,0	25,0		
Toplam	n	30	5	25	60		
	%sadır	50,0	8,3	41,7	100,0		
	%sütun	100,0	100,0	100,0	100,0		

X²: Ki kare test istatistiği, p>0,05

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 9. Kopma tiplerinin çalışma gruplarına göre dağılımı

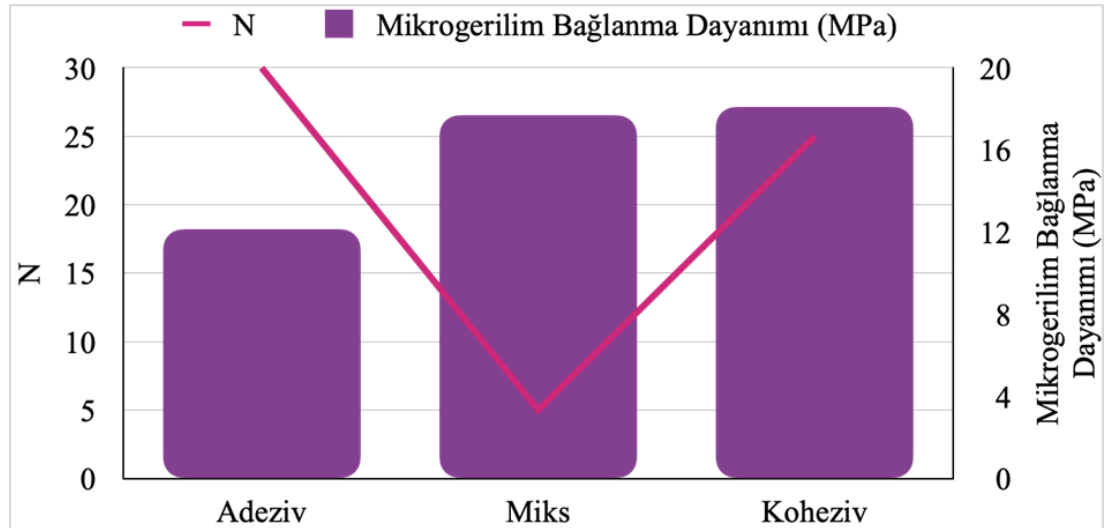


Şekil 10. Çalışma gruplarının kopma tiplerine göre yüzdelik dağılımı

Tablo 15. Kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri karşılaştırma analizi sonuçları

		n	Min	Medyan	Max	$\bar{x}$	SS	X ²	p	Bonferroni
Mikrogerilim bağlanma dayanımı (MPa)	Adeziv	30	8,20	12,15	19,20	13,18	3,15	15,046	0,001*	Adeziv<Koheziv
	Miks	5	11,40	17,70	19,50	15,84	3,63			
	Koheziv	25	11,60	18,10	24,50	17,35	4,24			
	Toplam	60	8,20	14,25	24,50	15,14	4,14			

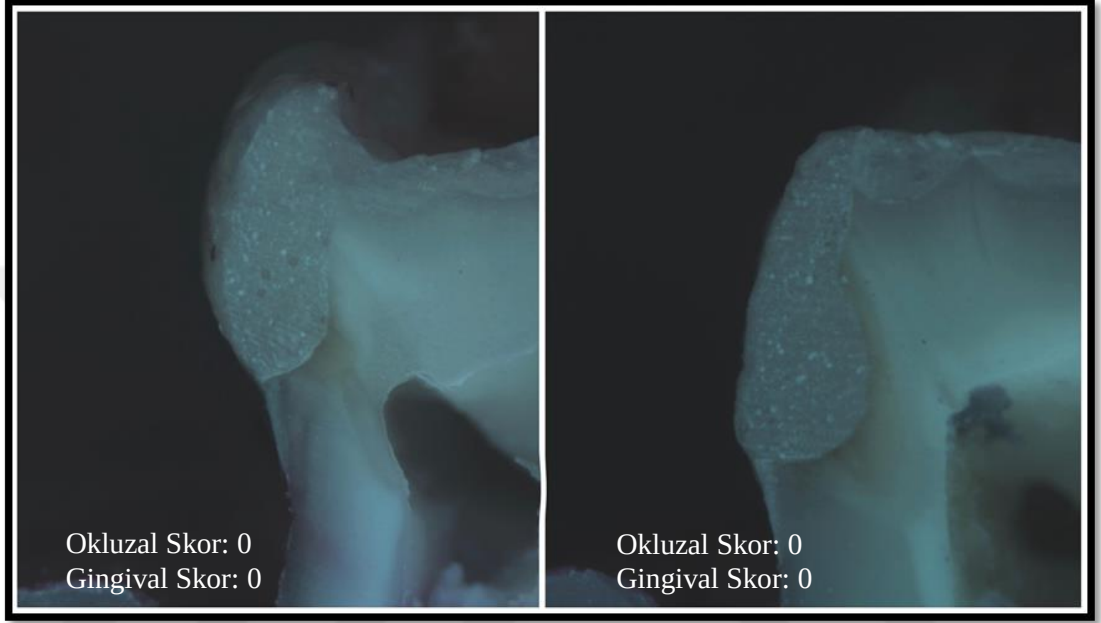
X²: Kruskal Wallis test istatistiği, *p<0,05



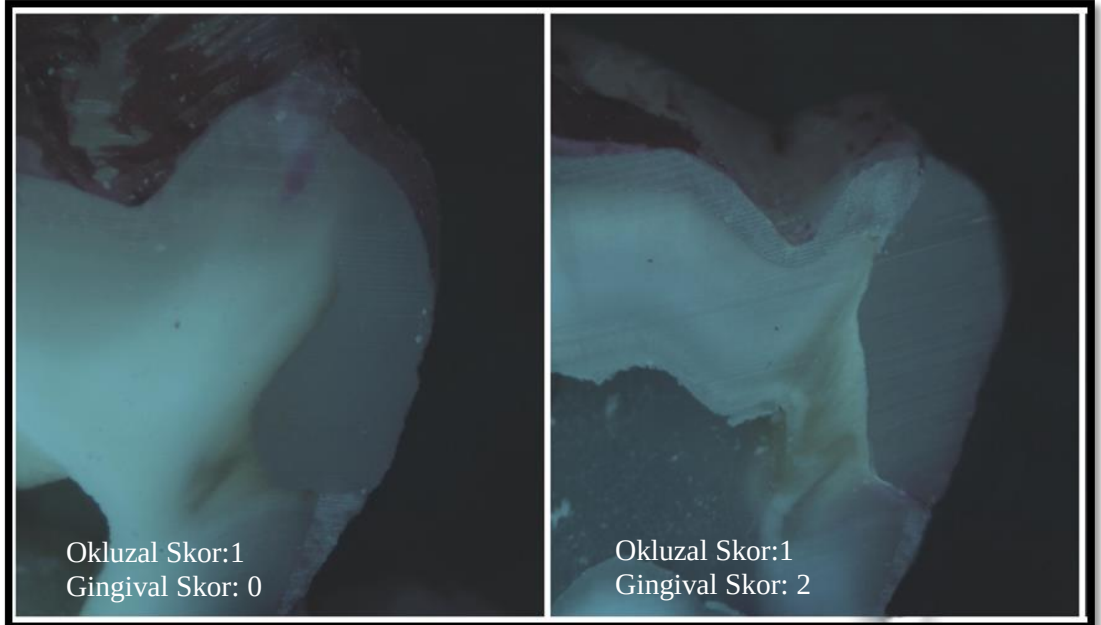
Şekil 11. Kopma tipine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin ve örnek sayılarının dağılımı

4.3. Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular

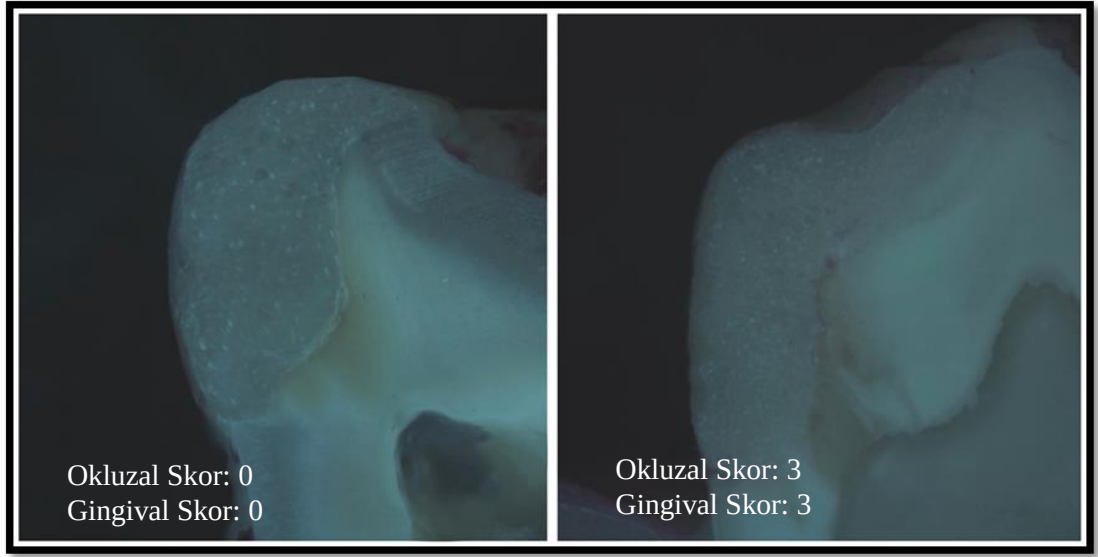
Mikrosızıntı değerlendirmesi için kesit alınan örneklerin stereomikroskop altında 20x büyütmede incelenmesi ile elde edilen görüntüler, Resim 25, 26, 27 ve 28’de sunulmaktadır. Elde edilen görüntüler üzerinden yapılan incelemede, gingival ve okluzal boya penetrasyon derecesi 0 ile 4 arasında skorlanarak değerlendirilmiştir.



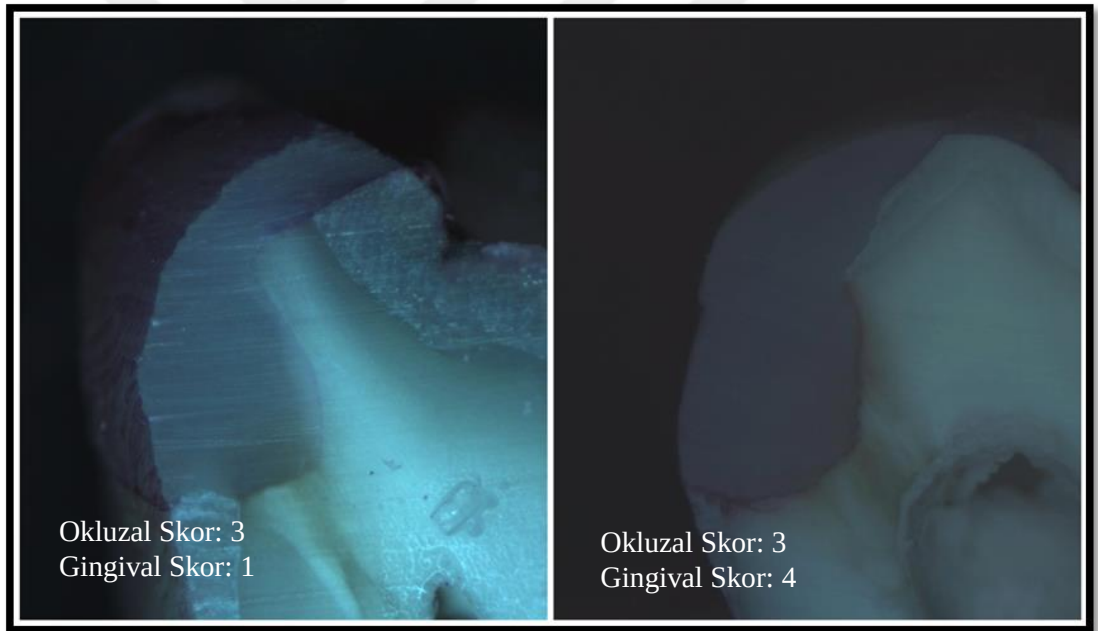
Resim 25. Grup 1A’ya (BRIX+Equia Forte HT) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri



Resim 26. Grup 1B’ye (BRIX+Dyract XP) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri



Resim 27. Grup 2A'ya (ART+Equia Forte HT) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri



Resim 28. Grup 2B'ye (ART+Dyract XP) ait 20x büyütmede stereomikroskop görüntüleri

4.3.1. Okluzal Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular

Çalışma grupları ile okluzal mikrosızıntı skorları arasındaki istatistiksel değerlendirme, Fisher Exact ki-kare analizi ile yapıldı. Analiz sonucuna göre, okluzal mikrosızıntı skoru ile çalışma grupları arasında hesaplanan Fisher Exact ki-kare test istatistiği 21,194 olup, istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Okluzal mikrosızıntı

skorlarının çalışma gruplarına göre dağılımı Tablo 16, Şekil 12 ve 13'te gösterilmektedir.

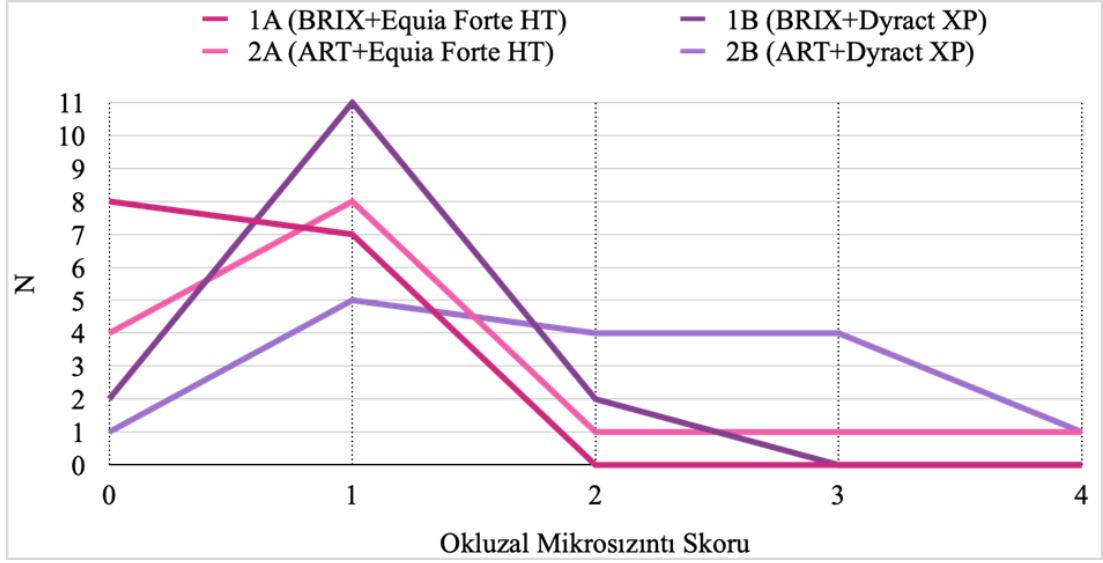
Diş dokusu ve restoratif materyal arasında okluzal mikrosızıntının saptanmadığı “0” skorunun en fazla 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunda, en az 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunda görüldüğü tespit edildi. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunda en fazla görülen okluzal mikrosızıntı skorunun “0”; 1B (BRIX+Dyract XP), 2A (ART+Equia Forte HT) ve 2B (ART+Dyract XP) çalışma gruplarında ise “1” olduğu bulundu. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunda “2”, “3” ve “4”; 1B (BRIX+Dyract XP) çalışma grubunda “3” ve “4” okluzal mikrosızıntı skorlarına rastlanmadı. “3” skoru, çalışma grupları arasında en fazla 2B (ART+Dyract XP) grubunda görüldü ($p<0,05$).

Tablo 16. Okluzal mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre dağılımı

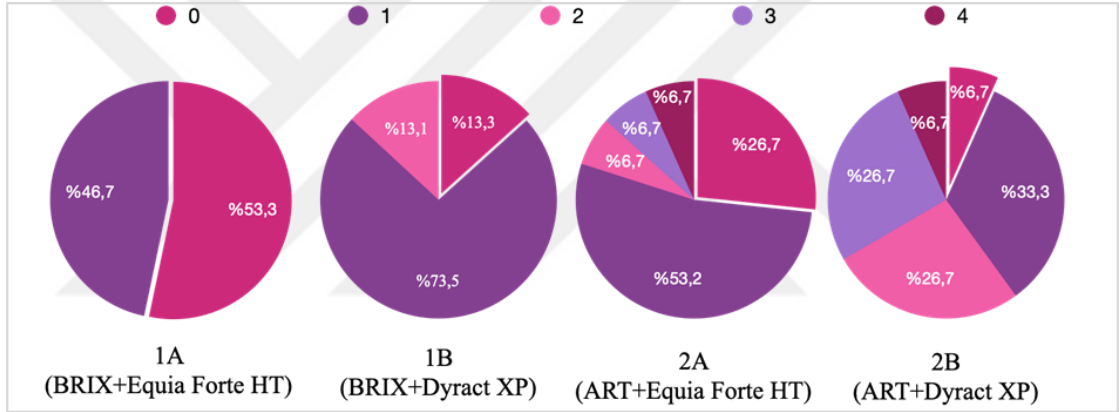
			Çalışma Grubu				
			1A (BE)	1B (BD)	2A (AE)	2B (AD)	Total
Okluzal Mikrosızıntı Skoru	0	n	8	2	4	1	15
		Satır %	53,3	13,3	26,7	6,7	100,0
		Sütun %	53,3	13,3	26,7	6,7	25,0
	1	n	7	11	8	5	31
		Satır %	22,6	35,5	25,8	16,1	100,0
		Sütun %	46,7	73,3	53,3	33,3	51,7
	2	n	0	2	1	4	7
		Satır %	0,0	28,6	14,3	57,1	100,0
		Sütun %	0,0	13,3	6,7	26,7	11,7
	3	n	0	0	1	4	5
		Satır %	0,0	0,0	20,0	80,0	100,0
		Sütun %	0,0	0,0	6,7	26,7	8,3
	4	n	0	0	1	1	2
		Satır %	0,0	0,0	50,0	50,0	100,0
		Sütun %	0,0	0,0	6,7	6,7	3,3
Total	n	15	15	15	15	60	
	Satır %	25,0	25,0	25,0	25,0	100,0	
	Sütun %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

X²:Fisher Exact ki kare test istatistiği, $p=0,008^*$

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 12. Çalışma gruplarının okluzal mikrosızıntı skorlarına göre dağılımı



Şekil 13. Okluzal mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre yüzdelik dağılımı

4.3.2. Gingival Mikrosızıntı Değerlendirmesine Ait Bulgular

Çalışma grupları ile gingival mikrosızıntı skorları arasındaki istatistiksel değerlendirme, Fisher Exact ki-kare analizi ile yapıldı. Analiz sonucuna göre, gingival mikrosızıntı skoru ile çalışma grupları arasında hesaplanan Fisher Exact ki-kare test istatistiği 31,779 olup, istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Gingival mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre dağılımı Tablo 17, Şekil 14 ve 15'te gösterilmektedir.

Diş dokusu ve restoratif materyal arasında gingival mikrosızıntının saptanmadığı "0" skorunun en fazla 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunda görüldüğü, 2B (ART+Dyract XP) çalışma grubunda ise "0" skoru bulunmadığı tespit

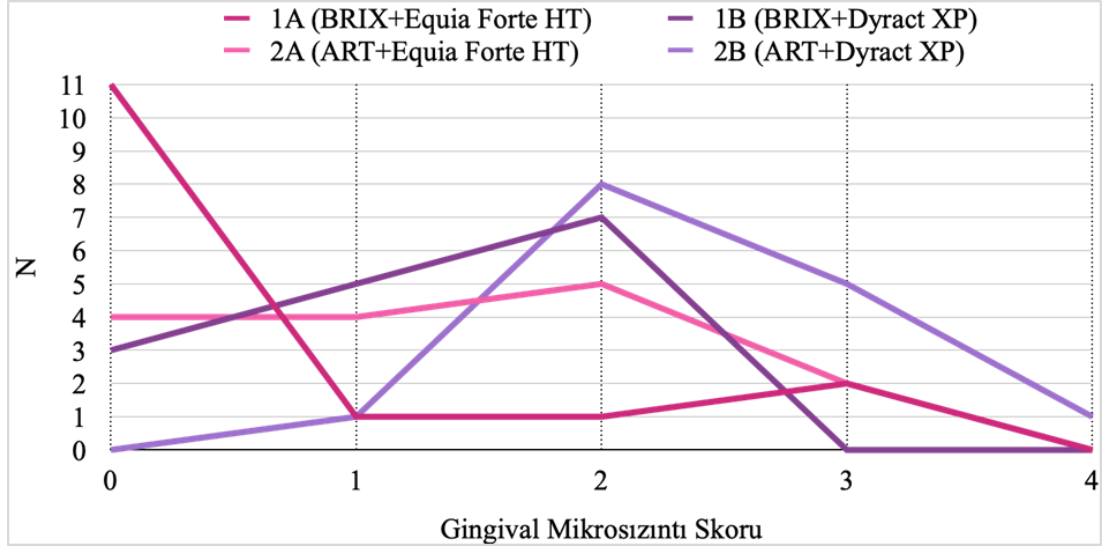
edildi. 1A (BRIX+Equia Forte HT) çalışma grubunda en fazla görülen gingival mikrosızıntı skorunun “0”; 1B (BRIX+Dyract XP), 2A (ART+Equia Forte HT) ve 2B (ART+Dyract XP) çalışma gruplarında ise “2” olduğu bulundu. 1A (BRIX+Equia Forte HT) ve 2A (ART+Equia Forte HT) çalışma gruplarında “4”; 1B (BRIX+Dyract XP) çalışma grubunda “3” ve “4” gingival mikrosızıntı skorlarına rastlanmadı. “3” ve “4” skoru, çalışma grupları arasında en fazla 2B (ART+Dyract XP) grubunda görüldü ($p<0,05$).

Tablo 17. *Gingival mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre dağılımı*

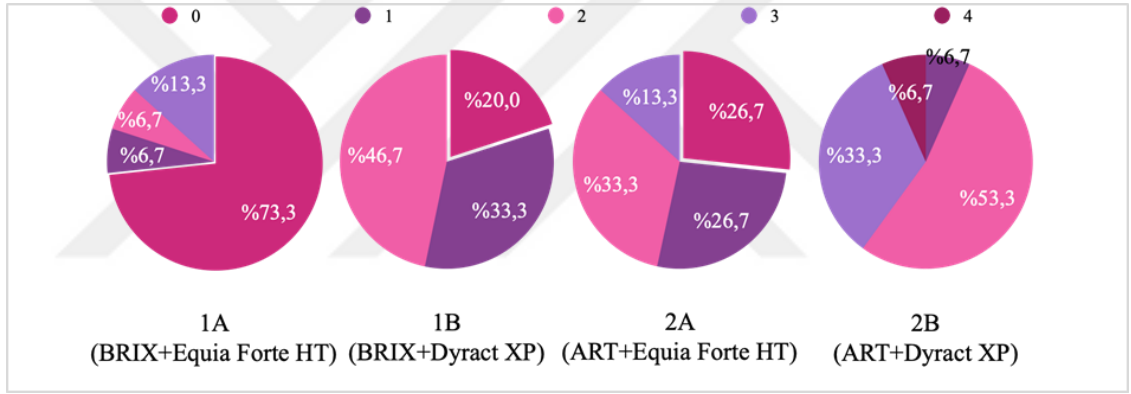
			Çalışma Grubu				Total
			1A (BE)	1B (BD)	2A (AE)	2B (AD)	
Gingival Mikrosızıntı Skoru	0	n	11	3	4	0	18
		Satır %	61,1	16,7	22,2	0,0	100,0
		Sütun %	73,3	20,0	26,7	0,0	30,0
	1	n	1	5	4	1	11
		Satır %	9,1	45,5	36,4	9,1	100,0
		Sütun %	6,7	33,3	26,7	6,7	18,3
	2	n	1	7	5	8	21
		Satır %	4,8	33,3	23,8	38,1	100,0
		Sütun %	6,7	46,7	33,3	53,3	35,0
	3	n	2	0	2	5	9
		Satır %	22,2	0,0	22,2	55,6	100,0
		Sütun %	13,3	0,0	13,3	33,3	15,0
	4	n	0	0	0	1	1
		Satır %	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
		Sütun %	0,0	0,0	0,0	6,7	1,7
	Total	n	15	15	15	15	60
		Satır %	25,0	25,0	25,0	25,0	100,0
		Sütun %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

X^2 :Fisher Exact Ki kare test istatistiği, $p=0,001^*$

BE: BRIX+Equia Forte HT, BD: BRIX+Dyract XP, AE:ART+Equia Forte HT, AD:ART+Dyract XP



Şekil 14. Çalışma gruplarının gingival mikrosızıntı skorlarına göre dağılımı



Şekil 15. Gingival mikrosızıntı skorlarının çalışma gruplarına göre yüzdelik dağılımı

5. TARTIŞMA

Ağrı ve korku, çocukların ağız ve diş sağlığı ile ilgili davranışları üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Çocuk hastaların yeterli psikolojik ve duygusal olgunluğa ulaşmamış olmaları nedeniyle toleranslarının düşük olması, diş tedavileri sürecinde uyum problemleri yaratabilmektedir. Tedavi edilmemiş dişler ve ağrının, çocukluk çağında kaygı oluşumuna sebep olan en önemli nedenlerden olduğu bildirilmiştir (275). Bu yaşlardaki çocukların, alışkanlıklar edinecekleri ve bu alışkanlıkları yaşam boyu sürdürecekleri düşünüldüğünde; tedavi edilmemiş çürük süt dişlerinin, sadece çocukluk döneminde değil yaşamın ilerleyen dönemlerinde de olumsuz etkileri söz konusudur. Dolayısıyla, süt dişlerinin tedavi edilmesi ve ağız-diş sağlığının sağlanması, genel sağlık durumu ve sonraki dönemler açısından önemlidir.

Diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan çürük uzaklaştırma tekniği, çürük dokunun döner aletler ile uzaklaştırılmasıdır. Bu geleneksel teknikte, çürüğün uzaklaştırma hızına bağlı olarak enfekte veya sağlam diş dokusunun ayırt edilemeden uzaklaştırılması, diş dokusunda fazla madde kaybına neden olmaktadır. Ayrıca kullanılan aletlerin çıkardığı sesler ve yarattığı titreşimler, hasta konforunu düşürmekte, özellikle çocuk hastaların uyumunu olumsuz etkilemektedir. Lokal anestezi ihtiyacının olması da bu tekniğin dezavantajlarından (276). Diğer taraftan, içerisinde bulunduğumuz pandemi döneminde, geleneksel çürük uzaklaştırma tekniği sırasında ortaya çıkan aerosol/damlacıklar, bulaş açısından yüksek risk taşımaktadır. Bu bağlamda, çocuk hastaların diş tedavilerinin klinik ortamında yapılma şansını arttırabilecek ve tedavi sırasında konforu arttırıp kaygıyı azaltabilecek alternatif çürük uzaklaştırma yöntemleri büyük önem taşımaktadır (277).

Diş hekimliği alanındaki ilerlemeler ve çürük sürecinin daha iyi anlaşılması ile birlikte minimal invaziv diş hekimliği felsefesi öne çıkmaktadır. Bu felsefede; onarım potansiyeli olan, intertübüler dentin demineralizasyonu ve minimum kolajen yıkımı görülen, bakteri penetrasyonu olmayan “etkilenmiş” dentinin korunması ve onarım potansiyeli olmayan, dentin tübüllerinde mikro-yapısal bozulmalar görülen, irreversibl kolajen denatürasyonu ve yüksek derecede bakteri penetrasyonu mevcut olan “enfekte” dentinin seçici olarak uzaklaştırılması hedeflenmektedir (278).

Minimal invaziv diş hekimliği doğrultusunda, geleneksel çürük temizleme yöntemine alternatif olarak air-abrazyon, air-polishing, sonik-ultrasonik, lazer, atravmatik restoratif tedavi ve kemomekanik çürük uzaklaştırma yöntemleri bildirilmektedir. Atravmatik restoratif tedavi ve kemomekanik çürük uzaklaştırma teknikleri, özellikle çocuk diş hekimliğinde ve kaygılı hastalarda olumlu sonuçlar sunan alternatif tedavi prosedürleri olarak kabul görmektedir (40).

Kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinin çalışma prensibi, çürük dentin dokusunun kimyasal ajanlar ile yumuşatılması ve yumuşayan çürük dokunun el aletleriyle nazıkçe uzaklaştırılmasıdır (4). Bu çürük temizleme yöntemi, ilk olarak NaOCl kullanılarak tanıtılmıştır (55). Ardından GK-101, Caridex ve Carisolv™ gibi NaOCl, glutamik asit, lizin ve lösin içeren preparatlar geliştirilmiştir (82). Raf ömrünün kısa olması, prosedürün uzun sürmesi, hastalar tarafından algılanan kötü tat ve uygulama sırasında fazla miktarda solüsyon kullanılması gibi olumsuz özelliklerin bildirilmesini takiben papain içerikli Papacarie isimli yeni bir sistem tanıtılmıştır (83). Papain, tropik bölgelerde yetiştirilen Carica Papaya ağacının meyve ve yaprak özütünden üretilmekte olup proteolitik bir enzimdir (84). Onarım potansiyeli olmayan çürük diş dokusunu seçici olarak uzaklaştırabilmesinin yanı sıra bakterisidal, bakteristatik ve anti-inflamatuar özellikler taşımaktadır (85). Papain enziminin daha da geliştirilmesiyle elde edilen BRIX 3000 adlı preparat, Arjantin’de 2012 yılında piyasaya sunulmuştur. Bu preparatın diğer sistemlerden farkı, kullanılan papain miktarı (%10’luk konsantrasyonda 3.000 U/mg) ve preparatın jel içeriğinin hareketinin yalnızca kolajen proteolizi sırasında serbestleşmesini sağlayan kapsüle edilmiş tamponlama emülsiyonu teknolojisidir. Daha yüksek proteolitik, anti-bakteriyel, anti-fungal ve anti-septik etkisinin olması gibi avantajları da bildirilmiştir (102).

BRIX 3000 jelin, umut verici sonuçları ile çürük dokunun uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemle etkili bir alternatif olduğu bildirilmiştir (103). Torresi ve Bsereni (2017) tarafından yapılan, geleneksel yöntem ve BRIX 3000 jelin, çürük dokunun uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin ve ağrı hissinin karşılaştırıldığı klinik çalışmada, 150 yetişkin hasta çalışmaya dahil edilmiş ve BRIX 3000 jelin etkinliğinin geleneksel yöntemle benzer olmakla birlikte hastalarda önemli ölçüde daha az rahatsızlığa neden olduğu bildirilmiştir (279). Aynı araştırmacılar (2019) tarafından yapılan ve BRIX

3000 materyalinin broşüründe yayınlanan, yaşları 6-17 arası 100 hasta ve 35-70 arası 100 hasta olmak üzere daimi dişlerinde dentin çürüğü mevcut olan toplam 200 hastanın dahil edildiği klinik çalışmada; geleneksel yöntem ile BRIX 3000 jel, ağrı hissi (Chipp's Ölçeği), çürük dokunun uzaklaştırılmasındaki etkinlik, çevre dokulara etki, tedavi sonrası kavite özellikleri, klinisyen görüşü gibi parametreler açısından karşılaştırılmıştır. BRIX 3000 jelin; ilk uygulamada %90, ikinci uygulamada %96 oranında enfekte dentin dokusunu uzaklaştırdığı ve yüksek etkinlik gösterdiği ifade edilmiştir. BRIX 3000 jel ile tedavi edilen hastaların %93'ünün ağrı hissetmediği belirtilmiştir. Hastaların hiçbirinde, tedavi edilen diş bölgesini çevreleyen dokularda inflamatuvar reaksiyon görülmediği bildirilmiştir. Preparasyon öncesi ve sonrası kavite boyutu açısından, BRIX3000 jelin sağlıklı dentin dokusunu yüksek oranda koruduğu görülmüştür. Çalışmaya katılan klinisyenlerin %90'ının, çürük dokunun uzaklaştırılmasında BRIX 3000 jel kullanımının tercih edilebilir bir yöntem olduğu yönünde görüş bildirdiği ifade edilmiştir (280). Santos ve ark. (2020) tarafından geleneksel çürük temizleme yöntemi, BRIX 3000 ve Papacarie Duo jellerin sitotoksisitelerinin karşılaştırıldığı çalışmada, insan pulpal fibroblast hücreleri üzerinde yapılan genotoksisite testi sonuçlarında BRIX 3000 jelin en düşük sitotoksisiteyi gösterdiği rapor edilmiştir (104).

Prabhav ve ark. (2019) tarafından yayınlanan, 7 yaşındaki kaygılı bir çocuk hastanın alt süt azı dışında bulunan derin dentin çürüğünün BRIX 3000 jel ile uzaklaştırıldığı olgu raporunda; bu yöntemin ağrısız ve konforlu bir tedavi sunduğu, çocuk hastanın iş birliğini önemli ölçüde arttırdığı rapor edilmiştir (281). Felizardo ve ark. (2019) tarafından yayınlanan, 6 yaşındaki hastanın sağ üst süt azı dişlerinde mevcut olan derin dentin çürüklerinin BRIX 3000 jel kullanılarak uzaklaştırıldığı olgu raporunda; tedavinin sonunda Wong-Baker Yüz Skalası kullanılarak işlem sırasındaki ağrı hissini sorulduğu ve çocuk hastanın "hafif ağrı" hissettiğini belirten puanlama yaptığı bildirilmiştir (102).

Alkhouli ve ark. (2020) tarafından yaşları 6-9 arasında değişen 32 çocuk hastanın süt dişlerinde mevcut olan proksimal çürük lezyonlarının geleneksel yöntem, % 2.25'lik konsantrasyonda NaOCl jel ve BRIX 3000 jel kullanılarak uzaklaştırıldığı klinik çalışmada; çocuk hastaların tekniği kabulünü değerlendirmek için Wong-Baker ağrı derecelendirme skalası kullanıldığı, geleneksel yöntemin kısa çalışma süresine

rağmen en yüksek ağrı skoruna neden olduğu, % 2.25’lik konsantrasyonda NaOCl jel ve BRIX 3000 jel arasında ağrı skoru açısından anlamlı bir fark gözlenmediği bildirilmiştir (282).

Balachandran ve ark. (2020) tarafından çift taraflı okluzal dentin çürüklü dişleri bulunan 18-55 yaş arası 67 hastada, geleneksel yöntem ile BRIX 3000 jel uygulamasının ağrı hissi ve çalışma süresi açısından karşılaştırıldığı “split-mouth” tasarımlı çalışmada, BRIX 3000 jelin daha uzun çalışma süresi gerektirmesine rağmen daha az ağrıya neden olan veya ağrıya neden olmayan, konforlu, etkili ve minimal invaziv bir teknik olduğu belirtilmiştir (103).

Ismail ve Haidar (2019) tarafından yaşları 8-12 arasında değişen ve çift taraflı dentin çürüklü daimi dişleri mevcut olan 30 çocuk hastada, seramik frez ve BRIX 3000 jelin karşılaştırıldığı “split-mouth” tasarımlı klinik çalışmada; hastaların kaygı derecelerinin, tedavi sırasında ve sonrasında, “Frankl Derecelendirme Skalası” kullanılarak belirlendiği, BRIX 3000 jelin seramik freze kıyasla anlamlı ölçüde daha az kaygıya neden olduğu ifade edilmiştir (283). Aynı araştırmacılar tarafından (2019), aynı çalışma dizaynı kullanılarak seramik frez ve BRIX 3000 jel için çalışma süresinin, tedavi öncesi ve sonrasındaki bakteriyel azalmanın, uygulama sırasındaki rahatsızlık hissinin karşılaştırıldığı klinik çalışmada; BRIX 3000 jelin uzun çalışma süresine rağmen istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha az rahatsızlığa neden olduğu ve seramik freze kıyasla bakteri sayısında daha fazla azalma sağladığı, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (101).

Güncel bir ajan olan BRIX 3000 preparatının çocuk diş hekimliğinde kullanımı ve restoratif materyallerin adezyonuna etkisi ile ilgili ulaşılabilir kaynaklarda sınırlı sayıda araştırma mevcuttur. Önceki sistemlere göre geliştirilmiş özelliklere sahip olduğu öne sürülen ve ülkemizde, diğer kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarına kıyasla ticari olarak daha kolay temin edilebilen bir preparat olması da göz önünde bulundurularak çalışmamızda BRIX 3000 tercih edilmiştir. Özellikle kaygılı ve çocuk hastalarda olumlu sonuçlar sunması, lokal anestezi ihtiyacını azaltması, sağlıklı diş dokusunu koruyarak yalnızca enfekte dentin dokusunu uzaklaştırması, etkili ve minimal invaziv bir yöntem olması gibi avantajlar sunan BRIX 3000 kemomekanik

çürük uzaklaştırma ajanı ile ilgili çalışmaların sayısının artması, kullanılabilirliğinin kanıtlanması açısından önemlidir.

FDI tarafından, 2012 yılında Minimal İnvaziv Diş Hekimliği Araştırma Komisyonu kurulmuş, diş çürüğünün bu felsefe doğrultusunda uzaklaştırılması ve tedavisi için temel bir kılavuz yayınlanmıştır. Yayınlanan rapordaki temel noktalar; yumuşak-enfekte dentin dokusunun yararsız olduğu için uzaklaştırılması, remineralize olma potansiyeli göz önünde bulundurularak demineralize-etkilenmiş dentin dokusunun bırakılması ve tedavi edilen dişin ideal fiziksel özelliklere sahip biyouyumlu bir materyal ile restore edilmesidir. Ayrıca, enfekte dentin dokusunun ideal olarak bir kemomekanik jel kullanımı ile uzaklaştırıldığı, ancak bu yöntemin nispeten uzun zaman aldığı belirtilmiş, kemomekanik yöntemden sonra en etkili yöntemin ART tekniği olduğu ifade edilmiştir (3).

ART, Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1994 yılında onaylanmıştır (109). Bu tedavi, yumuşak çürük diş dokusunun el aletleri ile uzaklaştırılıp dişin uygun bir materyal ile örtülenmesini içermektedir. ART, diş tedavilerine erişimi kısıtlı olan, kırsal bölgede yaşayan çocuk hastalar ve kaygılı hastalar için uygun bir tedavi yöntemi olarak görülmektedir. Çocuk diş hekimliği alanında, özellikle kaygılı okul öncesi çocuk hastalarda, ART tekniğinin en iyi tedavi seçeneği olduğu belirtilmektedir (284). Davies (1998) tarafından şiddetli erken çocukluk çağı çürüğüne sahip okul öncesi çocuklarda, çürük dokunun ART tekniği ile uzaklaştırılıp rezin modifiye cam iyonomer siman ile restore edildiği Sınıf I kaviteli dişlerin sağkalım oranlarının araştırıldığı çalışmada, 6-48 aylık değerlendirmede başarı yüzdesinin sırasıyla %89 ve %72 olduğu ifade edilmiştir (285). Lo ve ark. (2001) tarafından ART tekniğinin okul öncesi çocuklardaki başarı yüzdesinin değerlendirildiği çalışmada; 30 aylık takip süresi sonucunda Sınıf I restorasyonlar için %79, Sınıf V restorasyonlar için %71 ve Sınıf II restorasyonlar için %51 başarı oranı rapor edilmiştir. Araştırmacılar, anaokulu ortamında ART tekniği uygulanan okul öncesi çocukların, tedavinin tanıdık bir ortamda ve tedirgin edici olmayan bir şekilde yapılmasının uyum problemini ortadan kaldırdığını ifade etmiş, hasta kabulünün yüksek oranda sağlandığını belirtmiştir (286). de Menezes Abreu ve ark. (2011) tarafından çürük dokunun geleneksel yöntem ve ART tekniği ile uzaklaştırıldığı 4-7 yaş arası çocuk hastalarda, ağrı ve rahatsızlık hissinin karşılaştırıldığı pilot çalışmada, ART tekniğinin anlamlı ölçüde daha az ağrıya

ve rahatsızlığa neden olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, bu sonucu geleneksel diş tedavisi sırasında döner aletlerin yarattığı ses ve titreşim, lokal anestezi enjektörü gibi kaygı faktörlerinin ART tekniğinde mevcut olmaması ile açıklamıştır (287).

ART tekniği, çocuk hastalarda kabul edilebilirliği yüksek ve yalnızca hasta için değil diş dokusu için de daha az travmatik olan “hasta dostu” bir tedavi yaklaşımı olarak kabul edilebilir. Aynı zamanda, pandemi koşulları göz önünde bulundurulduğunda, BRIX 3000 jele benzer şekilde aerosol oluşturmaması da önem arz etmektedir. Literatüre bakıldığında, hem kemomekanik tekniğin hem de ART tekniğinin sıklıkla geleneksel çürük uzaklaştırma yöntemi ile karşılaştırılarak incelendiği, birbirleri ile karşılaştırıldığı çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmektedir. Her iki tekniğin çalışma prensibi, temel olarak, çürük dokunun el aletleri ile uzaklaştırılması olduğundan ve her iki tekniğin de çocuk hastalar tarafından kabul edilebilirliği yüksek olduğundan, kemomekanik yöntemin restoratif materyallerin adezyonuna etkisinin incelenebilmesi adına, bu iki yöntemin birbiri ile karşılaştırılması tercih edilmiştir.

Mekanik özellikleri büyük ölçüde iyileştirilmiş ve gelişmiş fiziksel özelliklere sahip yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar piyasaya sürülene dek ART tekniğinde sıklıkla geleneksel cam iyonomer simanlar kullanılmıştır(110). Geleneksel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyallerinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda; yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, geleneksel cam iyonomer simanlara göre anlamlı ölçüde daha yüksek başarı gösterdiği rapor edilmiştir (6,164,188). Bu sonuçlar üzerine, Dünya Sağlık Örgütü tarafından “kondanse edilebilir cam iyonomer siman” olarak da adlandırılan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, gelişmekte olan ülkelerde ART tekniği ile kullanımı önerilmiştir (5).

Van’t Hof ve ark. (2006) tarafından süt ve daimi dişlerde ART/YVCİS restorasyonlarının başarısının değerlendirildiği meta-analizde, tek yüzlü restorasyona sahip süt dişlerinde 1 yıl sonra %95, 3 yıl sonra %86; tek yüzlü restorasyona sahip daimi dişlerde 1 yıl sonra %97 ve 6 yıl sonra %72 olmak üzere yüksek başarı oranları rapor edilmiştir. Hem süt hem de daimi dişlerde tek yüzlü restorasyonların başarı yüzdesinin, çok yüzlü restorasyonlardan anlamlı derecede yüksek olduğu

vurgulanmıştır (288). de Amorim ve ark. (2017) tarafından süt ve daimi dişlerde ART/YVCİS restorasyonlarının başarı yüzdelerinin incelendiği meta-analizde; süt azı dişlerde tek yüzeyli ART/YVCİS restorasyonları değerlendiren 19 çalışmada ilk 3 yılda %5, çok yüzeyli ART/YVCİS restorasyonları değerlendiren 18 çalışmada ilk 3 yılda %17 ortalama başarısızlık oranı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, daimi azı dişlerde tek yüzeyli ART/YVCİS restorasyonları değerlendiren 23 çalışmada ilk 5 yılda ortalama başarısızlık oranının %4.1, çok yüzeyli ART/YVCİS restorasyonları değerlendiren 5 çalışmada ilk yılda %2.4 ve ilk 3 yılda %3.2 olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, ART/YVCİS restorasyonların, hem süt hem de daimi azı dişlerde tek yüzü kavitelerde çok iyi performans gösterdiğini, çok yüzü kavitelerde ise hem süt hem de daimi dişlerde daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir (289).

Klinik başarısının pek çok araştırma (122,190–192) ile kanıtlandığı yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalleri, dental teknolojinin ilerlemesi ile birlikte geliştirilmeye devam edilmiştir. Bu amaçla geliştirilen, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Fil, GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve rezin içerikli düşük viskoziteli nanofil yüzey örtücüden (Equia Coat, GC Corporation, Tokyo, Japonya) oluşan Equia sistemi, 2007 yılında tanıtılmıştır. Umut verici sonuçlar sunan (195–197) Equia Fil sistemi daha da geliştirilerek 2015 yılında Equia Forte ve Equia Forte Coat (GC Corporation, Tokyo, Japonya) piyasaya sunulmuştur. Equia Fil yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın yapısına ultra ince reaktif cam bileşenler dahil edilerek Equia Forte; Equia Coat yüzey örtücünün yapısına homojen ve çok işlevli reaktif monomer eklenerek Equia Forte Coat geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda (198–200) yüksek klinik performans gösteren Equia Forte yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin hibrit teknolojisi ile geliştirilmesi sonucunda, 2019 yılında Equia Forte Hybrid Technology (HT) (GC Corporation, Tokyo, Japonya) piyasaya sunulmuştur. Equia Forte HT, daha küçük ve daha reaktif silikat partikülleri ile güçlendirilmiş floroalüminasilikat cam bileşenden oluşan ve daha yüksek moleküler ağırlığa sahip poliakrilik asit tozu içeren bir cam hibrit restoratif sistemdir. Üretici firma tarafından, Equia Forte HT'nin, önceki sisteme kıyasla optimize edilmiş partikül boyutu ve dağılımı sonucunda, yüksek estetik ve mekanik özellikler sunduğu bildirilmektedir. Ulaşılabilir kaynaklarda, güncel bir restoratif materyal olan Equia Forte HT ile ilgili sınırlı sayıda araştırma mevcuttur.

Çocuk diş hekimliği uygulamalarında önemli bir yer tutan cam iyonmer simanların spesifik yönlerini, kompozit rezin materyallerin gelişmiş fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ile birleştiren hibrit restoratif materyaller, kompomer olarak adlandırılmaktadır. Kompomer materyali; kompozit rezine benzer klinik performansa sahip olması, civa salınımından kaynaklanan yan etkiler sebebiyle amalgama alternatif olması, süt dişlerinde estetik açıdan tatminkâr olması, flor salma kapasitesi ve kullanım kolaylığı gibi çocuk hastalarda kullanımlarını ideal kılan özellikleri göz önüne alındığında, çocuk diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilmekte ve altın standart olarak kabul edilmektedir (7).

Çalışmamızda, başarısı değerlendirilecek olan çürük uzaklaştırma teknikleri ile birlikte kullanılmak üzere Equia Forte HT hibrit teknolojili yüksek viskoziteli cam iyonmer siman ve Dyract XP kompomer materyalleri seçilmiştir. Çalışma dizaynı açısından, yeni geliştirilmiş ve hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcut olan BRIX 3000 kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı ve Equia Forte HT hibrit teknolojili yüksek viskoziteli cam iyonmer siman materyalinin, başarısı kanıtlanmış olan ve sıklıkla araştırılmış olan ART tekniği ve Dyract XP kompomer materyali ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi planlanmıştır. Bu sayede, güncel bir kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanı ve restoratif materyal kullanılması ve çalışma dizaynı kapsamında, klinik kullanıma yansıtılabilmesi adına uygun teknik ve materyal kombinasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

5.1. İn Vitro Testlere Ait Değerlendirmeler

Diş hekimliği alanında kaydedilen ilerlemelere rağmen “ideal materyal” arayışı halen devam etmektedir. Bu materyallerin değerlendirilmesinde, in vivo ve in vitro deneyler kullanılmaktadır. İn vivo deneyler, restoratif materyallerin klinik performansı hakkında gerçeğe yakın veriler sunsa da hasta takibinin zorluğu, aynı özelliklere sahip hastaların bulunmasının güçlüğü, çocuk hastalarda yaşanabilecek uyum problemleri ve etik kaygılar gibi dezavantajlara sahiptir. İn vivo deneylerde yaşanan güçlükler nedeniyle hayvan modelleri, in situ ve in vitro deneyler geliştirilmiştir (290).

Restoratif materyallerin ve adeziv sistemlerin başarılarının tespit edilmesi için yapılan in vitro deneylerde zaman ve materyalden tasarruf edilmekte; aynı zamanda, in vivo deneylerde gerçekleştirilemeyen ölçümler, in vitro deneylerde

değerlendirilebilmektedir. İn vitro deneyler; test yöntemlerinin kolay uygulanabilir olması, düşük maliyeti, in vivo çalışmalardaki hastaya özgü bireysel faktörlerin etkisinin en aza indirgenmesi, tek bir değişkenin etkisinin değerlendirilebilmesine olanak sağlaması, yeni geliştirilen yöntem ya da materyallerin “altın standart” olarak kabul edilen klinik başarısı kanıtlanmış yöntem ya da materyaller ile karşılaştırılmasına imkân vermesi gibi pek çok avantaj sunmaktadır (291). Sunulan bu avantajlar ve içerisinde bulunduğumuz pandemi döneminin getirdiği kısıtlamalar nedeniyle klinik çalışmalarda yaşanan sınırlamalar göz önünde bulundurularak in vitro koşullarda bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

In vitro deneylerde, örneklerin yapısal özellikleri ve dezenfekte edildikleri solüsyon, deney öncesi saklama koşulları ve süresi, kullanılan yaşlandırma yöntemi gibi pek çok değişken mevcuttur. Çalışmamızda, Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) tarafından yayınlanan “ISO 11450-Dış Dokusuna Adezyon Testleri” (237) yönergesinde yer alan prosedürler takip edilerek standardizasyonun sağlanması amaçlanmıştır.

In vitro koşullarda deney örneği olarak sıklıkla sığır ya da insan dişleri kullanılmaktadır. İnsan dişinin toplanmasındaki zorluklar nedeniyle kullanılan sığır dişleri, kolay ulaşılabilirliğinin yanı sıra geniş çalışma alanının mevcut olması, yaş ve çevresel faktörler açısından standardizasyonun kolay sağlanması gibi avantajlar sunmaktadır (292). Diğer yandan, sığır dişlerinin, dentin kanallarının ve peritübüler dentinin daha kalın olması, intertübüler dentinin yüksek porözite göstermesi açısından insan dişlerine göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (293). Yapısal farklılıkların test sonuçlarını etkileyebileceği düşünüldüğünden, çalışmamızda insan dişleri kullanılmıştır. İnsan dişleri ile yapılan in vitro deneylerde, elde edilme kolaylığı nedeniyle sıklıkla daimi 3. büyük azı dişleri kullanılmaktadır. Çalışmamız, klinik uygulama sonuçlarının yansıtılabilmesi amacıyla, elde edilmesindeki güçlüklerle ve daha küçük yüzey alanına bağlı olarak deneysel uygulamaların hassasiyet gerektirmesine rağmen insan süt azı dişleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda; herhangi bir nedenle çekilmiş, okluzal (Sınıf I) veya okluzoproksimal (Sınıf II) dentin çürüğü bulunan, Mount ve Hume (1998) sınıflandırmasına göre kavite boyutu “1.2 ve 2.2” seviyesinde değerlendirilen, Fanning

(1961) skalasına göre kök rezorbsiyonu başlamış veya en fazla Res1/3 seviyesinde olan, çürük lezyon derinliği Ekstrand (1997) kriterlerine göre dentinin orta 1/3'ünde olan, renklenme, yapısal bozukluk, çatlak ve/veya restorasyon bulunmayan ve morfolojik olarak büyük farklılıklar göstermeyen süt azı dişleri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Koronavirüs Hastalığı 2019 (COVID-19) pandemisi sürecinde yaşanan kısıtlamalar ve dahil edilme kriterlerini taşıyan dişlerin elde edilmesindeki güçlükler nedeniyle, çalışmamızın deneysel uygulamalarında kullanılacak süt azı dişlerinin toplanabilmesi, zaman ve çaba gerektirmiştir.

Süt dişlerinde görülen ara yüz çürükleri, gelişimsel diastemaların yerini temas bölgelerinin almasına bağlı olarak artan plak retansiyonu nedeniyle sıklıkla 6 yaşından sonra başlamakta ve fizyolojik kök rezorbsiyonunun başladığı dönemde görülmektedir (15). Ayrıca, süt dişlerinin çok yüzlü restorasyonlarında, tek yüzlü restorasyonlara kıyasla, daha sık başarısızlık gözlenmektedir (122,190–192). Bu doğrultuda, kemomekanik ve ART çürük uzaklaştırma teknikleri ile yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompomer materyallerinin değerlendirilmesi ve başarılarının test edilmesi amacıyla okluzoproksimal (Sınıf II) dentin çürüğü bulunan süt azı dişleri, çalışmamıza mikrosızıntı testinde kullanılmak üzere dahil edilmiştir. Test yönteminin hassasiyeti, süt dişlerinde çalışma alanının daha küçük olması ve örneklerin elde edilmesinin zorluğu nedeniyle okluzal (Sınıf I) dentin çürüğü bulunan süt azı dişleri, çalışmamıza mikro-gerilim testinde kullanılmak üzere dahil edilmiştir.

Araştırmacılar tarafından artan çürük derinliğinin, artan kavite boyutunun ve kavite konfigürasyon faktörünün, bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (294,295). Angker ve ark. (2003) tarafından süt dişlerinde dentin sertliğinin ve elastisite modülünün, pulpa dokusuna yaklaştıkça azaldığı belirtilmiştir (296). Tagami ve ark. (1990) tarafından çürük lezyonunun derinliği ve buna bağlı olarak artan dentin geçirgenliğinin daha düşük bağlanma dayanımı kuvvetlerine neden olduğu vurgulanmıştır (297). Bu faktörler göz önünde bulundurularak diş dokusu ve restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetini olumsuz yönde etkileyebilecek faktörlerin elimine edilmesi amacıyla çalışmamızın deneysel uygulamalarında kullanılacak süt dişlerinde; kavite boyutu, Mount kriterlerine göre “1.2 ve 2.2” seviyesi ile, çürük derinliği ise Ekstrand kriterlerine göre dentinin orta 1/3'lük bölgesi ile sınırlandırılmıştır. Fizyolojik kök rezorpsiyonu derecesine bağlı olarak süt dişlerinde

histolojik, morfolojik ve biyokimyasal değişikliklerin ortaya çıkması (298) nedeniyle de çalışmamıza herhangi bir nedenle çekilmiş ve kök rezorbsiyon seviyesi Fanning skalasına göre başlamış veya en fazla Res1/3 seviyesinde olan süt azı dişleri dahil edilmiştir.

In vitro deneylerde, çekilmiş dişler, kan ve bakteri kontaminasyonu nedeniyle kullanılmadan önce dezenfekte edici solüsyonda bekletilmelidir. Bu amaçla, %10 formalin, %70 etanol, %0.1-1 kloramin-T, %0.05-0.1 timol, NaOCl, sodyum azit, gluteraldehit gibi bakterisidal ve bakteriyostatik etki gösteren dezenfekte edici solüsyonlar kullanılmaktadır (299). Salz ve Bock (2010) tarafından yapılan çalışmada, gluteraldehit ya da formalin solüsyonlarının kolajen doku ile reaksiyona girerek ve timol solüsyonunun polimerizasyonu etkileyerek diş ve restoratif materyal arasındaki adezyonu olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (290). Jaffer ve ark. (2009) tarafından 7 ay süre ile %10 formalin, %70 etanol, %1 ve %10 kloramin-T ve izotonik salin solüsyonlarında ve kuru ortamda bekletmenin sığır dişleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada; bağlanma dayanımı değerlerinin, %10 formalin solüsyonunda bekletilen örneklerde anlamlı derecede yüksek, %70 etanol solüsyonunda ve kuru ortamda bekletilen örneklerde ise anlamlı derecede düşük olduğu bildirilmiştir (300). Lee ve ark. (2007) tarafından 2 ay süre ile %0,5 kloramin-T, %10 formalin, %2 gluteraldehit, %0,9 ve %5,25'lik NaOCl solüsyonlarında bekletmenin sığır dişleri üzerindeki etkilerinin incelendiği benzer bir çalışmada, %5,25'lik NaOCl solüsyonunun, diş ve restoratif materyal arasındaki adezyonu olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir (301). İzotonik salin, timol, etanol, kloramin ve formalin solüsyonları, musluk suyu ve distile su, in vitro çalışmalarda kullanılacak dişlerin dehidratasyonunun önlenmesi amacıyla deney zamanına kadar saklanmaları için de kullanılmaktadır (226). (ISO TR 11450 teknik raporunda ise örneklerin +4°C'de kloramin-T bakteriyostatik/bakteriosidal solüsyonunda en fazla 1 hafta bekletilmesi, ardından distile su içerisinde saklanması önerilmiştir (237). Çalışmamızda, çekim sonrası akan su altında yıkanan ve periodontal el aleti ile kan ve doku artıkları uzaklaştırılan dişler dezenfeksiyon sağlanması amacıyla 1 hafta süre ile %0.5 kloramin-T solüsyonunda bekletilmiş ve ardından deney zamanına kadar distile suda saklanmıştır.

In vitro çalışmalarda, deney zamanına kadar örneklerin saklama solüsyonunda bekletilme süresi, sonuçları etkileyebilmektedir. Rueggeberg (1991) tarafından yayınlanan derlemede, deney zamanına kadar geçen sürenin bağlanma dayanımı sonuçlarını etkilemediği bildirilmekle birlikte, çalışmalar arası standardizasyonun sağlanabilmesi açısından 6 aylık saklama süresi önerilmiştir (302). Perdigao (2010) tarafından yapılan araştırmada, çekimin ardından geçen 6 aylık süre sonrasında dentin dokusunda dejeneratif protein yıkımlarının başlaması nedeniyle örneklerin en fazla 6 ay süre ile saklanması gerektiği ifade edilmiştir (303). ISO TR 11450 teknik raporunda ise dişlerin, meydana gelebilecek dentin denatürasyonu nedeniyle çekim sonrası hemen kullanılması gerektiğinin ideal olduğu, ancak bu mümkün değilse en fazla 6 ay süre içerisinde kullanılması gerektiği bildirilmiştir (237). Çalışmamız dahil edilme kriterlerini karşılayan dişlere nadiren çekim endikasyonu konulması sebebiyle çekimin hemen sonrasında dişlerin kullanılması mümkün olmamıştır. Toplanan dişler, dezenfeksiyon işleminin ardından distile suya alınarak en fazla 6 ay süre ile bekletilmiş ve kullanılmıştır. Distile su solüsyonu, deney zamanına kadar haftada bir olmak üzere periyodik olarak değiştirilmiştir.

In vitro deneylerde örnekleri stabilize etmek ve kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla hazırlanan sabitleyici bileşenin, sertleşme sırasında meydana gelen ısı artışının dişi etkilememesi amacıyla soğuk alçı ya da soğuk akril gibi materyaller ile yapılması ve hazırlık sırasında ortaya çıkan artık maddelerin diş yüzeyini kontamine etmemesine dikkat edilmesi önerilmektedir (237). Çalışmamızda kullanılan dişler, otopolimerizan akrilik rezin bloklara gömülmüş ve diş yüzeyinin kontamine olmamasına dikkat edilmiştir.

Restoratif materyallerin klinik özelliklerinin değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan in vitro deneylerde, uzun dönem başarılarına ilişkin fikir edinilebilmesi ve ağız içi koşulların laboratuvar ortamında taklit edilebilmesi amacıyla solüsyonda bekletme ile, okluzal yükleme ile, çiğneme simülatörü ile ve termal siklus ile yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en sık termal siklus ile yaşlandırma yöntemi kullanılmaktadır (229).

Termal siklus yöntemi, ağız ortamında meydana gelen ısı değişimlerinin, sıcak ve soğuk su banyoları arasındaki döngüsel hareketin belirli sayıda tekrarlanması

yoluyla taklit edilmesini ve böylece in vivo ortamda zamanla gerçekleşen yaşlanmanın laboratuvar ortamına yansıtılmasını sağlayan yaşlandırma tekniğidir. Bu yöntemde, restoratif materyal ile diş arasındaki termal genleşme ve büzülme katsayılarının farklı olması sebebiyle tekrarlanan genleşme ve büzülme stresleri oluşturulmaktadır (304). Diğer taraftan, yüksek sıcaklıktaki suyun, diş ve restoratif materyal arasındaki ara yüz tabakasında bulunan adeziv bileşenleri hidrolize ettiği ve polimerize olmamış rezin oligomerlerin salınımına neden olduğu bildirilmiştir (238). Termal siklusun diş ve restoratif materyalin bağlanma yüzeyinde oluşturduğu yıkım ve termal stres, gap ya da perkolasyona neden olarak ağız sıvılarının ara yüzey boyunca akışına yol açmaktadır (239). Termal siklus yönteminde; sıcaklık, banyoda/banyolar arası bekleme süresi ve döngü sayısı olmak üzere üç ana değişken bulunmaktadır. Araştırmacılar tarafından, termal siklus yöntemine ilişkin değişkenler ile ilgili fikir birliğine varılamamıştır.

Mair ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, ağız ortamının sıcaklığının dondurma yerken -4°C - 0°C ve sıcak peynirli sandviç yerken 60°C - 65°C arasında değiştiği ve termal siklus yönteminde, bu sıcaklık değişimlerinin laboratuvar ortamına aktarılması gerektiği ifade edilmiştir (305). Gale ve ark. (1999) tarafından incelenen in vitro çalışmalarda kullanılan termal siklus yöntemlerinde; banyo sıcaklıklarının en düşük 0°C ve en yüksek 100°C olmak üzere geniş sıcaklık aralığında olduğu ve bu aşırı uç sıcaklık değerlerinin in vivo koşullarda hasta tarafından tolere edilemeyeceği ve bu nedenle $6,6^{\circ}\text{C}$ ile $55,5^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebileceği ifade edilmiştir. İncelenen çalışmalarda, banyoda bekleme süresinin 10 sn ile 20 dk arasında değişkenlik gösterdiği ancak ağız içi koşullarda vital dişlerin sıcak ve soğuk uyaranlar ile uzun süre temasının gerçekçi olmadığı, bu nedenle sıklıkla 30-60 sn'lik bekleme sürelerinin tercih edildiği rapor edilmiştir. Banyolar arası transfer süresinin 3-25 sn arasında değiştiği bildirilmiş; banyoda bekleme süresine kıyasla transfer süresinin daha kısa olmasının, ağız içerisindeki ani sıcaklık değişimlerinin laboratuvar koşullarında daha iyi taklit edilebilmesini sağladığı belirtilmiştir (238).

Termal siklus yöntemi sırasında ortaya çıkan termal stresin, diş ve restoratif materyal arasındaki bağlanma yüzeyini etkileyerek bağlanma dayanımına olumsuz yönde etki ettiği belirtilmiştir (306). Buna karşın, termal siklus yönteminde kullanılan döngü sayısının, restorasyonun bağlanma dayanımı üzerinde olumsuz etki

göstermediği bildirilmiştir (290). Diş ve restoratif materyal arasındaki termal genleşme katsayısı farklılığının, mikrosızıntının nedenlerinden olduğu, bu nedenle, termal strese neden olan termal siklus yönteminde döngü sayısındaki artışın, restorasyonun mikrosızıntı değerlerinde artışa neden olduğu öne sürülmüştür (307). Buna karşın, termal siklus yönteminde kullanılan 250-1000 (308) ve 1000-5000 (309) döngü sayıları arasında, restoratif materyallerin mikrosızıntısı açısından fark olmadığı da rapor edilmiştir.

ISO TR 11450 teknik raporunda yer alan yönergelerle göre hem mikrosızıntı hem de mikro-gerilim testi öncesinde kullanılmak üzere, 37°C’de 24 saat distile suda bekletme işleminin ardından, 5°C ile 55°C sıcaklıklarda ve 500 döngü içeren termal siklus rejiminin, uygun bir yaşlandırma tekniği olduğu bildirilmiştir (237). Çalışmamızda kullanılan dişler, ağız ortamının taklit edilebilmesi amacıyla, 37°C’de 24 saat distile suda bekletme işleminin ardından, 5°C ile 55°C sıcaklıktaki su banyolarında her bir döngüde 30’ar sn bekleme süresi ve 10 sn transfer süresi olmak üzere, 500 kez termal siklus işlemine tabi tutulmuştur.

5.2. İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler

Çocuk diş hekimliğinde tedavi süresi, hastanın kooperasyonunu etkilemesi açısından önem taşımaktadır. Çalışmamızda çürüğün uzaklaştırılma süresi, restorasyon süresi ve toplam işlem süresi kronometre ile kaydedilmiş; elde edilen değerler, okluzal çürüklü, okluzoproksimal çürüklü dişler ve tüm gruplar için analiz edilmiştir. Çalışma gruplarımıza ait çürük uzaklaştırma ve toplam işlem sürelerine ilişkin değerlendirmeler sunulmakla birlikte ulaşılabilir kaynaklarda, hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Equia Forte HT) ve kompomer (Dyract XP) materyallerinin restorasyon sürelerinin karşılaştırıldığı literatüre rastlanmamıştır.

Çalışmamızda, okluzal çürüklü süt dişlerinin dahil edildiği Equia Forte HT materyali gruplarında ortalama restorasyon süresi BRIX+Equia Forte HT grubu için 367,80±10,13 sn ve ART+Equia Forte HT grubu için 379,20±27,38 sn; Dyract XP materyali gruplarında ise BRIX+Dyract XP grubu için 208,40±29,16 sn ve ART+Dyract XP grubu için 268,20±33,97 sn bulunmuştur. Okluzoproksimal çürüklü süt dişlerin dahil edildiği Equia Forte HT materyali gruplarında ortalama restorasyon süresi BRIX+Equia Forte HT grubu için 358,47±10,79 sn ve ART+Equia Forte HT

grubu için $360,60 \pm 24,99$ sn; Dyract XP materyali gruplarında ise BRIX+Dyract XP grubu için $211,60 \pm 22,04$ sn ve ART+Dyract XP grubu için $229,73 \pm 19,76$ sn bulunmuştur. Okluzal ve okluzoproksimal dentin çürüklü tüm süt dişlerinin dahil edildiği Equia Forte HT materyali gruplarında ortalama restorasyon süresi BRIX+Equia Forte HT grubu için $360,80 \pm 11,16$ ve ART+Equia Forte HT grubu için $365,25 \pm 26,20$ sn; Dyract XP materyali gruplarında ise BRIX+Dyract XP grubu için $210,80 \pm 23,21$ ve ART+Dyract XP grubu için $239,35 \pm 28,68$ sn bulunmuştur.

Tüm çalışma gruplarında Equia Forte HT materyali ile restorasyon süresinin, Dyract XP materyaline kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık, beklenildiği üzere, materyallerin hazırlık, karıştırma ve restorasyon prosedürlerinin, üretici firmalar tarafından önerilen kullanma talimatlarında yer alan farklı aşama ve sürelerine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Dişe yüzey hazırlayıcı ajan uygulaması ve sonrasında dişin durulanıp kurutulması, materyalin kullanımdan önce karıştırılması, bitim ve polisaj işlemlerinin materyalin karıştırılmasından 150 sn sonra yapılabilmesi gibi prosedürler, Equia Forte HT materyalinin restorasyon süresini arttırmıştır.

Diğer gruplardan farklı olarak, Dyract XP materyali ile restore edilen okluzal dentin çürüklü süt azı dişlerinde, ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılmış örneklerdeki restorasyon süresinin ($268,20 \pm 33,97$ sn), BRIX 3000 ajanı kullanılan örneklerle ($208,40 \pm 29,16$ sn) kıyasla, anlamlı ölçüde daha fazla olduğu görülmüştür. Bu farklılığın, ART tekniğinde kaviteye erişimin okluzoproksimal çürüklere kıyasla daha kısıtlı olduğu bildirilen okluzal dentin çürüklü süt azı dişlerinde (310), çürük dokunun uzaklaştırılması sırasında ulaşılabilirliğin sağlanabilmesi amacıyla mine keskisi ile uzaklaştırılan mine dokusunun kavite boyutunu arttırmasından ve bu nedenle ek bir tabakalama işlemine gerek duyulmasından kaynaklandığı ifade edilebilir.

5.2.1. Okluzal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler

Çalışmamızda, okluzal çürüklü dişlerin dahil edildiği çalışma gruplarında, sırasıyla ortalama çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süreleri, BRIX+Equia Forte HT grubu için $187,20 \pm 13,66$ sn ve $555,00 \pm 15,84$ sn, BRIX+Dyract XP grubu için

204,60±46,13 sn ve 413,00±73,64 sn, ART+Equia Forte HT grubu için 107,20±33,24 sn ve 486,40±10,14 sn, ART+Dyract XP grubu için 102,40±18,32 sn ve 370,60±35,61 sn bulunmuştur.

Ulaşılabilir kaynaklar incelendiğinde, BRIX 3000 ajanı kullanılan kemomekanik çürük uzaklaştırma ve ART tekniklerini uygulama süresi açısından karşılaştıran yalnızca bir çalışmanın mevcut olduğu görülmüştür. de Souza ve ark. (2021) tarafından 3-9 yaş arası 20 çocuğun okluzal dentin çürüklü süt azı dişlerinin BRIX 3000 ve ART ile tedavisinin süre, ağrı deneyimi ve kabul edilebilirliği açısından karşılaştırıldığı bu randomize kontrollü klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, ağrı deneyiminin “Yüz, Bacaklar, Hareket, Ağlama, Avutabilme Davranışsal Skalası” (FLACC) ile, kabul edilebilirliğin ise “5 puanlı hedonik yüz skalası” ile değerlendirilmesinde, yöntemler arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı ifade edilmiştir. Çalışmada, BRIX 3000 grubunda çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süresinin sırasıyla 8,6±3,1 dk ve 13,1±4,0 dk, ART grubunda ise 4,8±2,0 dk ve 9,8±2,7 dk olduğu rapor edilmiştir (311).

Abdul Khalek ve ark. (2017) tarafından 4-8 yaş arası 50 çocuğun okluzal ve servikal dentin çürüklü süt azı dişlerinin Papacarie jel ve ART ile tedavisinin süre ve ağrı hissi açısından karşılaştırıldığı randomize kontrollü klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla, daha fazla olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı; “Ses, Göz ve Motor” (SEM) skalası ile değerlendirilen ağrı hissinin ise ART tekniğinde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Papacarie jeli ve ART tekniği ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla 5,8±1,2 dk ve 4,8±1 dk olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, çürük temizleme yöntemleri arasındaki süre farklılığının, kemomekanik yöntemde kullanılan ajanın proteolitik etki gösterebilmesi için gereken süre ve Papacarie jelin enjektör içerisinde bulunması nedeniyle endişelenen çocuk hastalara, anestezi için değil jel uygulaması için kullanıldığının anlatılması için gereken ek süreden kaynaklandığını ifade etmiştir (312).

Al Humaid ve ark. (2020) tarafından okluzal dentin çürüklü 30 adet süt azı dişinin Papacarie jel ve çürük lezyona ulaşımın sağlanması için yüksek turlu döner aletler ve ardından ekskavatör kullanımı ile gerçekleştirilen ART tekniği ile tedavisinin süre ve rezidüel bakteri varlığı açısından karşılaştırıldığı in vitro çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu, örneklerin SEM analizinde saptanan rezidüel bakteri varlığı açısından ise anlamlı farklılık olmadığı rapor edilmiştir. Çalışmada, Papacarie jeli ve ART tekniği ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla 351,56 sn ve 158,41 sn olduğu bildirilmiştir (313).

Pascareli-Carlos ve ark. (2021) tarafından 4-9 yaş arası 40 çocuğun okluzal dentin çürüklü 40 adet süt azı dişinin Papacarie jel ve ART ile tedavisinin süre, ağrı deneyimi ve kalp atım hızı açısından karşılaştırıldığı randomize kontrollü klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla, daha fazla olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Her iki yöntem arasında Wong-Baker skalası ile değerlendirilen ağrı deneyimi açısından istatistiksel farklılığın olmadığı ancak Papacarie jel ile tedavi edilen hastaların kalp atım sayısının anlamlı derecede daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada, Papacarie jeli ve ART tekniği ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla 9,20 dk ve 8,40 dk olduğu bildirilmiştir (314).

Modimi ve ark. (2016) tarafından 4-8 yaş arası 30 çocuğun okluzal dentin çürüklü 30'ar adet süt ve daimi dişinin Papacarie Duo jel ve ART ile tedavisinin süre, rezidüel bakteri varlığı ve ağrı hissi açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin ART tekniğine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha kısa olduğu bildirilmiştir. Her iki yöntemin de kalan dentin dokusunda *Lactobacillus* ve *Streptococcus mutans* sayısında anlamlı derecede düşüşe sebep olduğu ancak *Streptococcus mutans* sayısındaki düşüşün Papacarie Duo jel grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğu ve tedavi sırasındaki anestezi ihtiyacının ART grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada, Papacarie Duo jeli ve ART tekniği ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla 9,07 dk ve 14,94 dk olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, çürük temizleme yöntemleri arasındaki süre farklılığının, ART tekniğinin kullanıldığı her üç

hastadan birinde anestezi gereksiniminin olmasından ve anestezi sırasında kronometrenin durdurulmamasından kaynaklandığını ifade etmiştir (315).

Kırzioğlu ve ark. (2006) tarafından 4-6 yaş arası 28 çocuğun okluzal dentin çürüklü 56 adet süt azı dişinin Carisolv™ jel ve ART ile tedavisinin etkinlik, verimlilik, klinik başarı ve anestezi ihtiyacı açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla, daha fazla olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Her üç ayda bir USPHS kriterleri ile klinik performanslarının değerlendirildiği restorasyonların 1 yıllık takip sonuçlarında, kemomekanik yöntem grubunun kenar uyumu ve sekonder çürük açısından anlamlı derecede daha başarılı bulunduğu, tedavi sırasındaki ağrı hissinin ART grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada, Carisolv™ jel ve ART tekniği ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla $9,03 \pm 4,14$ dk ve $7,34 \pm 3,41$ dk olduğu bildirilmiştir (316).

5.2.2. Okluzoprosimal Çürüklü Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler

Çalışmamızda, okluzoprosimal çürüklü dişlerin dahil edildiği çalışma gruplarında, sırasıyla ortalama çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süreleri, BRIX+Equia Forte HT grubu için $194,53 \pm 27,41$ sn ve $553,0 \pm 28,47$ sn, BRIX+Dyract XP grubu için $194,33 \pm 32,93$ sn ve $405,93 \pm 49,79$ sn, ART+Equia Forte HT grubu için $117,20 \pm 29,14$ sn ve $477,80 \pm 38,10$ sn, ART+Dyract XP grubu için $131,33 \pm 22,47$ sn ve $361,07 \pm 36,88$ sn bulunmuştur.

Mhaviile ve ark. (2006) tarafından yaş ortalaması 7,5 olan 217 çocuğun okluzoprosimal dentin çürüklü süt azı dişlerinde, dört farklı operatör (iki uzman ve iki stajyer diş hekimi) tarafından çürük dokunun Carisolv™ jel, ART ve yüksek turlu döner alet ile uzaklaştırılmasının süre, rezidüel çürük varlığı ve restorasyonların kenar uyumu açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, yüksek turlu döner alet ve ART tekniğine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. Çürük dokunun uzaklaştırılma süresi ile operatörler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu, yöntemler arasında rezidüel çürük varlığı ve kenar uyumu açısından anlamlı bir farklılığın

olmadığı rapor edilmiştir. Çalışmada Carisolv™ jel, ART ve geleneksel yöntem ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla $14,50 \pm 4,0$ dk, $10,37 \pm 3,41$ dk ve $11,29 \pm 4,54$ dk olduğu bildirilmiştir (317).

Topaloğlu ve ark. (2009) tarafından 6-7 yaş arası 327 çocuğun okluzoprosimal dentin çürüklü 568 adet süt azı dişinin Carisolv™ jel ve ART ile tedavisinin süre ve klinik sağkalım oranı açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmanın 2 yıllık takip sonuçlarında; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süresinin, ART tekniğine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. Modifiye Ryge kriterleri ile değerlendirilen restorasyonların sağkalım oranları açısından yöntemler arasında farklılığın olmadığı belirtilmiştir. Çalışmada, Carisolv™ jel grubunda çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süresinin sırasıyla $7,53 \pm 2,64$ dk ve $14,15 \pm 4,06$ dk olduğu, ART grubunda ise $6,76 \pm 2,36$ dk ve $13,58 \pm 3,55$ dk olduğu rapor edilmiştir (318).

5.2.3. Okluzal ve Okluzoprosimal Çürüklü Tüm Dişlerin İşlem Süresine Ait Değerlendirmeler

Çalışmamızda, okluzal ve okluzoprosimal çürüklü tüm dişlerin dahil edildiği çalışma gruplarında, sırasıyla ortalama çürük uzaklaştırma ve toplam işlem süreleri, BRIX+Equia Forte HT grubu için $192,70 \pm 24,56$ sn ve $553,50 \pm 25,51$ sn, BRIX+Dyract XP grubu için $196,90 \pm 35,61$ sn ve $407,70 \pm 54,57$ sn, ART+Equia Forte HT grubu için $114,70 \pm 29,63$ sn ve $479,95 \pm 33,26$ sn, ART+Dyract XP grubu için $124,10 \pm 24,66$ sn ve $363,45 \pm 35,88$ sn bulunmuştur.

Pandit ve ark. (2007) tarafından 6-9 yaş arası 75 çocuğun okluzal ve okluzoprosimal dentin çürüklü 150 adet süt azı dişinin Carisolv™ jel, ART ve geleneksel yöntem ile tedavisinin süre, etkinlik ve ağrı hissi açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; her üç yöntemin de çürük dokunun uzaklaştırılmasında etkili olduğu ancak en etkili tekniğin geleneksel yöntem olduğu ve bunu sırasıyla kemomekanik ve ART tekniklerinin izlediği bildirilmiştir. Kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART ve geleneksel yöntemle kıyasla, daha fazla olduğu, “Görsel-Analog Skala” ile değerlendirilen ağrı hissinin kemomekanik yöntem ile tedavi sırasında, ART ve geleneksel yöntemle kıyasla, daha az olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Carisolv™

jel, ART ve geleneksel yöntem ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla $534,8 \pm 227,293$ sn, $424,6 \pm 224,783$ sn ve $257,4 \pm 100,566$ sn olduğu ifade edilmiştir (319).

Goomer ve ark. (2013) tarafından 6-10 yaş arası 80 çocuğun okluzal ve okluzoprosimal dentin çürüklü 150 adet süt azı dişinin Carisolv™ jel, ART ve geleneksel yöntem ile tedavisinin süre ve ağrı hissi açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART ve geleneksel yöntemle kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu bulunmuştur. “Görsel-Analog Skala” ve “Sözel Ağrı Skalası” ile değerlendirilen ağrı hissinin, kemomekanik yöntem ile tedavi sırasında, ART ve geleneksel yöntemle kıyasla, anlamlı ölçüde daha az olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, Carisolv™ jel, ART ve geleneksel yöntem ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla $580,26 \pm 121,702$ sn, $414,66 \pm 103,51$ sn ve $202,30 \pm 66,60$ sn olduğu rapor edilmiştir (320).

Kochar ve ark. (2011) tarafından 5-9 yaş arası 80 çocuğun okluzal ve okluzoprosimal dentin çürüklü 120 adet süt azı dişinin Carisolv™ jel, Papacarie jel, ART ve geleneksel yöntem ile tedavisinin etkinlik, süre ve ağrı hissi açısından karşılaştırıldığı klinik çalışmada; dört farklı yöntemin de çürük dokunun uzaklaştırılmasında etkili olduğu ancak en etkili tekniğin geleneksel yöntem olduğu, bunu sırasıyla kemomekanik tekniklerin izlediği ve en düşük etkinliğin ART grubunda saptandığı rapor edilmiştir. Çürük uzaklaştırma süresinin, Carisolv™ jel grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla ölçüldüğü ve bunu sırasıyla Papacarie jel ve ART tekniklerinin izlediği belirtilmiştir. “Görsel-Analog Skala” ile değerlendirilen ağrı hissinin, geleneksel yöntem ile tedavi sırasında anlamlı derecede daha yüksek olduğu ve bunu sırasıyla ART ve Carisolv™ jel tekniklerinin izlediği belirtilmiştir. Çalışmada, Papacarie jel, Carisolv™ jel, ART ve geleneksel yöntem ile çürük uzaklaştırma sürelerinin sırasıyla $590,80 \pm 187,004$ sn, $723,73 \pm 179,476$ sn, $535,83 \pm 232,137$ sn ve $261,70 \pm 86,06$ sn olduğu rapor edilmiştir (321).

Ulaşılabilir kaynaklarda, BRIX 3000 ajanı kullanılan kemomekanik çürük uzaklaştırma ve ART tekniklerini uygulama süresi açısından karşılaştıran yalnızca bir çalışmanın mevcut olduğu görülmüştür (311). Bu çalışmanın sonuçları, BRIX 3000 ajanının kullanıldığı kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART

teknikğine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olması açısından çalışmamızın bulguları ile uyumludur. İncelenen çalışmaların pekçoğunun bulguları; okluzal (311–314,316), okluzoproksimal (317,318), okluzal ve okluzoproksimal (319–321) dentin çürüklü süt dişlerinde kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART teknikğine kıyasla, daha fazla bulunması açısından çalışmamızın bulguları ile örtüşmektedir. Ayrıca, söz konusu çalışmaların çoğunlukla in vivo koşullarda gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu doğrultuda, belirtilen çalışmalarda rapor edilen çürük uzaklaştırma süresinin çalışmamızda bildirilen değerlerden daha yüksek olmasının, klinik ve in vitro koşullar arasındaki ya da BRIX 3000 ile Papacarie ve Carisolv™ jellerinin formülasyonları ve etki mekanizmaları arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ulaşılabilir kaynaklarda, BRIX 3000 jelin, Papacarie ve Carisolv™ ajanları ile çürük uzaklaştırma süreleri açısından karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Okluzal dentin çürüklü süt dişlerinde Papacarie jelin kullanıldığı kemomekanik yöntem ile çürük uzaklaştırma süresinin, ART teknikğine kıyasla daha kısa olduğunu bildiren çalışma (315), diğer çalışmalar ve çalışmamızın bulguları ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın, araştırmacılar tarafından da belirtildiği üzere, anestezi gereksinimi ve çocuk hastalarda yaşanan kooperasyon problemleri gibi faktörlerden ve bu esnada işlem süresinin kaydedilmeye devam etmesinden kaynaklandığı anlaşılabılır.

5.3. Mikro-gerilim Bağlanma Dayanımı Testine Ait Değerlendirmeler

Restoratif materyallerin diş dokusuna adezyonunun değerlendirilmesinde ve klinik başarısının belirlenmesinde, bağlanma dayanımı kuvveti önemli rol oynamaktadır. Restoratif materyallerin diş dokusuna bağlanma dayanımının tespiti için pek çok laboratuvar çalışma dizaynı mevcuttur. Bağlanma dayanımı testleri, hızlı sonuç vermesi, nispeten kolay metodolojisi ve basit ekipmanları sayesinde sıklıkla tercih edilmektedir (258). Spesifik bir parametrenin test edilmesine imkân vermesi, verilerin hızlı elde edilmesi, güncel materyallerin ya da tekniklerin performanslarının ölçülmesine ve altın standart olarak kabul edilen materyaller ile karşılaştırılmasına olanak sağlaması ve düşük maliyeti gibi pek çok avantaja sahiptir (236).

Bağlanma dayanımı, diş dokusu ve restoratif materyal arasındaki bağlanma yüzeyinde birim alana düşen kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bağlanma dayanımı

testleri, örneğin hareketli ya da hareketsiz olmasına göre statik ve dinamik testler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Statik bağlanma dayanımı testleri, bağlanma ara yüzünün çapına göre makro (4-28 mm²) veya mikro (1 mm²); uygulanan kuvvetin türüne göre makaslama, gerilim ve itme-çekme olarak sınıflandırılmaktadır (259).

Makro bağlanma dayanımı testlerinde örneklerin geniş bağlanma yüzeyine ve homojen olmayan stres dağılımına bağlı olarak dişin ya da restoratif materyalin yapısındaki zayıf bölgelerde sıklıkla koheziv kırık görülmektedir. Bu durum, bağlanma dayanımı kuvvetinin hatalı ölçülmesine neden olmaktadır (9). Daha küçük bağlanma yüzeyinde daha yüksek bağlanma dayanımı değeri ve daha homojen stres dağılımı kaydedildiğini bildiren Sano ve ark. (1994), 1mm² yüzey alanına sahip örneklerde ölçüm yapılmasını sağlayan mikro-gerilim bağlanma dayanımı testini geliştirmiştir (265).

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi, bilimsel olarak kabul gören ve restoratif materyallerin diş dokusuna bağlanma dayanımının test edilmesinde en sık kullanılan test yöntemidir. Bu yöntemin, objektif veriler sunan, güvenilir ve gerçekçi bir in vitro test yöntemi olduğu bildirilmiştir (322). Daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerinin test edilmesine, bölgesel bağlanma dayanımı kuvvetlerinin ölçülebilmesine, tek bir diş örneğinden elde edilen çok sayıda kesitlerin ortalama ve medyan değerlerinin ölçülebilmesine, düzensiz ve çok küçük yüzeylerde bağlanma dayanımının test edilebilmesine olanak sağlaması gibi pek çok avantaja sahiptir. Diğer yandan, test yönteminin zorluğu ve hassasiyeti, yoğun laboratuvar çalışması gerektirmesi, 5 MPa'dan daha küçük mikro-gerilim bağlanma değerlerinin ölçümünün zorluğu, özel ekipmana ihtiyaç duyulması ve çok küçük yüzey alanına sahip örneklerin kısa sürede su kaybederek dehidrate olabilmesi gibi dezavantajları da mevcuttur (9). Çalışmamızda, yöntemin avantajları göz önünde bulundurularak BRIX 3000 ajanı ve ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılan dişlerin Equia Forte HT ve Dyract XP materyallerine bağlanma dayanımının ölçümünde, mikro-gerilim testi tercih edilmiştir.

Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi için elde edilen kesitler, çubuk, halter ya da kum saati şeklinde hazırlanabilmektedir. Çubuk şeklindeki kesitler, daha kolay ve doğru hazırlanabilmesi, ek preparasyon gerektirmediği için mikro hasarların

oluşmaması ve daha yüksek oranda standardizasyon sağlaması sonucunda sıklıkla tercih edilmektedir. Diğer yandan, kum saati şeklindeki kesitlerde bağlanma yüzeyinde daha iyi stres konsantrasyonu sağlanmaktadır. Ancak preparasyonunun hassasiyeti, ortaya çıkabilecek mikro hasarlara bağlı olarak ölçülen düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri ve standardizasyonunun zorluğu, kum saati şeklindeki kesitlerin dezavantajlarından (323). Kesit şekline ilişkin fikir birliğine varılamaması, preparasyon sırasında ortaya çıkabilecek problemler ve süt dişlerinde kesit elde etmenin zorluğu nedeniyle, çalışmamızda kesitlerin çubuk şeklinde hazırlanarak test edilmesine karar verilmiştir.

Test cihazının örneğe kuvvet uygulama hızı, “çapraz kafa hızı” olarak tanımlanmaktadır. Viskoelastik özelliklere sahip restoratif materyallerde, çapraz kafa hızının, bağlanma dayanımı değerlerini etkilediği bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, 1,0 ve 5,0 mm/dk çapraz kafa hızlarının 0,5 ve 0,75 mm/dk hızlara göre daha yüksek bağlanma dayanımına neden olduğu rapor edilmiştir (324). Diğer yandan, 0,01 ile 10,0 mm/dk çapraz kafa hızları arasındaki değerler için mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (325). ISO TR 11450 teknik raporunda, çapraz kafa hızının 0,45 ile 1,05 mm/dk arasında olması gerektiği belirtilmiştir (237). Çalışmamızın in vitro deneylerinin yapıldığı Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı’nda bulunan mikro-gerilim test cihazının çapraz kafa hızı, ISO TR 11450 teknik raporunda yer alan yönergelere uygun olarak 1 mm/dk’dır.

Literatüre bakıldığında, BRIX 3000 preparatı kullanılan kemomekanik çürük temizleme ile ART tekniklerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri açısından karşılaştırıldığı bir araştırmaya rastlanmamış; hem kemomekanik tekniğin hem de ART tekniğinin sıklıkla geleneksel çürük uzaklaştırma yöntemi ile karşılaştırılarak incelendiği ve birbirleriyle karşılaştırıldığı çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmüştür.

Adeziv sistem ile dentin yüzeyi arasındaki bağlanma kuvvetini olumsuz yönde etkileyen faktörlerden biri rezidüel çürük varlığı olup; incelenen çalışmalarda, kemomekanik ve ART tekniklerinin çürük uzaklaştırma etkinliğinin yeterli olduğu bildirilmiştir. Santos ve ark. (2020) tarafından dentin çürüklü 60 adet daimi büyük azı

dişte geleneksel, BRIX 3000 jel ve Papacarie Duo jel çürük uzaklaştırma yöntemlerinin tedavi etkinliğinin karşılaştırıldığı in vitro çalışmada; dentin mikrosertlik değerleri incelenerek tüm yöntemlerin çürük dokunun uzaklaştırılmasında benzer etkinlikte olduğu bulunmuştur (104). Thazhatheethil ve ark. (2021) tarafından okluzal dentin çürüğü bulunan 60 adet süt azı dişinin, BRIX 3000 ve Carie-Care ajanları ile çürük dokularının uzaklaştırılmasının ardından kalan dentin yüzeyinin taramalı elektron mikroskobu ile incelendiği in vitro çalışmada; her iki ajanın da çürük dokunun uzaklaştırılmasında etkili olduğu, kalan dentin yüzeyinde restoratif materyallere adezyonun iyileşmesine katkı sağlayan intertübüler mikro-gözeneklerin ve yüzey düzensizliklerinin görüldüğü ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir (326). Banerjee ve ark. (2000) tarafından okluzal dentin çürüğü mevcut 80 adet daimi büyük azı dişte geleneksel yöntem, air-abrazyon, sono-abrazyon, Carisolv™ jel kullanılarak gerçekleştirilen çürük uzaklaştırma işlemlerinin, atravmatik restoratif tedavi ile çalışma süresi ve uzaklaştırılan dentin dokusu miktarı açısından karşılaştırıldığı in vitro çalışmada; verimlilik ve etkinlik açısından en iyi kombinasyonu gösteren yöntemin ART tekniği olduğu bildirilmiştir (2). Celiberti ve ark. (2006) tarafından okluzal dentin çürüğü mevcut olan 80 adet daimi süt azı dişinde karbid frez, polimer frez, Er:YAG lazer ve ART yöntemlerinin çalışma süresi ve çürük uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı in vitro çalışmada; ART yönteminin, kabul edilebilir çalışma süresine sahip olması ve etkili çürük uzaklaştırma yeteneği sayesinde en uygun teknik olduğu rapor edilmiştir (327). Abdelnur ve ark. (2008) tarafından Papacarie jel, Carisolv™ jel ve ART yönteminin klinik etkinliğinin geleneksel yöntemle karşılaştırıldığı araştırmada, her üç yöntemin de yeterli etkinlikte olduğu ve geleneksel yönteme alternatif olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (328).

Kumar ve ark. (2012) tarafından Papacarie ve Carisolv™ jelin etkinliğinin değerlendirildiği klinik çalışmada; hem Papacarie hem Carisolv™ jel ile tedavi edilen tüm dişlerde kaviteletin, görsel ve dokunsal kriterlere dayalı olarak “çürüksüz” olduğu rapor edilmiştir (329). Gupta ve ark. (2013) tarafından süt ve daimi dişlerde geleneksel yöntem ve Papacarie jel kullanımının değerlendirildiği klinik çalışmada, kemomekanik yöntem ile tedavi edilen dişlerin tamamının görsel ve dokunsal kriterlere göre çürüksüz olduğu belirtilmiştir (95). Aynı zamanda, kemomekanik

ajanların karyojenik bakterilerin sayısında önemli ölçüde azalma sağladığı bildirilmiştir (330). Kidd ve ark. (1993) tarafından geleneksel yöntem ile çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kavitenin değerlendirilmesinde görsel ve dokusal kriterler ile çürük boyama yönteminin etkinliğinin karşılaştırıldığı çalışmada; sıklıkla mine-dentin birleşim bölgesinde boyanma gözlenmiş, boyanan ve boyanmayan bölgelerden alınan örneklerin mikrobiyolojik incelemesinde farklılık görülmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, kavitenin değerlendirilmesinde dokusal ve görsel kriterlerin tatmin edici sonuçlar verdiğini ifade etmiştir (331). Karyojenik mikroorganizma ekosistemi esas olarak enfekte dentin dokusunda bulunmakta olup bu dokunun uzaklaştırılmasından sonra etkilenen dentin dokusunda da mikroorganizmaların hayatta kalabildiği saptanmıştır. Sızdırmazlığın sağlandığı restorasyonlarda, etkilenmiş dentinde kalan bakterilerin biyoaktivitesinin sınırlandığı ve çürüğün ilerlemesine dair klinik ve radyografik bulguların görülmediği belirtilmiştir (332). Kalan dentin dokusunun değerlendirilmesinde görsel ve dokusal kriterlere ek olarak kullanılan çürük boyama yönteminin, etkilenmiş dentinin tübüler yapısı ve mine-dentin birleşim bölgesindeki sağlıklı dentinin düşük mineral yoğunluğu nedeniyle yalnızca enfekte dokuyu değil, aynı zamanda dentinin organik matriksini de boyayabileceği ve fazla preparasyona neden olabileceği vurgulanmıştır (331). Ayrıca, çürük boyama yönteminde kullanılan ajanların bağlanma kuvvetini olumsuz yönde etkileyebilmesine ek olarak yüksek maliyetli olması ve işlem süresini arttırması nedeniyle kullanımları sınırlıdır (333). Bir başka çalışmada, çürük dokusundaki patolojik değişiklikler renge tutarlı bir şekilde bağlı olmadığından, kavitedeki renk değişiminin iyi bir gösterge olmayabileceği bildirilmiş ve enfekte dentinin, kavite duvarlarında “sertlik” hissi alınana kadar uzaklaştırılması önerilmiştir (272). Çalışmamızda, bu faktörler doğrultusunda, olumsuz etkileri dikkate alınarak çürük boyama yöntemi uygulanmamış; BRIX 3000 jel ve ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılan dişlerde özellikle dokusal kriterler kullanılmış, yumuşak dentin hissi alınmaması ve direnç hissedilen dentin dokusuna ulaşılması esas alınmıştır.

Gianini ve ark. (2010) tarafından çürük dokusu ART tekniği ve Papacarie jel ile uzaklaştırılan daimi büyük azı dişleri, iki aşamalı “asitle-durula” tip adeziv (A1), iki aşamalı self-etch adeziv (A2) ve tek aşamalı self-etch adeziv (A3) sistemlerinin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan

Çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Papacarie jel kullanılan grupların mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri, belirtilen adeziv sistemler için sırasıyla 15.6±7.5 (A1), 14.4±5.0 (A2), 17.2±4.6 (A3) MPa; ART tekniği kullanılan grupların ise sırasıyla 18.5±2.4 (A1), 13.9±3.6 (A2), 16.5±3.0 (A3) MPa olarak rapor edilmiştir. Papacarie jelin, iki aşamalı “asitle-durula” tip adeziv sistemi haricindeki gruplarda, ART tekniğine kıyasla, daha yüksek bağlanma dayanımı değeri görüldüğü, ancak bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, kemomekanik yöntemde, üretici firma tarafından kullanılması önerilen künt ekskavatörün, smear tabakası oluşumunda önemli bir etken olabileceğini ve kemomekanik ve mekanik yöntemlerin ardından kalan dentin dokusunun morfolojik yapılarının benzerlik gösterebileceğini ifade etmiştir (334). Amaral ve ark. (2011) tarafından rrk dokusunun ART tekniği ve Papacarie jel ile uzaklaştırılmasının ardından gönüllü katılımcıların palatal plaklarında 14 gün bekletilen dentin kesitleri, iki aşamalı “asitle-durula” tip adeziv, iki aşamalı self-etch adeziv ve tek aşamalı self-etch adeziv sistemlerin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Papacarie jel kullanılan grupların, belirtilen adeziv sistemler için mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri sırasıyla 18.7, 19.0, 8.1 MPa; ART tekniği grupları için ise 19.9, 16.2, 6.3 MPa olarak rapor edilmiştir. Gianini ve ark.nın çalışmasında (b10) bildirilen sonuçlara benzer şekilde, papacarie jelin, iki aşamalı “asitle-durula” tip adeziv sistemi haricindeki gruplarda, ART tekniğine kıyasla, daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği ancak bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir (229).

Piva ve ark. (2008) tarafından rrk dokusu ART tekniği ve Papacarie jel ile uzaklaştırılan daimi büyük azı dişleri ile yalnızca sağlam dentin dokusu açığa çıkarılan (kontrol) ve sağlam dentin dokusuna Papacarie jel uygulanan rrksz daimi büyük azı dişleri, iki aşamalı self-etch adeziv (Clearfil) ve total-etch adeziv (Prime&Bond NT) sistemlerinin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Sağlam dentin dokusuna Papacarie jel uygulanan çalışma grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. rrk dokunun uzaklaştırılmasında Papacarie jel kullanılan grupların, belirtilen adeziv sistemler için

mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri sırasıyla 10.9 ± 2.3 , 8.3 ± 2.9 MPa; ART tekniği kullanılan grupların ise 13.9 ± 2.4 , 8.6 ± 1.8 MPa olarak rapor edilmiştir. Self-etch adeziv sistemin uygulandığı gruplarda, Papacarie jelin mikro-gerilim bağlanma dayanımını anlamlı derecede azalttığı; total-etch adeziv sistemin uygulandığı gruplarda ise anlamlı bir farklılığın görülmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu sonucu Papacarie jelin etki ettiği kolajen fibrillerinin rezin-dentin difüzyon bölgesinde hibridizasyonu olumsuz yönde etkileyebilmesi, çürük dokunun uzaklaştırılması sırasında gözlemlenen “baloncuk” görünümünün adeziv rezinin polimerizasyonuna etki edebilecek efervesan yüzey aktivitesine sebep olabilmesi ve çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından dentin yüzeyinde kalan jel kalıntılarının bağlanma mekanizmasına etki edebilmesi ile açıklamıştır. Ek olarak, sağlam dentin dokusu ile kıyaslandığında, anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı değerleri saptanan çürük lezyonu uzaklaştırılmış dentin dokusunda, en sık adeziv tip kırılmanın görüldüğü ve bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu belirtilmiştir (335).

Banerjee ve ark. (2010) tarafından daimi büyük azı dişlerinde çürük dokunun uzaklaştırılmasında kullanılan Carisolv™ jel ve ART tekniklerinin etkinlikleri konfokal fiber-optik mikro-endoskopi (CFOME) ile değerlendirilmiş, kalan dentin yüzeyleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir. Çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından dişlere total-etch ve self-etch adeziv sistemler uygulanmış ve kompozit rezin materyaller ile restore edilmiş, oluşturulan çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. CFOME analizi sonuçlarında, ART tekniğinin aşırı prepare etme eğiliminde olduğu, kemomekanik yöntemin ise jelin kontrollü etkisine bağlı olarak kendi kendini sınırladığı, daha seçici olduğu ve minimal invaziv diş hekimliği doğrultusunda kabul edilebilir ölçüde etkili olduğu vurgulanmıştır. Kalan dentin yüzeyinin SEM analizinde, Carisolv™ jelin smear tabakasını uzaklaştırmada önemli ölçüde daha etkili olduğu bildirilmiştir. ART ve Carisolv™ jel yöntemleri için mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri total-etch adeziv sistem uygulanan gruplarda sırasıyla 27 ± 3.9 ve 22 ± 5.1 MPa; self-etch adeziv sistem uygulanan gruplarda ise 22 ± 3.3 ve 27 ± 6.1 MPa olarak rapor edilmiştir. Self-etch adeziv sistemin uygulandığı gruplarda, Carisolv™ jelin mikro-gerilim bağlanma dayanımını anlamlı derecede arttırdığı; total-etch adeziv sistemin uygulandığı gruplarda ise anlamlı derecede azalttığı belirtilmiştir.

Araştırmacılar, bu sonuçları çürük uzaklaştırma tekniklerinin ardından kalan dentin yüzeyinin mikro-morfolojik yapısı ile açıklamıştır. Aşırı prepare etme eğiliminde olduğu belirtilen ART tekniğinde, kalan dentin yüzeyinin, sağlam dentine yakın sertlikte olduğu ancak önemli yapısal farklılıklar gözlemlendiği saptanmıştır. SEM analizinde, ART tekniğinin smear tabakası ürettiği ve dentin tübüllerinin smear tıkaçları ile kaplı olduğu gözlemlenmiştir; self-etch adeziv sisteminde kaydedilen düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri, smear tabakasının yeterince uzaklaştırılmaması ile ilişkilendirilmiştir. Seçici preparasyon sağladığı belirtilen Carisolv™ jel tekniğinin ardından kalan dentin yüzeyinin SEM analizinde, smear tabakasının uzaklaştırıldığı, inter-tübüler dentinin yüksek derecede gözeneklilik sergilediği ve pürüzlü bir yüzey elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, Carisolv™ jel ile smear tabakası uzaklaştırılmış dentin yüzeyine total-etch adeziv sistem uygulandığında; fosforik asidin demineralizasyon etkisinin daha derine ulaştığı ve daha kalın bir kolajen tabakası açığa çıkardığı belirtilmiştir; adeziv rezinin penetrasyonunu engelleyebilecek ölçüde kolajen iç tabaka varlığının da düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Ek olarak, adeziv tip kopmanın, daha zayıf bağlanma yüzeyini ve bağlanma dayanımını işaret ettiği belirtilmiştir (99).

Sonoda ve ark. (2004) tarafından çürük dokusu ART tekniği ve Carisolv™ jel ile uzaklaştırılan daimi büyük azı dişleri ve aynı dişlerin sağlam dentin yüzeylerinden elde edilen dentin kesitleri, self-etch adeziv (Clearfil) ve total-etch adeziv (Prime&Bond NT) sistemlerin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Sağlıklı dentin, Carisolv™ jel ve ART yöntemi grupları için mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri self-etch adeziv sistem uygulananlarda sırasıyla 32.36 ± 5.26 , 31.10 ± 9.21 , 22.33 ± 6.90 MPa; total-etch adeziv sistem uygulananlarda ise sırasıyla 28.16 ± 16.31 , 26.99 ± 11.69 , 25.06 ± 10.16 MPa olarak rapor edilmiştir. Self-etch adeziv sistem uygulanan gruplarda, ART yönteminin mikro-gerilim bağlanma dayanımını anlamlı derecede azalttığı, total-etch adeziv sistem gruplarında ise farklılığın görülmediği bildirilmiş; her iki adeziv sistem grubunda da en yüksek bağlanma dayanımı değeri sağlıklı dentinde, en düşük bağlanma dayanımı değeri ise ART yönteminde gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, ART yönteminin ardından kalan dentin

yüzeyinde amorf bir organik ve inorganik kalıntı tabakasının-smear tabakasının bulunduğunu ve ek bir asitle pürüzlendirme aşaması olmayan self-etch adeziv sistemin smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz olabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca, çürükten etkilenmiş dentinin sağlıklı dentine kıyasla düşük sertliğinin, dentin tübüllerindeki “whitlockite” birikintilerinin ve inter-tübüler dentinin mineral kaybının, daha düşük bağlanma dayanımına neden olduğu vurgulanmıştır (336).

Zaghloul (2018) tarafından çürük dokusu geleneksel yöntem ve Carisolv™ jel ile uzaklaştırılan daimi 3. büyük azı dişleri, “asitle-durula” tip adeziv (ER) ve self-etch adeziv (SE) sistemlerin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyal ile restore edilmiş; oluşturulan çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri açısından karşılaştırılmış ve bağlanma yüzeyleri SEM ile analiz edilmiştir. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri, Carisolv™+ER grubunda $27,06 \pm 0.84928$, Geleneksel+ER grubunda $26,21 \pm 0.98289$, Carisolv™+SE grubunda 25.66 ± 0.48468 ve Geleneksel+SE grubunda 22.35 ± 0.53198 MPa olarak rapor edilmiştir. “Asitle-durula” tip adeziv sistemin uygulandığı gruplar arasında anlamlı farklılık görülmediği ancak self-etch adeziv sistemde, Carisolv™ jelin mikro-gerilim bağlanma kuvvetini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir. Geleneksel+SE haricindeki tüm çalışma gruplarında sıklıkla “koheziv” tip kopma görülmüş, Geleneksel+SE grubundaki kopma tipi, düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerine bağlı olarak ortaya çıkan adeziv başarısızlık ile ilişkilendirilmiştir. Bağlanma yüzeyinin SEM analizinde, çürük dokusu geleneksel yöntem ile uzaklaştırılan dentin dokusunda smear tabakası ve kalsifiye çökeltilerin mevcut olduğu; Carisolv™ jel uygulanan dentinde, daha kalın ve düzgün dağılımlı rezin-tag oluşumu görülmüştür. Araştırmacılar, bu durumu, geleneksel yöntemin ardından dentin yüzeyinin kalın bir smear tabaka içermesi, artan organik içeriği ve tübüllerinin tıkalı olması; Carisolv™ jel uygulamasının ardından dentin yüzeyinin ıslanabilirliğinin ve yüzey enerjisinin artması ile ilişkilendirmiştir. Ek olarak, Carisolv™ jel uygulamasının, her iki adeziv sistemde de mikro-gerilim bağlanma dayanımını arttırdığı ifade edilmiştir (337).

Li ve ark. (2011) tarafından çürük dokusu geleneksel yöntem ve Carisolv™ jel ile uzaklaştırılan daimi 3. büyük azı dişleri, öncesinde asitleme yapılmadan total-etch adeziv (Prime&Bond NT), “asitle-durula” tip adeziv (One-Step) ve self-etch adeziv (Adper Prompt-L-Pop) sistemlerin uygulanmasının ardından kompomer materyali ile

restore edilmiş, oluşturulan çalışma grupları mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri açısından karşılaştırılmış ve bağlanma yüzeyleri SEM ile analiz edilmiştir. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri, belirtilen adeziv sistemler için Carisolv™ grubunda sırasıyla 17.22 ± 7.95 , 25.40 ± 8.44 ve 17.96 ± 8.33 MPa; geleneksel yöntem grubunda ise sırasıyla 16.01 ± 7.43 , 23.45 ± 7.55 ve 16.26 ± 7.97 MPa olarak rapor edilmiştir. Carisolv™ jel uygulamasının, tüm adeziv sistemlerde bağlanma kuvvetini arttırdığı ancak bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Ek olarak, “asitle-durula” tip adeziv sistemin kullanıldığı çalışma gruplarında istatistiksel olarak önemli derecede yüksek mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri saptanmıştır. Tüm çalışma gruplarında, en sık “adeziv” tip kopmanın görüldüğü, “koheziv” tip kopmanın ise en fazla “asitle-durula” tip adeziv sistemin kullanıldığı gruplarda görüldüğü belirtilmiştir. Yapılan SEM analizinde, çürük dokunun geleneksel yöntem ile uzaklaştırıldığı dentin yüzeyinde kalın smear tabakası; Carisolv™ uygulanan dentin yüzeyinde ise ince smear tabakası görülmüş ve dentin tübüllerinin açık olduğu gözlemlenmiştir. Öncesinde asitleme yapılmayan total-etch adeziv sistemin uygulandığı gruplardaki dentin-kompomer bağlanma yüzeyinde, rezin-tag oluşumunun yalnızca Carisolv™ grubunda görüldüğü bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, adeziv sistemlerin farklı prosedürleri ve etki mekanizmaları ile açıklamıştır. Öncesinde asitleme yapılmayan total-etch adeziv sistemin smear tabakasını uzaklaştırmada nispeten yetersiz olmasının, geleneksel yöntemin ardından kalan dentin yüzeyinde rezin-tag oluşmamasına neden olduğu da ifade edilmiştir (338).

Zaffe ve ark. (2010) tarafından çürük dokusu %35’lik konsantrasyondaki fosforik asit ve Carisolv™ jel ile uzaklaştırılan daimi dişler, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyali ile restore edilmiş ve bağlanma yüzeyleri SEM ile analiz edilmiştir. Carisolv™ jel uygulanan dentin yüzeyindeki dentin tübüllerinin açık olduğu ve içerisinde cam iyonomer siman penetrasyonunun mevcut olduğu; %35’lik konsantrasyondaki fosforik asit jel uygulanan dentin yüzeyinin ise oldukça düzensiz olduğu, dentin tübüllerinin fazla derecede genişlediği, dentin dokusunun demineralize olduğu ve cam iyonomer simana gömülü dentin partiküllerinin görüldüğü bildirilmiştir. Araştırmacılar, Carisolv™ jel ile çürük uzaklaştırma tekniğinin, cam

iyonomer siman materyallerin adezyonunda iyi bir tercih olacağını ifade etmiştir (339).

Al Shamim ve ark. (2010) tarafından daimi büyük azı dişlerin sağlıklı dentin yüzeylerine, çalışma grubunda Carisolv™ jel ve %40'lık konsantrasyonda poliakrilik asit uygulanmış, kontrol grubunda ise yalnızca poliakrilik asit uygulanmış ve ardından dişler yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyali ile restore edilerek oluşturulan grupların makaslama bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırılmıştır. Carisolv™ jel grubunda mikro-makaslama bağlanma dayanımının 4.97 ± 0.82 MPa, kontrol grubunda ise 3.98 ± 0.67 MPa olduğu rapor edilmiş ve Carisolv™ jel uygulanan dentin dokusunda, makaslama bağlanma dayanımı kuvvetinin anlamlı derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir (340).

Wahby ve ark. (2014) tarafından çürük dokusu geleneksel yöntem ve Papacarie jel ile uzaklaştırılan süt azı dişleri, geleneksel cam iyonomer siman ve kompozit rezin materyalleri ile restore edilmiş ve mikro-gerilim bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri, Papacarie jel grubunda cam iyonomer ve kompozit rezin materyalleri için sırasıyla 22.9 ± 9.01 ve 25.97 ± 6.14 MPa; geleneksel yöntem grubunda ise sırasıyla 38.63 ± 8.48 ve 74.08 ± 12.88 MPa olarak rapor edilmiştir. Papacarie jel ile tedavinin, her iki restoratif materyal grubunda da bağlanma kuvvetini istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, Papacarie jelin etkilenen dentin üzerinde etki göstermemesi ve etkilenen dentinin kısmi denatüre yapısının, rezin monomerlerin penetrasyonunu olumsuz yönde etkilemesi ile ilişkilendirmiştir (341).

Arora ve ark. (2012) tarafından okluzal çürüklü daimi dişlerde çürük dokunun geleneksel yöntem, Papacarie jel ve Ca(OH)_2 ile uzaklaştırılmasının ardından kalan dentin dokusu ve kompozit rezin materyali arasında rezin-tag oluşumu SEM ile analiz edilmiştir. Papacarie jel uygulanan dentin yüzeyinde smear tabakasının minimum düzeyde olduğu ve dentin tübüllerinin açık olduğu belirtilmiştir. Geleneksel yöntem ve Ca(OH)_2 uygulanan dentin yüzeyinde ise tipik bir smear tabakası ve tıkalı dentin tübülleri görülmüştür. Bu bağlamda, kemomekanik ajan ile çürük dokusu uzaklaştırılan dentin yüzeyinin, geleneksel yönteme kıyasla, daha yüksek yüzey enerjisine sahip olduğu ve potansiyel olarak daha güçlü bir bağlanma kuvveti

sağlayabileceği bildirilmiş olup, rezin-tag uzunluğu da en fazla kemomekanik yöntemde kaydedilmiştir. Araştırmacılar, bu sonuçları, çürük uzaklaştırma yönteminin etki mekanizması, dentin yüzeyinin mikro-morfolojik yapısı ve smear tabakasının varlığı ile ilişkilendirmiştir. Geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan dentinde üretilen smear tabakasının, adeziv bileşenlerin dentin dokusuna difüzyonunu olumsuz yönde etkileyebilecek “aside dirençli kristaller” içerdiği belirtilmiştir. Resin materyallerin dentine adezyonu esas olarak dentin tübülleri içerisinde görülen rezin-tag ve hibrit tabaka ya da rezin-dentin difüzyon bölgesinin oluşumuna dayalı mikro-mekanik kilitlenme ile sağlandığından smear tabakası, diş dokusu ve rezin adeziv arasındaki bağlanma için bir engel olarak kabul edilmiştir (342).

Nair ve ark. (2018) tarafından çürük dokusu geleneksel yöntem, Carisolv™, Carie-Care ve Papacarie jel ile uzaklaştırılan daimi dişlerin dentin yüzeylerinin Enerji Dağılımlı X ışını (EDX) analizi ve mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırılmıştır. Çürük uzaklaştırma yöntemlerine göre mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri sırasıyla 20.301, 21.454, 22.001 ve 21.548 MPa olarak rapor edilmiştir. En yüksek mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri, Papacarie jel grubunda saptanmış ancak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. EDX analizinde ise çürük uzaklaştırma yöntemlerinin ardından kalan dentin yüzeylerinin kalsiyum-fosfor oranı ve mineral yoğunluğu açısından gruplar arasında farklılık bulunmamıştır. Araştırmacılar, bu sonuçları, etkilenmiş dentin dokusunun mikro-yapısal özellikleri ve kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının kolajenolitik etkisi ile açıklamıştır. Etkilenmiş dentinin mineral içeriğindeki azalma ve kristalize yapısındaki bozulmaya bağlı olarak organik bileşenlerinin ikincil yapısındaki önemli değişiklikler nedeniyle bağlanma kuvvetinin olumsuz yönde etkilenebileceği belirtilmiştir. Çürük lezyonuna karşı savunma mekanizması ile tübüllerde biriktirilen ve "whitlockite" olarak da adlandırılan b-trikalsiyum fosfat yapıların, resin monomerlerin intratübüler penetrasyonunu ve derin dentin dokusuna difüzyonunu engellediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, kemomekanik ajan uygulanan dentin yüzeyinde smear tabakasının olmaması ve dentin tübüllerinin açık olması sayesinde adeziv sistemlerin optimum penetrasyonunun sağlandığı ifade edilmiştir. Ek olarak, kemomekanik ajanların kendi kendini sınırlayıcı kolajenolitik etkisi sayesinde dentin dokusunun mineral yoğunluğunun etkilenmediği sonucuna varılmıştır (96).

Maru ve ark. (2014) tarafından çürük dokusu geleneksel yöntem ve Papacarie jel ile uzaklaştırıldıktan sonra kompozit rezin ile restore edilen süt azı dişleri, mikrosızıntı ve makaslama bağlanma dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Papacarie jel kullanılan dişlerde, geleneksel yöntemin kullandığı dişlere kıyasla, daha az mikrosızıntı (%46,70-86,70) görüldüğü ve ortalama makaslama bağlanma direncinin daha yüksek (12.91-9.64 MPa) olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılmış dentin yüzeyinde bağlanma mekanizmasına olumsuz yönde etki edebilecek smear tabakasının mevcut olması ve Papacarie jel uygulanmış dentin yüzeyinin düzensiz görünümü, yüksek pürüzlülük göstermesi ve smear tabakası içermemesi ile ilişkilendirmiştir. Ayrıca, benzer çalışmalarda rapor edilenlere kıyasla daha düşük değerde ölçülen makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin, süt dişlerinin yapısal farklılıklarına ve yüzey alanına, saklama protokolüne, laboratuvar ekipmanına ve enstrümantasyona bağlı olabileceği vurgulanmıştır (343).

Söz konusu çalışmaların çoğunluğunda, kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının, ek bir aşama olarak asitle pürüzlendirme yapılmayan adeziv sistemlerde bağlanma kuvvetini artırması, çalışmamızın sonuçları ile uyumludur. Papacarie ve Carisolv™ kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının, total-etch adeziv sistemlerde mikro-gerilim bağlanma dayanımını azalttığı yönünde görüş bildiren çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardaki araştırmacılar, kemomekanik ajanın uygulanmasının ardından, az miktarda smear tabakası içeren dentin yüzeyinde asit ile pürüzlendirme yapıldığında, fosforik asidin demineralizasyon etkisinin daha derine ulaşmasına bağlı olarak ortaya çıkan daha kalın kolajen tabakasının, bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiştir (99). Çalışmamızda, örneklerin Dyract XP kompomer materyali ile restorasyonu aşamasındaki total-etch adeziv sistem uygulamasında, üretici firmanın önerileri dikkate alınarak ve ek bir uygulama basamağı gerektirmesi ve tedavi süresini arttırması nedeniyle klinik uygulamalarda çocuk hastanın uyumunu bozabileceği de düşünülerek asitle pürüzlendirme işlemi yapılmamıştır. Mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi sonuçlarımızda, Grup 1B (BRIX+Dyract XP) için $17,68 \pm 2,88$ MPa, ve Grup 2B (ART+Dyract XP) için $11,36 \pm 1,66$ MPa değerleri kaydedilmiştir. Restoratif materyal olarak Dyract XP kompomer materyali kullanılan bu çalışma gruplarında, BRIX 3000 jel ile çürük dokunun uzaklaştırılması işleminin bağlanma

dayanımını anlamlı derecede arttırdığı saptanmıştır. Bu durumun, BRIX 3000 jel ile çürük dokunun uzaklaştırılmasının ardından kalan dentin yüzeyinin; tübüllerin açık olması ve smear tabakasının daha ince olması ya da olmamasına bağlı olarak daha iyi bir adezyona imkan sağlayacak şekilde mikro-morfolojik özellikte olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. BRIX 3000 jelde bulunan biyokapsülleme teknolojisi, Carisolv™ ve Papacarie jellerinden farklı olarak, spesifik bir enzimatik aktivite süreci ve standardize edilmiş enzimatik aktivite konsantrasyonu sunmaktadır. ART tekniğinde restoratif materyalden bağımsız olarak da daha düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin tespit edilmesi; çürük dokunun keskin ekskavatör ile mekanik olarak uzaklaştırılması sonucu kalan dentin yüzeyinde daha kalın smear tabakası varlığı ve kemomekanik yöneme kıyasla daha invaziv bir teknik olması nedeniyle daha fazla uzaklaştırılan dentin dokusu ile ilişkili olarak artan kavite derinliği ve dentin geçirgenliği ile açıklanabilir.

Kemomekanik çürük uzaklaştırma ajanlarının, poliakrilik asit ile yüzey hazırlığı öncesinde uygulanmasının, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyallerinin bağlanma kuvvetini arttırdığını ve %37'lik fosforik aside kıyasla daha iyi bir dentin yüzeyi sağladığını bildiren çalışmalar (339,340), çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Çalışmamızın mikro-gerilim bağlanma dayanımı testi sonuçlarında, Grup 1A (BRIX+Equia Forte HT) için $19,26 \pm 3,00$ MPa ve Grup 2A (ART+Equia Forte HT) için $12,24 \pm 1,66$ MPa değerleri kaydedilmiştir. Üretici firma önerileri doğrultusunda, öncesinde %20'lik poliakrilik asit (GC Cavity Conditioner) ile yüzey hazırlığı yapılan ve restoratif materyal olarak Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer siman kullanılan bu çalışma gruplarında, BRIX 3000 jel ile çürük dokunun uzaklaştırılması işleminin bağlanma dayanımını anlamlı derecede arttırdığı saptanmıştır. Dyract XP kompomer materyali grubunda da bağlanma dayanımını arttıran BRIX 3000 jelin, hem mekanik hem de kimyasal olarak bağlanan restoratif materyallerin adezyonunu güçlendirdiği anlaşılmıştır. ART yönteminin Equia Forte HT materyal grubunda, BRIX 3000 jel yöntemine kıyasla, daha düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin bulunması, yöntemin daha invaziv olması ve kalan dentin dokusunun bağlanma yüzeyi için ideal bir substrat oluşturmaması ile açıklanabilir. Diğer taraftan, Grup 2A (ART+Equia Forte HT)'nın mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin, Grup 2B (ART+Dyract XP)'den daha

yüksek olması; %20'lik poliakrilik asit (GC Cavity Conditioner) ile yüzey hazırlığının bağlantı değerini olumlu etkilediğini düşündürebilir. Bununla birlikte, mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasındaki bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmaması, yüzey hazırlığı işleminin bağlanma kuvvetini etkilemediğini ve bağlanma dayanımı değerinin materyalden kaynaklı artabildiğini ifade edebilir. Çürük temizleme yöntemleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde, Equia Forte HT materyalinin bağlanma dayanımı, Dyract XP kompozit materyaline kıyasla, istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da daha yüksek bulunmuştur. Bu, Equia Forte HT materyalinin diş dokusuna hem mekanik hem de kimyasal adezyon sağlamasının bir sonucu olarak görülebilir.

İncelenen çalışmalarda, düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı gösteren çalışma gruplarında sıklıkla “adeziv” tip kopma görülmesi, çalışmamızın sonuçları ile örtüşmektedir. Çalışmamızda, mikro-gerilim bağlanma dayanımı testinin ardından stereomikroskop ile yapılan incelemede; Grup 1A (BRIX+Equia Forte HT)’da en fazla koheziv tip kopma, diğer gruplarda ise en fazla adeziv tip kopma tespit edilmekle birlikte çalışma gruplarının kopma tipinden bağımsız olduğu bulunmuştur. Diğer taraftan, Grup 1A (BRIX+Equia Forte HT)’da ölçülen mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olması, kopma tipini doğrulamakta olup gruplara göre meydana gelen kopma tipleri, çalışmamızın diğer sonuçları ile de uyumludur. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da Grup 1A (BRIX+Equia Forte HT)’da koheziv tip kopmanın daha fazla görülmesi, Equia Forte HT materyalinin diş dokusu ile oluşturduğu mekanik ve kimyasal bağlantıya atfedilebilir. Çalışmamızda, grup gözetmeksizin, kopma tiplerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin sıralaması “koheziv>miks>adeziv” olarak belirlenmiş, koheziv ve adeziv tip kopma arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, düşük bağlanma kuvvetinin adeziv başarısızlığa neden olduğu anlaşılmaktadır.

İncelenen çalışmalarda rapor edilen mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin, en düşük 3.98 MPa ve en yüksek 74.08 MPa olmak üzere geniş değer aralığına sahip olduğu görülmüştür. Çalışmamızda, en düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerinin 8.20 MPa, en yüksek değer ise 24.50 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çalışmalarda kullanılan örneklerin süt ya da daimi diş olmasına, çürüklü ya da çürüksüz olmasına, kullanılan çürük uzaklaştırma yöntemleri ve adeziv-

restoratif sistemlere ek olarak deneysel uygulama protokolüne ait değişkenler nedeniyle standardizasyonun sağlanması oldukça güç olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, çalışmamızda elde edilen mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri çalışmaların çoğunluğu ile benzerlik göstermektedir.

5.4. Mikrosızıntı Testine Ait Değerlendirmeler

Restoratif materyallerin sızdırmazlık özelliği, restorasyonun ömrünü etkilemektedir. Adeziv sistemlerdeki ve restoratif materyallerdeki önemli gelişmelere rağmen restorasyonlardaki başarısızlığın ana nedenlerinden birinin mikrosızıntı olduğu bildirilmektedir. Diş dokusu ve restoratif materyal arasındaki bağlanma yüzeyinden bakteri, sıvı, molekül ve/veya iyon geçişi olarak tanımlanan mikrosızıntı; kenar renklenmeleri, sekonder çürük ve post-operatif hassasiyet gibi sorunlara neden olabilmektedir (241,242). Restoratif materyallerin polimerizasyon büzülmesi, termal genleşme katsayısının mine ve dentinden farklı olması, su absorpsiyonu, kavite geometrisi ve mekanik kuvvetler gibi pek çok faktör, mikrosızıntıya neden olabilmektedir (243).

Diş ve restoratif materyal arasındaki marjinal geçirgenliğin ve sızdırmazlığın değerlendirilmesi için pek çok in vivo ve in vitro mikrosızıntı tespit yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmamızda, mikrosızıntının in vivo şartlarda tespitinin standardizasyonunun sağlanması güçlüğü ve uzun zaman gerektirmesi gibi dezavantajları nedeniyle in vitro koşullar tercih edilmiştir. Mikrosızıntının in vitro koşullarda tespit edilmesinde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Hızlı ölçüm sağlaması, kolay ve ucuz olması, radyasyona ihtiyaç duyulmaması gibi önemli avantajlarına bağlı olarak en sık kullanılanı, boya penetrasyon yöntemidir. Bu yöntemde, dentin tübüllerinden geçemeyecek büyüklükte partiküllere sahip olması, ulaşılabilir ve ucuz olması gibi avantajları sayesinde metilen mavisi ve bazik fuksin, en sık tercih edilen boyalardır (248). Türkün ve Ergücü (2004) tarafından estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin değerlendirildiği çalışmada; en sık kullanılan boyanın %0.5 bazik fuksin olduğu bildirilmiştir (244). Çalışmamızda, sunduğu avantajlar göz önünde bulundurularak boya penetrasyon yöntemi kullanılmış ve %0.5'lik bazik fuksin tercih edilmiştir.

Hazırlanan örneklerde kesit alma tekniğinin uygulanmasının ardından dereceli skorlama ve bilgisayar destekli dijital ölçüm teknikleri kullanılarak mikrosızıntı değerlendirilmektedir. Bilgisayar destekli ölçüm yönteminin, kantitatif ve objektif ölçüm yapılmasına olanak sağlamasına rağmen ek bir ekipman ya da bilgisayar programı gerektirmesi nedeniyle mikrosızıntının değerlendirilmesinde sıklıkla skorlama yöntemi kullanılmaktadır (250). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, sıklıkla “4 dereceli” ya da “5 dereceli” skorlama tekniklerinin kullanıldığı görülmüştür. Çalışmamızda, tekniğin hassasiyetini arttırabilmek amacıyla Milleding (1992)’in 5 dereceli değerlendirme skalası kullanılmıştır.

5.4.1. Çürük Uzaklaştırma Yöntemlerinin Mikrosızıntı Üzerindeki Etkisine Ait Değerlendirmeler

Literatüre bakıldığında, BRIX 3000 preparatı kullanılan kemomekanik çürük temizleme ile ART tekniklerinin mikrosızıntı açısından karşılaştırıldığı bir araştırmaya rastlanmamış; hem kemomekanik tekniğin hem de ART tekniğinin sıklıkla geleneksel çürük uzaklaştırma yöntemi ile karşılaştırılarak incelendiği görülmüştür.

Aslam ve ark. (2021) tarafından Papacarie jel ile çürük dokusu uzaklaştırılan süt azı dişleri, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve amalgam materyalleri ile restore edilmiş ardından 1000 ya da 5000 kez termal siklusa tabi tutulmuş ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin, amalgama kıyasla, anlamlı derecede daha az mikrosızıntıya neden olduğu ve artan termal döngü sayısından etkilenmediği bildirilmiştir. Çalışmada bulunan en yüksek mikrosızıntı değeri, 5000 termal siklusa tabi tutulmuş amalgam materyalinde kaydedilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, amalgam ve diş dokusu arasındaki termal genleşme katsayısı farklılığı ile ilişkilendirmiştir. Ek olarak, Papacarie jel ile çürük dokunun uzaklaştırılmasından sonra kalan dentin dokusunun, smear tabakası içermemesi ve adezyon için uygun bir yüzey sağlaması ve artan yüzey enerjisi sayesinde diş ve restoratif materyal arasındaki kimyasal bağlanmayı güçlendirmesine bağlı olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinde daha az mikrosızıntı görüldüğü ifade edilmiştir. Süt dişlerinde, kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin ardından cam iyonomer siman materyali ile restorasyonun, uygun bir seçenek olduğu vurgulanmıştır (344).

Maru ve ark. (2014) tarafından Papacarie jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan süt azı dişleri, tek aşamalı self-etch adeziv sistem uygulamasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş, oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı ve makaslama bağlanma dayanımı açısından değerlendirilmiştir. Kemomekanik yöntem grubunda, daha yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerinin kaydedildiği ve daha az mikrosızıntının görüldüğü bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu sonucu, Papacarie jel ile çürük dokunun uzaklaştırılmasından sonra kalan dentin dokusunun, geleneksel yöntemin aksine smear tabakası içermemesi ve ek bir aşama olarak asitle pürüzlendirme yapılmayan adeziv sistemlerde smear tabakasının yeterince uzaklaştırılamaması ile ilişkilendirmiştir (343).

Juntavee ve ark. (2013) tarafından papain bazlı Apacarie jel, ART ve Er:YAG lazer yöntemleri ile çürük dokusu uzaklaştırılan süt azı dişleri, Fuji IX yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları bilgisayar destekli ölçüm yöntemi ile mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. En az mikrosızıntının Apacarie jel yönteminde, en yüksek mikrosızıntının ise lazer yönteminde ölçüldüğü ancak Apacarie jel ve ART yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı bildirilmiştir (345).

Hafez ve ark. (2017) tarafından Papacarie jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan proksimal çürük lezyonlu süt azı dişler, %35'lik fosforik asitle pürüzlendirilmiş, single-bond adeziv sistem uygulanmış ve ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiştir. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiş, bağlanma yüzeyindeki hibrit tabakanın kalınlığı ve rezin-tag oluşumları, SEM ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında, çürük uzaklaştırma teknikleri arasında mikrosızıntı açısından anlamlı farklılık olmadığı ancak Papacarie jel grubunda istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha kalın hibrit tabaka, daha uzun ve fazla sayıda rezin-tag oluşumu gözlemlendiği saptanmıştır. Ek olarak, gingival mikrosızıntı değerlerinin, oklüzale kıyasla, daha fazla olduğu ve bu durumun servikal bölgedeki mine dokusunun daha ince olmasına bağlı olarak daha zayıf bağlanma kuvveti ile ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir (346).

Mousavineasab ve ark. (2004) tarafından Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan servikal çürük lezyonlu daimi azı dişler, %35'lik

fosforik asitle pürüzlendirilmiş, iki kez single-bond adeziv sistem uygulanmış ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çürük uzaklaştırma teknikleri arasında mikrosızıntı açısından anlamlı farklılık olmadığı ancak her iki yöntemde de gingival mikrosızıntı değerlerinin, okluzale kıyasla, anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, polimerizasyon büzülmesi kuvvetlerine daha iyi direnç gösteren mine dokusunun servikal bölgede daha ince olması ile açıklamıştır (347).

Pavuluri ve ark. (2014) tarafından Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan daimi büyük azı dişler, geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer siman materyalleri ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında, gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadığı ve kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin ya da kullanılan restoratif materyalin mikrosızıntıyı etkilemediği bildirilmiştir (348).

Nouzari ve ark. (2016) tarafından Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan Sınıf III çürük lezyonlu süt ön dişler, self-etch ya da all-in-one tip adeziv sistemlerin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çürük uzaklaştırma yöntemleri arasında mikrosızıntı açısından anlamlı farklılık olmadığı; all-in-one tip adeziv sistemin, self-etch adeziv sisteme kıyasla, daha az mikrosızıntıya neden olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (349).

Okida ve ark. (2007) tarafından Carisolv™ jel ve geleneksel yöntem ile çürük dokusu uzaklaştırılan daimi azı dişler, Prime&Bond NT total-etch ve Scotchbond Multi Purpose self-etch adeziv sistemlerin uygulanmasının ardından kompozit rezin materyali ile restore edilmiş ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çürük uzaklaştırma yönteminin mikrosızıntıyı etkilemediği ancak Prime&Bond NT total-etch adeziv sistemin, Scotchbond Multi Purpose self-etch adeziv sisteme kıyasla, daha az mikrosızıntıya neden olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, geleneksel çürük uzaklaştırma yönteminin ardından kalan

dentin yüzeyindeki smear tabakasının, total-etch adeziv sistemler ile daha etkin uzaklaştırılması ile açıklamıştır. Ek olarak, daha yüksek difüzyon potansiyeli olan aseton bazlı adeziv sistemlerin, NaOCl maruziyetinde dahi daha etkili penetrasyon gösterebildiği ifade edilmiştir. Bu doğrultuda, çürük dokunun Carisolv™ jel ile uzaklaştırıldığı dişlerde, aseton bazlı bir adeziv sistem olan Prime&Bond NT'nin, su ve alkol bazlı Scotchbond Multi Purpose'a kıyasla, daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir (350).

İncelenen çalışmalarda, kemomekanik çürük uzaklaştırma tekniğinin, restorasyonların mikrosızıntı derecesini olumlu etkilediği (343,344) ya da etkilemediği (346–350) bildirilmiştir. Kemomekanik yöntem ile çürük dokunun uzaklaştırıldığı dişlerde daha düşük mikrosızıntı derecesinin görüldüğünü bildiren çalışmalar, çalışmamızın bulguları ile örtüşmekte olup bu çalışmalar incelendiğinde, kemomekanik ajan olarak papain enzimi esaslı preparatların kullanıldığı görülmüştür. Çalışmamızda da papain enzimi esaslı BRIX 3000 ajanının kullanıldığı dişlerde, daha düşük mikrosızıntı görülmüştür. Bununla birlikte, kemomekanik ajan olarak papain enzimi esaslı Papacarie jel kullanılmasına rağmen mikrosızıntı derecesinin etkilenmediğini bildiren çalışma (346), çalışmamızın bulguları ile farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, mikrosızıntı derecesi açısından farklılık görülme de Papacarie jel uygulanan dentin yüzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha kalın hibrit tabaka ile daha uzun ve fazla sayıda rezin-tag oluşumu gözlemlendiği bildirilmiştir. Restoratif materyal ve diş dokusu arasındaki bağlanma kuvvetinin güçlenmesine işaret eden bu durum, çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Diğer taraftan, kemomekanik ajan olarak NaOCl esaslı Carisolv™ jel ile çürük dokunun uzaklaştırıldığı çalışmalarda da mikrosızıntı derecesinin etkilenmediği görülmüştür (347–350). Bu durumun, Carisolv™ jelin etken maddesi, etki mekanizması ve pH'ındaki farklılıklardan kaynaklandığı ifade edilebilir. Çalışmamızda, BRIX 3000 jel kullanılan kemomekanik yöntemde, ART tekniğine kıyasla, hem Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer siman hem de Dyract XP kompomer materyalleri için istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha düşük okluzal ve gingival mikrosızıntı derecesi saptanmıştır. Bu durumun, BRIX 3000 jel uygulamasının ardından kalan dentin yüzeyinin, restoratif materyallerin bağlanma kuvvetini güçlendirecek ve daha iyi bir adezyona imkân sağlayacak yapısal özellikte

olmasından kaynaklandığı belirtilebilir. Carisolv™ ve Papacarie jellerinden farklı olarak, BRIX 3000 jelde bulunan biyokapsülleme teknolojisinin, spesifik bir enzimatik aktivite süreci ve standardize edilmiş enzimatik aktivite konsantrasyonu sunmasının da mikrosızıntıyı olumlu yönde etkilediği düşünülebilir.

5.4.2. Restoratif Materyallerin Mikrosızıntı Üzerindeki Etkisine Ait Değerlendirmeler

Literatüre bakıldığında, Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Dyract XP kompomer materyallerinin sıklıkla geleneksel cam iyonomer siman ya da rezin içerikli materyaller ile karşılaştırılarak incelendiği ve birbirleriyle karşılaştırıldığı çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmüştür.

Puckett ve ark. (2001) tarafından çürüksüz sıgır kesici dişlerinde; Ketac Fil geleneksel cam iyonomer siman, Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman ve Dyract kompomer materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmış, ardından geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer siman materyallerine yüzey örtücü uygulaması yapılmıştır. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde; Dyract XP kompomer materyalinin, diğer restoratif materyallere kıyasla, istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha yüksek gingival mikrosızıntı gösterdiği, okluzal mikrosızıntı derecesi açısından ise restoratif materyaller arasında farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Bu durum, kompomer materyalinin termal genleşme katsayısı farklılığı ve polimerizasyon büzülmesine ek olarak cam iyonomer siman materyallerinin yüzeyindeki mikro-çatlakların onarılmasını sağlayan yüzey örtücü faktörü ile ilişkilendirilmiştir (351).

Toledano ve ark. (1999) tarafından çürüksüz daimi azı dişlerde; Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman, Dyract kompomer ve Vitremer cam iyonomer esaslı kor yapım materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmış ve yalnızca rezin modifiye cam iyonomer siman materyaline yüzey örtücü uygulaması yapılmıştır. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde, Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman materyalinin istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu sonucu, rezin içerikli restoratif materyallerin polimerizasyon büzülmesi ve hidroskopik genleşmesi

arasındaki denge ile açıklamıştır. Hidroskopik genişlemenin, polimerizasyon büzülmesinin etkilerini bir dereceye kadar telafi edebileceği ve kenar boşluklarının azaltılmasında rol oynayabileceği vurgulanmıştır (352).

Ajami ve ark. (2007) tarafından çürüksüz genç daimi küçük azı dişlerde, Compoglass-F kompomer ve Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmış ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında, Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman materyalinin okluzal mikrosızıntı derecesinin ve Compoglass-F kompomer materyalinin gingival mikrosızıntı derecesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, restoratif materyallerin bağlanma mekanizmaları arasındaki farklılık ile ilişkilendirmiştir. Kompomer materyalindeki yüksek rezin içeriğinin polimerizasyon büzülmesine sebep olduğu, bu durumun mine kalınlığının daha az olduğu gingival alanda sızdırmazlığı riske attığı ifade edilmiştir. Cam iyonomer simanların diş dokusuna hem mekanik hem de kimyasal bağlanmasının, gingival alan gibi bağlanmaya elverişsiz bölgelerde avantaj sağlayabileceği vurgulanmıştır (353).

Masih ve ark. (2011) tarafından çürüksüz süt azı dişlerinde, Fuji II rezin modifiye cam iyonomer siman ve Fuji IX yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmış, ardından yüzey örtücü uygulaması yapılmıştır. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde, Fuji IX yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın, Fuji II rezin modifiye cam iyonomer simana kıyasla, istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın hidrofilik yapısı ve rezin modifiye cam iyonomer simanın termal genişleme katsayısı ile ilişkilendirmiştir (354).

Mosharraffian ve ark. (2017) tarafından çürüksüz süt azı dişlerinde, bulk-fill ve geleneksel kompozit rezin materyalleri ile Sınıf II restorasyonlar hazırlanmış ve oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Restoratif materyalin, mikrosızıntı derecesi üzerinde etkili olmadığı ancak tüm çalışma gruplarında gingival mikrosızıntı derecesinin, okluzale kıyasla, önemli derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, daimi dişlere kıyasla süt dişlerinin mine

dokusunda daha az kalsiyum ve fosfor içeriğine ek olarak gingival bölgede mine dokusunun daha ince olması ile bağlanma yüzeyi için yeterli alanın sağlanamamasının, bu sonucu ortaya çıkardığını ifade etmiştir (355). Benzer şekilde, Güngör ve ark. (2014), süt azı dişlerin sınıf II restorasyonlarında, daimi dişlere kıyasla, önemli ölçüde daha yüksek gingival mikrosızıntı derecesi saptandığını bildirmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, süt dişlerindeki aprizmatik mine tabakasının, daimi dişlere kıyasla daha sık görülmesi, daha kalın olması ile ilişkilendirmiş ve aprizmatik mine tabakası sıklığının servikal bölgede daha yüksek olduğunu vurgulamıştır (356).

Singla ve ark. (2012) tarafından çürüksüz süt ve daimi azı dişlerde; Fuji IX GP el ile karıştırılan yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, Fuji VII fissür örtücü cam iyonomer siman, Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman ve Dyract kompomer materyalleri ile Sınıf I restorasyonlar hazırlanmıştır. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde, süt dişlerinde, daimi dişlere kıyasla, daha yüksek mikrosızıntı derecesi saptanmış ancak bu farklılık, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Süt dişlerinde kullanılan restoratif materyaller kıyaslandığında, Fuji IX GP yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin mikrosızıntı derecesinin anlamlı derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu bulguyu, el ile karıştırma sırasında potansiyel olarak meydana gelebilecek hatalar ve materyalin yüksek viskozitesi nedeniyle dentin yüzeyinin yeterince ıslatılamaması ile ilişkilendirmiştir. Süt dişlerinin, daimi dişlere kıyasla, daha düşük inorganik içeriği ve daha kalın peritübüler dentin varlığına bağlı olarak bağlanma mekanizmasının esas olarak gerçekleştiği intertübüler dentinin göreceli olarak daha az olmasının, daha zayıf bir adezyona neden olduğu ve bu durumun mikrosızıntı derecesini arttırabildiği de ifade edilmiştir (357).

Ayna ve ark. (2018) tarafından çürüksüz süt azı dişlerinde; Ketac Molar yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, Photac Fil rezin modifiye cam iyonomer siman ve Dyract XP kompomer materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmıştır. Oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde, Dyract XP kompomer materyalinin istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı gösterdiği bildirilmiştir. Ketac Molar yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın, Photac Fil rezin modifiye cam iyonomer simana kıyasla, daha yüksek derecede mikrosızıntıya neden olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ifade

edilmiştir. Araştırmacılar, kompomer materyalinin yüksek rezin içeriğine rağmen daha düşük derecede mikrosızıntı göstermesini, adeziv sistemlerin oluşturduğu mikro-mekanik bağlanma ile ilişkilendirmiştir. Ek olarak, cam iyonomer siman esaslı materyallerin gözenekli yapısının, mikro-çatlak içeren yüzeylerinin ve zor manipülasyon nedeniyle restoratif materyal ile diş dokusu arasında olması muhtemel hava boşluklarının, mikrosızıntıya neden olabileceği vurgulanmıştır (358).

Gopinath ve ark. (2017) tarafından çürüksüz süt azı dişlerinde; Sonic-Fill bulk-fill kompozit, Equia Fil yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Vitremer cam iyonomer esaslı kor yapım materyalleri ile Sınıf II restorasyonlar hazırlanmış, oluşturulan çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve bulk-fill kompozit materyallerinde daha düşük mikrosızıntı derecesi ve boya penetrasyon yüzdesi rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu, bulk-fill kompozitin yüksek rezin içeriğine rağmen gelişmiş visko-elastik özellikleri ve Equia Fil yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın gelişmiş mekanik ve marjinal adaptasyon özellikleri ile açıklamıştır (359). Gaintantzopoulou ve ark. (2017) tarafından aynı çalışma dizaynı ile oluşturulan gruplar, μ CT ile ölçülen mikrosızıntı değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarında, Equia Fil yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve bulk-fill kompozit materyallerinde, anlamlı ölçüde daha düşük boşluk:hacim ve çizgisel uzunluk oranı rapor edilmiştir (360).

Habib ve ark. (2021) tarafından Equia Forte Coat yüzey örtücü uygulamasının, Equia Forte yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Fuji II LC rezin modifiye cam iyonomer siman materyallerinin eğilme dayanımı, renk değişimi, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosızıntısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yüzey örtücü uygulamasının eğilme dayanımını önemli ölçüde arttırdığı, yüzey pürüzlülüğünü ve mikrosızıntıyı önemli ölçüde azalttığı ancak renk değişimi açısından bir farklılık bulunmadığı rapor edilmiştir. Bu durum, cam iyonomer simanların erken dönemde nem kontaminasyonunun, materyalin fiziksel özelliklerini etkilemesi ile açıklanmıştır. Yüzey örtücü uygulaması ile materyalin erken dönemdeki hidrasyonu ya da dehidratasyonu engellenmekte ve dolayısıyla optimal özelliklerin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Geçmişte vazelin, kakao yağı vb. ile yüzey örtücü uygulamaları yapılmış olsa da cam iyonomer simanın yüzeyine bağlanabilen nano-dolduruculu

yüzey örtücülerin, yüzeydeki ya da ara yüzdeki kusurları örtülemesine bağlı olarak materyalin sızdırmazlık özelliğinin arttığı ifade edilmiştir (361).

Aly ve ark. (2016) tarafından süt ön dişlerde; Equia Forte, Ketac Molar, Fuji IX yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve Photac-Fil, Riva Self-Cure rezin modifiye cam iyonomer siman materyalleri ile Sınıf V restorasyonlar hazırlanmıştır. Restorasyon aşamasının ardından örnekler, polisaj işleminin yapılıp yapılmamasına göre iki gruba ayrılmış ve oluşturulan çalışma grupları, mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında, polisaj işleminin mikrosızıntı derecesi üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir. Equia Forte yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinin, diğer cam iyonomer siman materyalleri ile kıyaslandığında, anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı sergilediği rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu bulguyu, materyalin dehidratasyonunu engelleyen nano-dolduruculu yüzey örtücü ile ilişkilendirmiştir. Equia sisteminde; yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın gelişmiş mekanik özellik sunması ve yüksek oranda dolduruculu rezin yüzey örtücünün, materyalin erken olgunlaşma safhasında koruyucu etki göstermesinin sinerjik etkisine bağlı olarak ortaya çıkan avantajlar vurgulanmıştır (362).

Mazaheri ve ark. (2015) tarafından süt köpek dişlerinin Sınıf V kaviteli bukkal yüzeylerinde; %20'lik poliakrilik asit, %35'lik fosforik asit, %12'lik sitrik asit ve %17'lik EDTA preparatları ile yüzey hazırlığı yapılmış ya da herhangi bir yüzey hazırlığı yapılmamış ve ardından yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyali ile restorasyonlar oluşturulmuştur. Çalışma grupları mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde; %20'lik poliakrilik asit ve %17'lik EDTA preparatlarında, istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı saptandığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, güçlü bir bağlanma yüzeyi için cam iyonomer siman ve diş dokusu arasında yakın temasın gerekli olduğunu ve yüzey hazırlığının cam iyonomer simanların bağlanma kuvvetini arttırdığını vurgulamıştır. Cam iyonomer simanların, smear tabakası varlığında dahi diş dokusuna bağlanabildiği ancak yüzey hazırlığının smear tabakasını uzaklaştırmasına bağlı olarak bağlanma kuvvetinde artışın sağlanabildiği belirtilmiştir. Poliakrilik asit ile yüzey hazırlığının, cam iyonomer siman restorasyonlarda uygun bir tercih olduğu belirtilmiştir. Fosforik asit ile yüzey hazırlığında, smear tabakasının uzaklaştırılmasının yanı sıra önemli ölçüde mineralin

de uzaklaştırılarak kalsiyum ve fosfor seviyesinde azalmaya neden olunduğu ifade edilmiştir (363).

Kompomer ve cam iyonomer esaslı restoratif materyallerin mikrosızıntı derecesinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, görüş birliğinin sağlanamadığı görülmüştür. Bu durum; çalışmaya dahil edilen dişlerin süt ya da daimi diş olması, incelenen kaviterlerin Sınıf I, II, III ya da V olması, termal siklus sayısı ve kullanılan mikrosızıntı tespit yöntemlerinden kaynaklanabilir. Diğer yandan, kompomere kıyasla, cam iyonomer siman esaslı restoratif materyaller için daha yüksek mikrosızıntı derecesi tespit eden çalışmaların gereç ve yöntemleri değerlendirildiğinde, yüzey örtücü uygulamasının olmadığı görülmüştür. Yüzey örtücü uygulamasının yapıldığı çalışmalarda (351,352,355) ise geleneksel veya yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyallerinin sızdırmazlık özelliğinin, kompomer materyallere eşit ya da kompomer materyallerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu doğrultuda, yüzey örtücünün, restoratif materyalin sızdırmazlığının sağlanmasında önemli bir etken olduğu düşünülebilir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın geliştirilmiş mekanik özelliklerini, yüksek derecede nano-doldurucu içeren rezin içerikli yüzey örtücü ile birleştiren Equia sisteminin; kompozit rezin ya da diğer cam iyonomer esaslı restoratif materyaller ile karşılaştırıldığında, daha düşük mikrosızıntı derecesi göstermesi (359–362), çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Çalışmamızda, Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalinde, Dyract XP kompomer materyaline kıyasla, hem BRIX 3000 jel hem de ART teknikleri için istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha düşük okluzal ve gingival mikrosızıntı derecesi saptanmıştır. Bu durum, klinik başarısı kanıtlanan Equia sisteminin son jenerasyonu olan Equia Forte HT materyalinin ultra ince ve reaktif cam silikat partikülleri ile güçlendirilmiş fiziksel özelliklerinin ve yüzey örtücü uygulamasının, materyalin sızdırmazlığına katkı sağlaması ile ilişkilendirilebilir. Cam iyonomer simanın dişe bağlanma mekanizması, mikromekanik kilitlenme ve gerçek kimyasal bağlanma olarak adlandırılan, birbiriyle ilişkili iki reaksiyondan oluşmaktadır. Mikromekanik kilitlenme, cam iyonomer simanın poliakrilik asit bileşeninin dentinde bulunan kolajen liflerini açığa çıkararak simanın iyonik bileşenlerinin kolajen matriksine difüze olmasını ve mikromekanik bağlar oluşturmasını sağlayan bir hibrit tabaka oluşturması ile gerçekleşmektedir. Gerçek kimyasal bağlanma, polialkenoik asidin iyonik polimerlerinin karboksil

grupları ile kolajen liflerine bağlanan hidroksiapatit kristallerinin kalsiyum iyonları arasında oluşan iyonik bağlara dayanmaktadır (145). Kompomer materyalinin diş bağlanma mekanizması ise adeziv sistemlerin oluşturduğu kimyasal bağlanma ile gerçekleşmektedir. Bağlanma mekanizmaları arasındaki bu farklılığın da çalışmamızın mikrosızıntı sonuçlarında rol oynaması muhtemeldir. Ek olarak, çalışmamızın restorasyon aşamasında “tabakalama yöntemi”ne azami dikkat edilmesine rağmen, kompomer materyallerin yüksek rezin içeriğine bağlı ortaya çıkan polimerizasyon büzülmesinin, mikrosızıntının artışından sorumlu olabileceği de ifade edilebilir. Çalışmamızın laboratuvar aşamasında, örnekler 5-55°C sıcaklıktaki su banyolarında 500 kez termal döngü işlemine tabi tutulmuştur. Kompomer ve diş dokusunun termal genleşme katsayıları arasındaki fark nedeniyle ortaya çıkan termal streslerin materyalin sızdırmazlığını olumsuz etkileyebileceği belirtilebilir. Kompomer materyalinin, oklüzale kıyasla, gingival mikrosızıntı derecesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildiren çalışmaların bulguları (351, 353, 355, 356), çalışmamızın bulguları ile örtüşmektedir. Çalışmamızda, Dyract XP kompomer materyalinin gingival mikrosızıntı derecesinin, Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyaline kıyasla, hem BRIX 3000 jel hem de ART teknikleri için istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durum, yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere, daimi dişlere kıyasla mine tabakası kalınlığının daha az olduğu bilinen süt dişlerinin, servikal bölgede mine dokusunun daha da ince olmasına ve aprizmatik tabakanın daha kalın olmasına bağlı olarak adezyon için elverişsiz bir substrat oluşturması ve kompomer materyalinin polimerizasyon büzülmesi ile ilişkilendirilebilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

BRIX 3000 jelin kullanıldığı kemomekanik yöntem ve ART tekniği ile çürük dokusu uzaklaştırılan, Equia Forte HT hibrit teknolojiye yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyali ve Dyract XP kompomer materyali ile restore edilen süt azı dişlerinde; işlem sürelerinin, mikro-gerilim bağlanma dayanımının ve mikrosızıntının değerlendirildiği çalışmamızın kapsamı ve tasarımına, ulaşılabilir kaynaklarda, herhangi bir çalışmada rastlanmamıştır. Literatüre katkı sağlayabileceğini düşündüğümüz bu tez çalışmasından elde edilen veriler değerlendirildiğinde şu sonuçlar ve öneriler ifade edilebilir:

- BRIX 3000 jelin kullanıldığı dişlerde, çürük uzaklaştırma süresinin, ART tekniğine kıyasla, daha fazla olduğu görülmüştür. Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın kullanıldığı dişlerde, restorasyon süresinin, Dyract XP kompomer materyaline kıyasla, daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, çürük uzaklaştırma yöntemi olarak BRIX 3000 jel ve restoratif materyal olarak Equia Forte HT kullanımının, toplam işlem süresini arttırdığı saptanmıştır.
- Çürük uzaklaştırma yöntemleri açısından mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. BRIX 3000 jel kullanılan dişlerin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin, ART tekniğine kıyasla, daha yüksek olduğu görülmüştür. Kemomekanik çürük uzaklaştırma yönteminin, restorasyonun bağlanma dayanımını arttırdığı belirlenmiştir.
- Restoratif materyaller açısından mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bununla birlikte, Equia Forte HT ile restore edilen süt azı dişlerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerlerinin, Dyract XP materyaline kıyasla, daha yüksek olduğu saptanmıştır.
- En yüksek mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri, BRIX 3000 jel ve Equia Forte HT materyalinin birlikte kullanıldığı dişlerde kaydedilmiştir. En düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri ise ART tekniği ve

Dyract XP kompomer materyalinin birlikte kullanıldığı dişlerde tespit edilmiştir.

- BRIX 3000 jel ve Equia Forte HT materyalinin birlikte kullanıldığı dişlerden elde edilen örneklerde, en fazla koheziv tip kopma; diğer çalışma gruplarında ise en fazla adeziv tip kopma görülmüştür. Bununla birlikte, kopma tiplerinin çalışma gruplarından bağımsız olduğu saptanmıştır.
- Kopma tiplerinin mikro-gerilim bağlanma dayanımı değerleri arasındaki farklılık, anlamlı bulunmuştur. En yüksek mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri, koheziv tip kopmada; en düşük mikro-gerilim bağlanma dayanımı değeri ise adeziv tip kopmada görülmüştür.
- BRIX 3000 jelin kullanıldığı dişlerde, mikrosızıntı derecesinin, ART tekniğine kıyasla, daha düşük olduğu görülmüştür.
- Equia Forte HT yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın kullanıldığı dişlerde, mikrosızıntı derecesinin, Dyract XP kompomer materyaline kıyasla, daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
- En düşük mikrosızıntı derecesi, BRIX 3000 jel ve Equia Forte HT materyalinin birlikte kullanıldığı dişlerde; en yüksek mikrosızıntı derecesi ise ART tekniği ve Dyract XP kompomer materyalinin birlikte kullanıldığı dişlerde ölçülmüştür.
- BRIX 3000 jel ve Equia Forte HT materyalinin birlikte kullanıldığı dişler haricindeki tüm çalışma gruplarında, gingival mikrosızıntı skorlarının, okluzal mikrosızıntı skorlarına kıyasla, daha fazla olduğu saptanmıştır.
- Çocuk hastaların süt azı dişlerinde, çürük uzaklaştırma yöntemi olarak BRIX 3000 jel ve restoratif materyal olarak Equia Forte HTnin birlikte kullanımı tercih edilebilir. Bu teknik ve materyalin işlem süreleri daha yüksek bulursa da elde edilen olumlu sonuçlar, zaman faktörünün önüne geçebilir.
- Çürük uzaklaştırma yöntemlerinin ardından kalan dentin dokusuna ve restoratif materyal ile bağlanma yüzeyine ilişkin detaylı bilgi edinilebilmesi adına SEM analizinin yapılması faydalı olacaktır.

- Çalışmamızda, kullanılan restoratif materyallerin adezyonunu olumlu yönde etkilediği belirlenen BRIX 3000 jelin yapılacak çalışmalarda aynı ya da farklı materyaller ile test edilmesi, bulguların desteklenmesi açısından önemlidir.
- Bu çalışma in vitro koşullarda gerçekleştirilmiş olup in vivo koşullar söz konusu olduğunda, farklı sonuçlar gözlenebileceği unutulmamalıdır.



KAYNAKLAR

1. DHHS. US Department of Health and Human Services. Oral Health in America: A Report of the Surgeon General. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute of Dental and Craniofacial Research, National Institutes of Health, 2000.
2. Banerjee A, Kidd EAM, Watson TF. In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries Research*. 2000;34(2):144–50.
3. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan V, Eden E. Minimal Intervention Dentistry (MID) for managing dental caries – a review: Report of a FDI task group. *International Dental Journal*. 2012;62(5):223.
4. Mhatre S, Kumar K, Sinha S, Mohammed B, Ahmed N, Thanawala EA. Chemo-mechanical method of caries removal. *International Journal of Clinical Dental Science*. 2011;2(2):52–7.
5. Frencken JE, Leal SC, Navarro MF. Twenty-five-year atraumatic restorative treatment (ART) approach: a comprehensive overview. *Clinical Oral Investigations*. 2012;16(5):1337–46.
6. John M, Bds T, Tyas MJ. Clinical evaluation of glass-ionomer cement restorations. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14(1):10–3.
7. Krämer N, Frankenberger R. Compomers in restorative therapy of children: A literature review. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2007;17(1):2–9.
8. Brown JP, Junner C, Liew V. A study of *Streptococcus mutans* levels in both infants with bottle caries and their mothers. *Australian Dental Journal*. 1985;30(2):96–8.
9. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental Materials*. 1995;11(2):117–25.
10. Dünya Sağlık Örgütü Teknik Rapor Serisi No. 242. 1962.
11. Fejerskov O. Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 1997;25(1):5–12.
12. Merchan MT, Ismail AI. Measurement and Distribution of Dental Caries. In: Burt and Eklund's *Dentistry, Dental Practice, and the Community*. Mascarenhas AK, Okunseri C, Dye BA, Burt BA, Eds. 7th Ed., Saunders, United States, 2021, p:154-170.
13. Touger-Decker R, van Loveren C. Sugars and dental caries. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003;78(4):881–92.
14. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 2007;369(9555):51–9.
15. Ismail AI, Sohn W, Lim S, Willem JM. Predictors of dental caries progression in primary teeth. *Journal of Dental Research*. 2009;88(3):270–5.
16. Chin JR, Kowolik JE, Stookey GK. Dental Caries in the Child and Adolescent. In: McDonald and Avery's *Dentistry for the Child and Adolescent*. Dean JA, Ed. 10th Ed., Mosby, United States, 2016, p:155–76.

17. Edelstein BL, Douglass CW, Brown LJ, Kingman A, Brunelle JA, Selwitz RH. Dispelling the myth that 50 percent of U.S. schoolchildren have never had a cavity. *Public Health Reports*. 1995;110(5):522.
18. Massler M. Teen-age caries. *Journal of Dentistry for Children*. 1945;13:57–64.
19. Mohebbi SZ, Virtanen JI, Vahid-Golpayegani M, Vehkalahti MM. Feeding habits as determinants of early childhood caries in a population where prolonged breastfeeding is the norm. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2008;36(4):363–9.
20. Wan AKL, Seow WK, Walsh LJ, Bird P, Tudehope DI, Purdie DM. Association of *Streptococcus mutans* infection and oral developmental nodules in pre-dentate infants. *Journal of Dental Research*. 2001;80(10):1945–8.
21. Mouradian WE, Wehr E, Crall JJ. Disparities in children's oral health and access to dental care. *Journal of American Medical Association*. 2000;284(20):2625–31.
22. Edelstein B, Tinanoff N. Screening preschool children for dental caries using a microbial test. *Pediatric Dentistry*. 1989;11(2):129–32.
23. Adair SM. Evidence-based use of fluoride in contemporary pediatric dental practice. *Pediatric Dentistry*. 2006;28(2):133–42.
24. Clinical Affairs Committee. Guideline on Infant Oral Health Care Originating Committee Clinical Affairs Committee-Infant Oral Health Subcommittee Review Council Council on Clinical Affairs. *AAPD Reference Manual*. 2014;37(6):146–50.
25. Lee JY. Examining the cost-effectiveness of early dental visit. *Pediatric Dentistry*. 2006;28(2):102–5.
26. American Academy of Pediatric Dentistry. Definition of early childhood caries (ECC). (2007a). Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.aapd.org/media/Policies_Guidelines/D_ECC.pdf.
27. Misra S, Tahmassebi JF, Brosnan M. Early childhood caries--a review. *Dental Update Publication*. 2007;34(9):556–8.
28. Black GV, Black A du. *A Work on Special Dental Pathology: Devoted to the Diseases and Treatment of the Investing Tissues of the Teeth and the Dental Pulp*. 3rd Ed., Medico-Dental Publishing Company, Chicago, 1924, p:204–7.
29. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry — a review. *International Dental Journal*. 2000;50(1):1–12.
30. Mount GJ. Minimal treatment of the carious lesion. *International Dental Journal*. 1991;41(1):55–9.
31. Dawson AS, Makinson OF. Dental treatment and dental health. Part 1. A review of studies in support of a philosophy of Minimum Intervention Dentistry. *Australian Dental Journal*. 1992;37(2):126–32.
32. Horowitz AM. Introduction to the symposium on minimal intervention techniques for caries. *Journal of Public Health Dentistry*. 1996;56:133–4.

33. Yip HK, Samaranayake LP. Caries removal techniques and instrumentation: a review. *Clinical Oral Investigation*. 1998;2(4):148–54.
34. Ferreira Zandoná AG, Ritter A, Eidson RS. Dental caries: Etiology, clinical characteristics, risk assessment, and management. In: *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Ritter A, Boushell LW, Walter R, Eds. Elsevier, Netherlands, 2019, p:40–94.
35. Dammaschke T, Rodenberg TN, Schäfer E, Ott KHR. Efficiency of the polymer bur SmartPrep compared with conventional tungsten carbide bud bur in dentin caries excavation. *Operative Dentistry*. 2006;31(2):256–60.
36. Prabhakar A, Kiran NK. Clinical evaluation of polyamide polymer burs for selective carious dentin removal. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2009;10(4):1–12.
37. Dammaschke T, Vesnic A, Schafer E. In vitro comparison of ceramic burs and conventional tungsten carbide bud burs in dentin caries excavation. *Quintessence International*. 2008;39(6):495–9.
38. Meng L, Hua F, Bian Z. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Emerging and future challenges for dental and oral medicine. *Journal of Dental Research*. 2020;99(5):481–7.
39. Pitts N. Preventive and minimal intervention dentistry in the undergraduate curriculum. *Journal of Dentistry*. 2011;39(2):41–8.
40. Bhatiya P, Thosar N. Minimal invasive dentistry-An emerging trend in pediatric dentistry: A review. *International Journal of Contemporary Dental and Medical Reviews*. 2015;2015:320115.
41. Ganesh M, Parikh D. Chemomechanical caries removal (CMCR) agents: Review and clinical application in primary teeth. *Journal of Dentistry and Oral Hygiene*. 2011;3(3):34–45.
42. Goldstein RE, Parkins FM. Air-Abrasive Technology: Its new role in restorative dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 1994;125(5):551–7.
43. Walmaley AD, Williams AR, Laird WRE. The air-powder dental abrasive unit--an evaluation using a model system. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1987;14(1):43–50.
44. Boyde A. Airpolishing effects on enamel, dentine, cement and bone. *British Dental Journal*. 1984;156(8):287–91.
45. Miserendino LJ. Cutting efficiency of a mid-infrared laser on human enamel. *Journal of Endodontics*. 1998;24(2):97–101.
46. Schwass DR, Leichter JW, Purton DG, Swain M. Evaluating the efficiency of caries removal using an Er:YAG laser driven by fluorescence feedback control. *Archives of Oral Biology*. 2013;58(6):603–10.
47. Hamama H, Yiu C, Burrow M. Current update of chemomechanical caries removal methods. *Australian Dental Journal*. 2014;59(4):446–56.

48. Hall RC, Embery G. The use of immunohistochemistry in understanding the structure and function of the extracellular matrix of dental tissues. *Advances in Dental Research*. 1997;11(4):478–86.
49. Fusayama T, Terachima S. Differentiation of two layers of carious dentin by staining. *Journal of Dental Research*. 1972;51(3):866.
50. Beeley JA, Yip HK, Stevenson AG. Chemo-mechanical caries removal: a review of the techniques and latest developments. *Netherlands Journal of Dentistry*. 2001;108(7):277–81.
51. Albrektsson Tomas O, Bratthall D, Glantz PJ, Lindhe JT. *Tissue Preservation in Caries Treatment*. Quintessence Publishing, Berlin, 2001, p:367.
52. Maragakis GM, Hahn P, Hellwig E. Chemomechanical caries removal: a comprehensive review of the literature. *International Dental Journal*. 2001;51(4):291–9.
53. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*. 1978;4(2):60–4.
54. Kronman JH, Goldman M, Habib CM, Mengel L. Electron microscopic evaluation of altered collagen structure induced by N-Monochloroglycine (GK-101). *Journal of Dental Research*. 1977;56(12):1539–45.
55. Habib CM, Kronman J, Goldman M. A chemical evaluation of collagen and hydroxyproline after treatment with GK-101 (N-Chloroglycine). *Pharmacology and Therapeutics for Dentistry*. 1975;2(3–4):209–15.
56. Goldman M, Kronman JH. A preliminary report on a chemomechanical means of removing caries. *The Journal of the American Dental Association*. 1976;93(6):1149–53.
57. Schutzrank SG, Galaini J, Kronman JH, Goldman M, Clark RE. A comparative in vitro study of GK-101 and GK-101E in caries removal. *Journal of Dental Research*. 1978;57(9–10):861–4.
58. Schutzbank SG, Marchwinski M, Kronman JH, Goldman M, Clark RE. In vitro study of the effect of GK-101 on the removal of carious material. *Journal of Dental Research*. 1975;54(4):907.
59. Kurosaki N, Sato Y, Iwaku M, Fusayama T. Effect of a carious dentin softener on the dentin and pulp. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1977;38(2):169–73.
60. Brannstrom M, Johnson G, Friskopp J. Microscopic observations of the dentin under caries lesions excavated with the GK-101 technique. *Journal of Dentistry for Children*. 1980;47(1):46–9.
61. Kronman JH, Goldman M, Habib CM, Mengel L. Electron microscopic study of altered collagen structure after treatment with N-monochloro-DL-2-aminobutyrate (GK-101 E). *Journal of Dental Research*. 1979;58(9):1914.
62. Robbins A. Efficacy of GK101E solution (Caridex 100) for caries removal. *Academy of General Dentistry*. 1987;35(5):392–6.

63. Goldman M, Kronman J, Wolski K, White RR. Caries removal to improve the bonding surface of dentine: a SEM Study. *New York State Dental Journal*. 1987;53(3):20–1.
64. Waltmann E, Frank RM, Haikel Y. Evaluation of the Caridex system and its pulp biocompatibility. *Journal de Biologie Buccale*. 1988;16(3):157–68.
65. Katz E. A comparison of the efficacies of Caridex and conventional drills in caries removal. *Compendium Continuing Education Dentistry*. 1988;9(10):806–7.
66. Rompen E, Charpentier M. Elimination of carious tissue with the Caridex system: bacteriological study. *Revue Odontostomatologie*. 1989;18(1):13–9.
67. McInnes-Ledoux P, Ledoux WR, Weinberg R. Bond strength of dentinal bonding agents to chemomechanically prepared dentin. *Dental Materials*. 1987;1;3(6):331–6.
68. Sherrer JD, Mullis W, Pashley DH. The effect of the Caridex system on dentin permeability. *Academy of General Dentistry*. 1989;37(2):122–4.
69. Ericson D, Zimmerman M, Raber H, Götrick B, Bornstein R, Thorell J. Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemo-mechanical removal of caries. A multi-centre study. *Caries Research*. 1999;33(3):171–7.
70. Fure S, Lingström P. Evaluation of the chemomechanical removal of dentine caries in vivo with a new modified Carisolv gel. *Clinical Oral Investigation*. 2004;8(3):139–44.
71. Tonami K, Ichi, Araki K, Mataka S, Kurosaki N. Effects of chloramines and sodium hypochlorite on carious dentin. *Journal of Medical and Dental Sciences*. 2003;50(2):139–46.
72. Kakaboura A, Masouras C, Staikou O, Vougiouklakis G. A comparative clinical study on the Carisolv caries removal method. *Quintessence International*. 2003;34(4):269–71.
73. Munshi AK, Hegde AM, Shetty PK. Clinical evaluation of Carisolv in the chemico-mechanical removal of carious dentin. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2001;26(1):49–54.
74. Sakoolnamarka R, Burrow MF, Swain M, Tyas MJ. Microhardness and Ca:P ratio of carious and Carisolv TM treated caries-affected dentine using an ultra-micro-indentation system and energy dispersive analysis of x-rays-A pilot study. *Australian Dental Journal*. 2005;50(4):246–50.
75. Hossain M, Nakamura Y, Tamaki Y, Yamada Y, Jayawardena JA, Matsumoto K. Dentinal composition and Knoop hardness measurements of cavity floor following carious dentin removal with Carisolv. *Operative Dentistry*. 2003;28(4):346–51.
76. de Magalhães CS, Moreira AN, Campos WRDC, Rossi FM, Castilho GAA, Ferreira RC. Effectiveness and efficiency of chemomechanical carious dentin removal. *Brazilian Dental Journal*. 2006;17(1):63–7.
77. Tachibana A, Martins Marques M, Maria Pavan Soler J, Bona Matos A. Erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser for caries removal: influence on

- bonding of a self-etching adhesive system. *Lasers in Medical Science*. 2008;23(4):435–41.
78. Yamada Y, Kimura Y, Hossain M, Kinoshita JI, Shimizu Y, Matsumoto K. Caries removal with Carisolv system: criteria evaluation and microleakage test. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2005;30(2):121–6.
 79. Kubo S, Li H, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage of dentin adhesive systems bonded to Carisolv-treated dentin. *Operative Dentistry*. 2002;27(4):387–95.
 80. Dammaschke T, Stratmann U, Danesh G, Schäfer E, Ott KHR. Reaction of rat pulp tissue to Carisolv 'new gel'--a histocytological evaluation. *Australian Dental Journal*. 2006;51(1):57–63.
 81. Bulut G, Zekioglu O, Eronat C, Bulut H. Effect of Carisolv on the human dental pulp: a histological study. *Journal of Dentistry*. 2004;32(4):309–14.
 82. Dammaschke T, Stratmann U, Mokrys K, Kaup M, Ott KHR. Reaction of sound and demineralised dentine to Carisolv in vivo and in vitro. *Journal of Dentistry*. 2002;30(1):59–65.
 83. Bittencourt ST, Pereira JR, Rosa AW, Oliveira KS, Ghizoni JS, Oliveira MT. Mineral content removal after Papacarie application in primary teeth: a quantitative analysis. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2010;34(3):229–31.
 84. Looze Y, Boussard P, Huet J, Vandenbussche G, Raussens V, Wintjens R. Purification and characterization of a wound-inducible thaumatin-like protein from the latex of *Carica papaya*. *Phytochemistry*. 2009;70(8):970–8.
 85. Dawkins G, Hewitt H, Wint Y, Obiefuna PC, Wint B. Antibacterial effects of *Carica papaya* fruit on common wound organisms. *West Indian Medical Journal*. 2003;52(4):290–2.
 86. Kimmel JR, Smith EL. Crystalline papain. I. Preparation, specificity, and activation. *Journal of Biological Chemistry*. 1954;207(2):515–31.
 87. Starley IF, Mohammed P, Schneider G, Bickler SW. The treatment of paediatric burns using topical papaya. *Burns*. 1999;25(7):636–9.
 88. Bussadori SK, Castro LC, Galvão AC. Papain gel: a new chemo-mechanical caries removal agent. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2005;30(2):115–9.
 89. Nagl M, Nguyen VA, Gottardi W, Ulmer H, Höpfl R. Tolerability and efficacy of N-chlorotaurine in comparison with chloramine T for the treatment of chronic leg ulcers with a purulent coating: a randomized phase II study. *British Journal of Dermatology*. 2003;149(3):590–7.
 90. Dhamija N, Pundir P. A review on agents for chemo-mechanical caries removal. *Scholars Journal of Dental Sciences*. 2016;3(9):264–8.
 91. Motta LJ, Santos EM. Biocompatibility analysis of chemomechanical caries removal material Papacarie on cultured fibroblasts and subcutaneous tissue. *Journal of Dentistry for Children*. 2009;76(2):123–9.
 92. Peric T, Markovic D, Petrovic B. Clinical evaluation of a chemomechanical method for caries removal in children and adolescents. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2009;67(5):277–83.

93. Kumar KVKS, Prasad MG, Sandeep V v., Reddy PP, Divya D, Pratyusha K. Chemomechanical caries removal method versus mechanical caries removal methods in clinical and community-based setting: A comparative in vivo study. *European Journal of Dentistry*. 2016;10(3):386–91.
94. Kotb RMS, Abdella AA, el Kateb MA, Ahmed AM. Clinical evaluation of Papacarie in primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2009;34(2):117–23.
95. Gupta S, Singh C, Ramakrishna Y, Chaudhry K, Munshi AK. Clinical and microbiological evaluation of the carious dentin before and after application of Papacarie gel. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2013;38(2):133–8.
96. Nair S, Nadig RR, Pai VS, Gowda Y. Effect of a Papain-based chemomechanical agent on structure of dentin and bond strength: An in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2018;11(3):161.
97. Sahana S, Vasa AAK, Geddam D, Reddy VK, Nalluri S, Velagapudi N. Effectiveness of chemomechanical caries removal agents Papacarie(®) and Carie-Care™ in primary molars: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. 2016;6:17–22.
98. Clementino-Luedemann TN, Ilie ADN, Hickel R, Kunzelmann KH. Micro-computed tomographic evaluation of a new enzyme solution for caries removal in deciduous teeth. *Dental Materials Journal*. 2006;25(4):675–83.
99. Banerjee A, Kellow S, Mannocci F, Cook RJ, Watson TF. An in vitro evaluation of microtensile bond strengths of two adhesive bonding agents to residual dentine after caries removal using three excavation techniques. *Journal of Dentistry*. 2010;38(6):480–9.
100. Neves ADA, Coutinho E, de Munck J, van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *Journal of Dentistry*. 2011;39(2):154–62.
101. Mahdi M, Ismail M, Haidar A, al Haidar MJ. Evaluation of the efficacy of caries removal using Papain gel (Brix 3000) and smart preparation bur (in vivo comparative study). *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2019;11(2):444–9.
102. Felizardo KR, Barradas NP de A, Guedes GF, Ferreira FDCA, Lopes MB. Use of BRIX-3000 enzymatic gel in mechanical chemical removal of caries: Clinical case report. *Journal of Health Sciences*. 2018;27;20(2):87–93.
103. Balachandran J, Raees T, Rao M, Jayachandran C. Evaluation of efficacy of chemo-mechanical method of caries removal using BRIX- 3000 compared to conventional excavation with burs - A randomized controlled trial - Original Research. *Journal of Indian Dental Association*. 2020;XIV:12-8.
104. Santos TML, Bresciani E, Matos F de S, Camargo SEA, Hidalgo APT, Rivera LML, et al. Comparison between conventional and chemomechanical approaches for the removal of carious dentin: an in vitro study. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1–10.

105. Domingues Martins M, Porta K, Fernandes S, Pavesi VC, Miranda França C, Mesquita-Ferrari RA, et al. Healing properties of papain-based gel on oral ulcers. *Brazilian Journal of Oral Sciences*. 2011;10(2):120–3.
106. BRIX 3000 gel for dentists. Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.brix-dentist.com.
107. Frencken JE, Songpaisan Y, Phantumvanit P, Pilot T. An atraumatic restorative treatment (ART) technique: Evaluation after one year. *International Dental Journal*. 1994;44(5):460–4.
108. Mickenautsch S, Rudolph MJ, Ogunbodede EO, Frencken JE. The impact of the ART approach on the treatment profile in a mobile dental system (MDS) in South Africa. *International Dental Journal*. 1999;49(3):132–8.
109. Frencken JE, Pilot T, Songpaisan Y, Phantumvanit P. Atraumatic restorative treatment (ART): Rationale, technique, and development. *Journal of Public Health Dentistry*. 2022;56(3):135–40.
110. Leal S, Raggio D, Bonifacio C, Frencken J. Atraumatic Restorative Treatment: Restorative Component. *Monographs in Oral Science*. 2018;27:92–102.
111. Rahimtoola S, van Amerongen E. Comparison of two tooth-saving preparation techniques for one-surface cavities. *Journal of Dentistry for Children*. 2002;69(1):16–26.
112. Molina GF, Cabral RJ, Frencken JE. The ART approach: clinical aspects reviewed. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17(özel sayı):89–98.
113. Frencken JE. The state-of-the-art of ART restorations. *Dental Update*. 2014;41(3):218–24.
114. Innes NPT, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing carious lesions: Consensus recommendations on terminology. *Advances in Dental Research*. 2016;28(2):49–57.
115. Navarro MFL, Rigolon CJ, Barata TJE, Bresciane E, Fagundes TC, Peters MC. Influence of occlusal access on demineralized dentin removal in the atraumatic restorative treatment (ART) approach. *The American Journal of Dentistry*. 2008;21(4):251–4.
116. Hesse D, Bonifácio CC, Mendes FM, Braga MM, Imparato JCP, Raggio DP. Sealing versus partial caries removal in primary molars: A randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2014;14(1):1–7.
117. Ricketts D, Lamont T, Innes NP, Kidd E, Clarkson JE. Operative caries management in adults and children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013;28(3):CD003808.
118. Bonifácio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RCR, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Australian Dental Journal*. 2009;54(3):233–7.

119. Carvalho TS, van Amerongen WE, de Gee A, Bönecker M, Sampaio FC. Shear bond strengths of three glass ionomer cements to enamel and dentine. *Medicina Oral, Patologia Oral, Cirurgia Bucal*. 2011;16(3):406–10.
120. Ngo H, Mount GJ, Peters MC. A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. *Quintessence International*. 1997;28(1):63–9.
121. Frencken JE, van 't Hof MA, van Amerongen WE, Holmgren CJ. Effectiveness of single-surface ART restorations in the permanent dentition: a meta-analysis. *Journal of Dental Research*. 2004;83(2):120–3.
122. Mickenautsch S, Yengopal V, Banerjee A. Atraumatic restorative treatment versus amalgam restoration longevity: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. 2010;14(3):233–40.
123. Beazoglou T, Eklund S, Heffley D, Meiers J, Brown LJ, Bailit H. Economic impact of regulating the use of amalgam restorations. *Public Health Reports*. 2007;122(5):657–63.
124. Greener EH. Amalgam--yesterday, today, and tomorrow. *Operative Dentistry*. 1979;4(1):24–35.
125. Barber T, Reisbick MH. Amalgam: past, present, and future. *Journal of American Dental Association*. 1973;86(4):863–9.
126. Eley BM. The future of dental amalgam: A review of the literature. Part 1: Dental amalgam structure and corrosion. *British Dental Journal*. 1997;182(7):247–9.
127. Black GV, MD, DDS, ScD. An investigation of the physical characters of the human teeth in relation to their diseases, and to practical dental operations, together with the physical characters of filling-materials. *Dental Cosmos*. 1895;37(9):737–57.
128. Robinson PB. The evolution of cavity shape for minimal amalgam restorations. *Dental Update*. 1985;12(6):357–8.
129. Dhar V, Hsu KL, Coll JA, Ginsberg E, Ball BM, Chhibber S, et al. Evidence-based update of pediatric dental restorative procedures: Dental materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2015;39(4):303–10.
130. Holland IS, Walls AW, Wallwork MA, Murray JJ. The longevity of amalgam restorations in deciduous molars. *British Dental Journal*. 1986;161(7):255–8.
131. Fédération Dentaire Internationale (FDI) policy statement on mercury and amalgam in dentistry. *Australian Dental Journal*. 1992; 37(5):409–10.
132. Dental amalgam: update on safety concerns. ADA council on Scientific Affairs. *Journal of American Dental Association*. 1998;129(4):494–503.
133. Dental Amalgam Policy Statement Association of State and Territorial Dental Directors (ASTDD), 2010. Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm215061.htm.

134. Bellinger DC, Trachtenberg F, Barregard L, Tavares M, Cernichiari E, Daniel D, et al. Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *The Journal of the American Medical Association*. 2006;295(15):1775–83.
135. Food and Drug Administration H. Dental devices: classification of dental amalgam, reclassification of dental mercury, designation of special controls for dental amalgam, mercury, and amalgam alloy. Final rule. *Federal Register*. 2009;4;74(148):38685–714.
136. American Academy of Pediatric Dentistry. Clinical Affairs Committee – Restorative Dentistry Subcommittee. Guideline on pediatric restorative dentistry. *Pediatric Dentistry*. 2012;34(5):173–80.
137. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *British Dental Journal*. 1972;132(4):133–5.
138. Santos RL dos, Moura M de FL de, Carvalho FG de, Guênes GMT, Alves PM, Pithon MM. Histological analysis of biocompatibility of ionomer cements with an acid-base reaction. *Brazilian Oral Research*. 2014;28(1):1–7.
139. Sidhu S, Nicholson J. A Review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*. 2016;7(3):16.
140. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass-ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *Journal Dental Research*. 1980;59(6):1055–63.
141. Khoroushi M, Mansoori-Karvandi T, Hadi S. The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. *General Dentistry*. 60(6):e383–8.
142. Wilson AD. Glass-ionomer cement--origins, development and future. *Clinical Materials*. 1991;7(4):275–82.
143. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Journal of Dental Research*. 2013;10(4):411–20.
144. Powis DR, Follerås T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *Journal of Dental Research*. 1982;61(12):1416–22.
145. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. *Journal of Dentistry*. 2006;34(8):615–7.
146. Ngo H, Mount GJ, Peters MC. A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. *Quintessence International*. 1997;28(1):63–9.
147. Almuhaiza M. Glass-ionomer cements in restorative dentistry: A critical appraisal. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2016;17(4):331–6.
148. Mount GJ. *An Atlas of Glass-ionomer Cements: A Clinician's Guide*. CRC Press, London, 2003, p:201.

149. Cho SY, Cheng AC. A review of glass ionomer restorations in the primary dentition. *Journal of Canadian Dental Association*. 1999;65(9):491–5.
150. Yamamoto K, Arai K, Fukazawa K, Fukui K, Nagamatsu K, Kato K, et al. Effect of plaque fluoride released from a glass-ionomer cement on enamel remineralization in situ. *Caries Research*. 2005;39(2):157–60.
151. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dental Materials*. 2007;23(3):343–62.
152. Karantakis P, Helvatjoglou-Antoniades M, Theodoridou-Pahini S, Papadogiannis Y. Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. *Operative Dentistry*. 2000;25(1):20–5.
153. Asmussen E, Peutzfeldt A. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2009;60(2):93–7.
154. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*. 1998 ;19(6):503–8.
155. Koch G, Hatibović-Kofman S. Glass ionomer cements as a fluoride release system in vivo. *Swedish Dental Journal*. 1990;14(6):267–73.
156. Berg JH. The continuum of restorative materials in pediatric dentistry--a review for the clinician. *Pediatric Dentistry*. 1998;20(2):93–100.
157. Welbury RR, Shaw AJ, Murray JJ, Gordon PH, McCabe JF. Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: Final results after 42 months. *British Dental Journal*. 2000;189(2):93–7.
158. Hickel R, Voss A. Long-term) results with glass ionomer cements. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift*. 1988;43(3):263–71.
159. Mjör IA, Jokstad A. Five-year study of Class II restorations in permanent teeth using amalgam, glass polyalkenoate (ionomer) cement and resin-based composite materials. *Journal of Dentistry*. 1993;21(6):338–43.
160. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Longevity and cariostatic effects of everyday conventional glass-ionomer and amalgam restorations in primary teeth: three-year results. *Journal of Dental Research*. 1997;76(7):1387–96.
161. Kim KL, Namgung C, Cho BH. The effect of clinical performance on the survival estimates of direct restorations. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2013;38(1):11.
162. Laske M, Opdam NJM, Bronkhorst EM, Braspenning JCC, Huysmans MCDNJM. Longevity of direct restorations in Dutch dental practices. Descriptive study out of a practice based research network. *Journal of Dentistry*. 2016;46:12–7.

163. Chadwick BL, Evans DJ. Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: A systematic review of the literature. *European Archives of Pediatric Dentistry*. 2007;8(1):14–21.
164. Upadhyaya NP. Glass Ionomer Cement-The Different Generations. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*. 2005;18(2):158–165.
165. McLean JW. The comparative strengths of commercial glass ionomer cements with and without metal additions. *British Dental Journal*. 1992;172(12):437–437.
166. de Barra E, Hill RG. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: Influence of fluorite content. *Biomaterials*. 2000;21(6):563–9.
167. Kilpatrick NM, Murray JJ, McCabe JF. The use of a reinforced glass-ionomer cermet for the restoration of primary molars: a clinical trial. *British Dental Journal*. 1995;179(5):175–9.
168. Kawano F, Kon M, Kobayashi M, Miyai K. Reinforcement effect of short glass fibers with $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ glass on strength of glass-ionomer cement. *Journal of Dentistry*. 2001;29(5):377–80.
169. Kobayashi M, Kon M, Miyai K, Asaoka K. Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ glass. *Biomaterials*. 2000;21(20):2051–8.
170. Kanik Ö, Şebnem Türkün L, Kocatepe A, Diş Ü, Fakültesi H, Diş R, et al. Restoratif cam iyonomer simanlarda güncel yaklaşımlar: Recent approaches in restorative glass ionomer cements. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2016;37(2):54–65.
171. Falsafi A, Mitra SB, Oxman JD, Ton TT, Bui HT. Mechanisms of setting reactions and interfacial behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer. *Dental Materials*. 2014;30(6):632–43.
172. Gu YW, Yap AUJ, Cheang P, Khor KA. Effects of incorporation of HA/ZrO₂ into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials*. 2005;26(7):713–20.
173. Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Khan AS, Zohaib S, Martí JMN, et al. Modifications in glass ionomer cements: Nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016;17(7):11–34.
174. Olegário IC, Malagrana APVFP, Kim SSH, Hesse D, Tedesco TK, Calvo AFB, et al. Mechanical properties of high-viscosity glass ionomer cement and nanoparticle glass carbomer. *Journal of Nanomaterials*. 2015;(1):1–4.
175. Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *European Journal of Dentistry*. 2013;7(1):15–21.
176. Zainuddin N, Karpukhina N, Law R v., Hill RG. Characterisation of a remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dental Materials*. 2012;28(10):1051–8.

177. Bekmezoğlu Z, Güngör Ö, Karayılmaz H. Çocuk diş hekimliğinde restoratif materyaller ve cam karbomerin yeri. *Yeditepe Dental Journal*. 2019;15(3):359–65.
178. Kleverlaan CJ, van Duinen RNB, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dental Materials*. 2004;1;20(1):45–50.
179. Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, et al. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: Results from a 13-year recall examination. *Journal of American Dental Association*. 2014;145(10):1036–43.
180. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dental Materials Journal*. 2008;27(3):315–39.
181. Abdel-karim UM, El-Eraky M, Etman WM. Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites. *Tanta Dental Journal*. 2014;1;11(3):213–22.
182. Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dental Materials Journal*. 2010;29(2):193–8.
183. McCabe JF, Rusby S. Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. *Biomaterials*. 2004;25(18):4001–7.
184. Albeshti R, Shahid S. Evaluation of microleakage in Zirconomer®: A zirconia reinforced glass ionomer cement. *Acta Stomatologica Croatica*. 2018;52(2):97.
185. Zirconia Reinforced Glass Ionomer. Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.shofu.com.sg/wp-content/uploads/2020/02/Zirconomer-Improved-BRO.pdf.
186. Shruthi AS, Nagaveni NB, Poornima P, Selvamani M, Madhushankari GS, Subba Reddy V v. Comparative evaluation of microleakage of conventional and modifications of glass ionomer cement in primary teeth: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2015;33(4):279–84.
187. Shameera SNK, Kini S, Prithviraj PKJ, Shetty H. Spectrophotometric evaluation of microleakage in Class V cavity using new glass ionomer cements: An in vitro study. *International Journal of Advanced Research*. 2016;30;4(4):1396–401.
188. Irie M, Maruo Y, Nishigawa G, Suzuki K, Watts DC. Class I gap-formation in highly-viscous glass-ionomer restorations: delayed vs immediate polishing. *Operative Dentistry*. 2008;33(2):196–202.
189. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14(1):3–9.

190. Tedesco TK, Calvo AFB, Lenzi TL, Hesse D, Guglielmi CAB, Camargo LB, et al. ART is an alternative for restoring occlusoproximal cavities in primary teeth - evidence from an updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Pediatric Dentistry*. 2017;27(3):201–9.
191. Ersin NK, Candan U, Aykut A, Önçağ Ö, Eronat C, Kose T. A clinical evaluation of resin-based composite and glass ionomer cement restorations placed in primary teeth using the ART approach: Results at 24 months. *Journal of American Dental Association*. 2006;137(11):1529–36.
192. Raggio DP, Hesse D, Lenzi TL, Guglielmi CAB, Braga MM. Is Atraumatic restorative treatment an option for restoring occlusoproximal caries lesions in primary teeth? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2013;23(6):435–43.
193. Mishra N, Agarwal M, Mp S, Magwa K, Singh Thakur S, Arora SS. Comparative evaluation of effect of resin protective coatings on the surface hardness and shear punch strength of different glass ionomer cements-an in vitro study. *Journal of Research in Medical and Dental Science*. 2021;9(11):247–52.
194. EQUIA Forte HT | GC Europe. Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.europe.gc.dental/en-YE/products/equiaforteht
195. Molina GF, Faulks D, Mazzola I, Mulder J, Frencken JE. One year survival of ART and conventional restorations in patients with disability. *BMC Oral Health*. 2014;14(1):49.
196. de França Lopes CMC, Schubert EW, Martins AS, Loguercio AD, Reis A, Chibinski ACR, et al. Randomized clinical trial of ART Class II restorations using two glass ionomer cements: One-year follow-up. *Pediatric Dentistry*. 2018;40(2):98–104.
197. Olegário IC, Hesse D, Mendes FM, Bonifácio CC, Raggio DP. Glass carbomer and compomer for ART restorations: 3-year results of a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*. 2019;23(4):1761–70.
198. Miletić I, Baraba A, Basso M, Pulcini MG, Marković D, Perić T, et al. Clinical performance of a glass-hybrid system compared with a resin composite in the posterior region: Results of a 2-year multicenter study. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2020;22(3):235–47.
199. Gurgan S, Kutuk Z, Ozturk C, Soleimani R, Cakir F. Clinical performance of a glass hybrid restorative in extended size Class II cavities. *Operative Dentistry*. 2020;45(3):243–54.
200. Baumotte L. Does the depth of the cavity and the activity of the lesion in primary molars influence in the success of the restoration? *Journal of Dental Research*. 2019;98(A): #0605.
201. Mori D. Comparison of compressive strength and fluoride release of GIC restoratives. *Journal of Dental Research*. 2020;99(A): #1856.
202. Glavina D, Gorseta K. Compression fracture resistance of four different glass-ionomer cements. *Journal of Dental Research*. 2020;99(A): #1284.
203. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials*. 1998;19(6):521–7.

204. Wilson AD. Resin-modified glass-ionomer cements. *International Journal of Prosthodontics*. 1990;3(5):425–9.
205. Mitra SB, Kedrowski BL. Long-term mechanical properties of glass ionomers. *Dental Materials*. 1994;10(2):78–82.
206. Burgess JO, Barghi N, Chan DC, Hummert T. A comparative study of three glass ionomer base materials. *American Journal of Dentistry*. 1993;6(3):137–41.
207. Mount GJ. Clinical placement of modern glass-ionomer cements. *Quintessence International*. 1993;24(2):99–107.
208. Savarino L, Cervellati M, Stea S, Cavedagna D, Donati ME, Pizzoferrato A, et al. In vitro investigation of aluminum and fluoride release from compomers, conventional and resin-modified glass-ionomer cements: a standardized approach. *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition*. 2000;11(3):289–300.
209. Luong E, Shayegan A. Assessment of microleakage of Class V restored by resin composite and resin-modified glass ionomer and pit and fissure resin-based sealants following Er:YAG laser conditioning and acid etching: in vitro study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*. 2018;10:83–92.
210. Donly KJ, García-Godoy F. The use of resin-based composite in children: An update. *Pediatric Dentistry*. 2015;37(2):136–43.
211. Nicholson J, Czarnecka B. Resin-modified Glass-ionomer Cements. In: *Materials for the Direct Restoration of Teeth*. Woodhead Publishing, United Kingdom, 2016, p:137–59.
212. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. *Dental Materials*. 2007;23(5):615–22.
213. Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials*. 1998;19(6):529–39.
214. Shaw AJ, Carrick T, McCabe JF. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *Journal of Dentistry*. 1998;26(4):355–9.
215. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. 2003;24(14):2451–61.
216. Nicholson JW. Compomers: Ask the experts. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2008;20(1):3–4.
217. Herrera M, Castillo A, Bravo M, Liébana J, Carrión P. Antibacterial activity of resin adhesives, glass ionomer and resin-modified glass ionomer cements and a compomer in contact with dentin caries samples. *Operative Dentistry*. 2000;25(4):265–9.
218. Eakle WS, Bastin KG. *Dental Materials: Clinical Application for Dental Assistants and Dental Hygienist*. 4th Ed., Saunders, United States, 2021, p:441.
219. Puppini-Rontani RM, Baglioni-Gouveia ME, deGoes MF, Garcia-Godoy F. Compomer as a pit and fissure sealant: Effectiveness and retention after 24 months. *Journal of Dentistry for Children*. 2006;73(1):31–6.

220. García-Godoy F. Resin-based composites and compomers in primary molars. *Dental Clinics of North America*. 2000;44(3):541–70.
221. Cvikl B, Filipowitsch R, Wernisch J, Raabe M, Gruber R, Moritz A. Immediate shear bond strengths of a composite, a compomer and a glass ionomer to a ceramic substrate. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2013;15(4):385–91.
222. Münchow EA, Meereis CTW, de Oliveira da Rosa WL, da Silva AF, Piva E. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of technique protocol and photo-activation strategies. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2018;82:77–86.
223. Soncini JA, Maserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C. The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: Findings From the New England Children’s Amalgam Trial. *The Journal of the American Dental Association*. 2007;138(6):763–72.
224. Duggal MS, Toumba KJ, Sharma NK. Clinical performance of a compomer and amalgam for the interproximal restoration of primary molars: A 24-month evaluation. *British Dental Journal*. 2002;193(6):339–42.
225. Attin T, Opatowski A, Meyer C, Zingg-Meyer B, Mönting JS. Class II restorations with a polyacid-modified composite resin in primary molars placed in a dental practice: Results of a two-year clinical evaluation. *Operative Dentistry*. 2000;25(4):259–64.
226. Retief DH. Standardizing laboratory adhesion tests. *American Journal of Dentistry*. 1991;4(5):231–6.
227. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Tay FR, Kaga M, Kudou Y, et al. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *Journal of Biomedical Materials Research*. 2002;63(3):306–11.
228. Stookey GK, Featherstone JDB, Rapozo-Hilo M, Schemehorn BR, Williams RA, Baker RA, et al. The Featherstone laboratory pH cycling model: A prospective, multi-site validation exercise. *American Journal of Dentistry*. 2011;24(5):322–8.
229. Amaral FLB, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SAM. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: A critical review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2007;19(6):340–53.
230. Yamauti M, Hashimoto M, Sano H, Ohno H, Carvalho RM, Kaga M, et al. Degradation of resin-dentin bonds using NaOCl storage. *Dental Materials*. 2003;19(5):399–405.
231. Bulut AC, Sağlam Atsü S. Diş hekimliğinde restoratif materyallerin yaşlandırma işlemleri ve çiğneme simülatörleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2016;26(1):180–6.
232. Anselm Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. Fatigue resistance of soldered joints: A methodological study. *Dental Materials*. 1994;10(3):215–20.
233. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, van der Bilt A, van ’T Hof MA, Witter DJ, Kalk W, et al. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *Journal of Dental Research*. 2000;79(7):1519–24.

234. Steiner M, Mitsias ME, Ludwig K, Kern M. In vitro evaluation of a mechanical testing chewing simulator. *Dental Materials*. 2009;25(4):494–9.
235. Alemzadeh K, Raabe D. Prototyping artificial jaws for the robotic dental testing simulator. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 2008;222(8):1209–20.
236. de Munck J, van Landuyt K, Coutinho E, Poitevin A, Peumans M, Lambrechts P, et al. Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dental Materials*. 2005;21(11):999–1007.
237. International Organization for Standardization - ISO/TS 11450:2015 Dentistry - Testing of adhesion to tooth structure.
238. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*. 1999;27(2):89–99.
239. Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: A review. *Operative Dentistry*. 1997;22(4):173–85.
240. Alhabdan AA. Review of microleakage evaluation tools. *Journal of International Oral Health*. 2017;9(4):141.
241. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. *Journal of Dentistry*. 1992;20(1):3–10.
242. Kidd EA. Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *British Dental Journal*. 1976;141(10):305–10.
243. Tavangar M, Davaloo RT, Darabi F, Karambin M, Kazemi R. A comparative evaluation of microleakage of two low-shrinkage composites with a conventional resin composite: An in vitro assessment. *Journal of Dentistry*. 2016;17(1):55.
244. Türkün Ş, Ergücü Z. Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2004; 21(2): 143–51.
245. Charlton DG, Moore BK. In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *Journal of Dentistry*. 1992;20(1):55–8.
246. Füsün A, Füsün Ö, Sema B, Solen K. Acetate peel technique: A rapid way of preparing sequential surface replicas of dental hard tissues for microscopic examination. *Archives of Oral Biology*. 2005;50(10):837–42.
247. Mohapatra A, Sivakumar N. Microleakage evaluation using acetate peel technique. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2011;35(3):283–8.
248. Ayyıldız S, Uyar H, Yüzügüllü B. Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2019;3:219–26.
249. Hanks CT, Wataha JC, Parsell RR, Strawn SE, Fat JC. Permeability of biological and synthetic molecules through dentine. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1994;21(4):475–87.

250. Raskin A, Tassery H, D’Hoore W, Gonthier S, Vreven J, Degrange M, et al. Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. *American Journal of Dentistry*. 2003;16(3):207–10.
251. Park JY, Chung JH, Lee JS, Kim HJ, Choi SH, Jung UW. Comparisons of the diagnostic accuracies of optical coherence tomography, micro-computed tomography, and histology in periodontal disease: An ex vivo study. *Journal of Periodontal & Implant Science*. 2017;47(1):30.
252. Swain M, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International Journal of Oral Science*. 2009;1(4):177–88.
253. Pyo SW, Lim YJ, Lee WJ, Lee JJ. Study on application to the field of dentistry using optical coherence tomography (OCT). *The Journal of Korean Academy of Prosthodontics*. 2017;55(1):100.
254. Watson TF. Fact and artefact in confocal microscopy. *Advances in Dental Research*. 1997;11(4):433–41.
255. Misri R, Pande S, Khopkar U. Confocal laser microscope. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*. 2006;72(5):394–7.
256. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991;254(5035):1178–81.
257. Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Application of Optical Coherence Tomography (OCT) for diagnosis of caries, cracks, and defects of restorations. *Current Oral Health Reports*. 2015;2(2):73.
258. Scherrer SS, Cesar PF, Swain M v. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dental Materials*. 2010;26(2):78–93.
259. Sakaguchi RL, Ferracane JL, Powers JM. Testing of Dental Materials and Biomechanics. In: *Craig’s Restorative Dental Materials*. 14th Ed., Elsevier, Netherlands, 2019, p:69–89.
260. Burke FJT, Hussain A, Nolan L, Fleming GJP. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2008;16(4):158–65.
261. DeHoff PH, Anusavice KJ, Wang Z. Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dental Materials*. 1995;11(2):126–31.
262. Özcan E, Çetin AR, Tunçdemir AR, Ülker M. The effect of luting cement thicknesses on the push-out bond strength of the fiber posts. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2015;71(3–4):703–9.
263. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dental Materials*. 1995;11(2):117–25.
264. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: A critical review of “micro” bond strength test methods. *Dental Materials*. 2010;26(2):50–62.

265. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength — Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*. 1994;10(4):236–40.
266. Sinhoreti MAC, Soares EF, Abuna GF, Correr-Sobrinho L, Roulet JF, Geraldeli S. Microtensile bond strength of adhesive systems in different dentin regions on a Class II cavity configuration. *Brazilian Dental Journal*. 2017;28(4):474–81.
267. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: A review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 1999;1(4):299–309.
268. van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *Journal of Dentistry*. 1989;17(2):61–7.
269. Mount GJ, Rory Hume W. A new cavity classification. *Australian Dental Journal*. 1998;43(3):153–9.
270. Fanning EA. A longitudinal study of tooth formation and root resorption. *New Zealand Dental Journal*. 2008;104(2):60–1.
271. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Research*. 1997;31(3):224–31.
272. Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries: Take it or leave it? *Dental Update*. 2000;27(6):272–6.
273. Eliades T, Viazis AD, Lekka M. Failure mode analysis of ceramic brackets bonded to enamel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1993;104(1):21–6.
274. Milleding P. Microleakage of indirect composite inlays. An in vitro comparison with the direct technique. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1992;50(5):295–301.
275. Torriani DD, Ferro RL, Bonow MLM, Santos IS, Matijasevich A, Barros AJ, et al. Dental caries is associated with dental fear in childhood: Findings from a birth cohort study. *Caries Research*. 2014;48(4):263–70.
276. Boeira GF, Correa MB, Peres KG, Peres MA, Santos IS, Matijasevich A, et al. Caries is the main cause for dental pain in childhood: Findings from a birth cohort. *Caries Research*. 2012;46(5):488–95.
277. Meng L, Hua F, Bian Z. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Emerging and future challenges for dental and oral medicine. *Journal of Dental Research*. 2020;99(5):481–7.
278. Fusayama T. Two layers of carious dentin; diagnosis and treatment. *Operative Dentistry*. 1979;4(2):63–70.
279. Torresi F, Bsereni L. Efficacy of the chemical-mechanical removal method of dental caries with papain in adults. *Revista da Associacao Paulista de Cirurgioes Dentistas*. 2017;71(3):266–9.

280. Torresi F, Bsereni L. Research on the BRIX 3000 papain gel. Erişim tarihi: 10 Nisan 2022, Erişim adresi: www.tsaprazis.gr/datafiles/files/Brix3000-Research-on-papain-gel.pdf
281. Prabhav C, Anuja M, Garima C. Chemomechanical caries removal with BRIX 3000 in primary molar tooth: A case report. *International Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*. 2019;11(5):4740–2.
282. Alkhouli MM, al Nesser SF, Bshara NG, AlMidani AN, Comisi JC. Comparing the efficacies of two chemo-mechanical caries removal agents (2.25% sodium hypochlorite gel and Brix 3000), in caries removal and patient cooperation: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Dentistry*. 2020;93:103280.
283. Ismail MM, Haidar AH. Impact of Brix 3000 and conventional restorative treatment on pain reaction during caries removal among group of children in Baghdad city. *Journal of Baghdad College of Dentistry*. 2019;31(2):7–13.
284. Smales RJ, Yip HK. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for primary teeth: Review of literature. *Pediatric Dentistry*. 2000;22(4):294–8.
285. Davies GN, Davies GN. Early childhood caries — a synopsis. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 1998;26(1):106–16
286. Lo ECM, Holmgren CJ. Provision of Atraumatic Restorative Treatment (ART) restorations to Chinese pre-school children--a 30-month evaluation. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2001;11(1):3–10.
287. de Menezes Abreu DM, Leal SC, Frencken J. Self-report of pain in children treated according to the atraumatic restorative treatment and the conventional restorative treatment--a pilot study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2009;34(2):151–5.
288. van 't Hof MA, Frencken JE, van Palenstein Helderman WH, Holmgren CJ. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for managing dental caries: A meta-analysis. *International Dental Journal*. 2006;56(6):345–51.
289. de Amorim RG, Frencken JE, Raggio DP, Chen X, Hu X, Leal SC. Survival percentages of atraumatic restorative treatment (ART) restorations and sealants in posterior teeth: an updated systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*. 2018;22(8):2703–25.
290. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue - a review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2010;12(5):343–71.
291. van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*. 2010;26(2):100–21.
292. Camargo MA, Marques MM, de Cara AA. Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Archives of Oral Biology*. 2008;53(2):105–8.
293. Rüttermann S, Braun A, Janda R. Shear bond strength and fracture analysis of human vs. bovine teeth. *Public Library of Science*. 2013;8(3):e59181.

294. Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *Journal of Dental Research*. 1999;78(4):898–905.
295. He Z, Shimada Y, Tagami J. The effects of cavity size and incremental technique on micro-tensile bond strength of resin composite in Class I cavities. *Dental Materials*. 2007;23(5):533–8.
296. Angker L, Swain M v., Kilpatrick N. Micro-mechanical characterisation of the properties of primary tooth dentine. *Journal of Dentistry*. 2003;31(4):261–7.
297. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dental Materials*. 1990;6(1):45–50.
298. Sari S, Aras S, Gunhan O. The effect of physiological root resorption on the histological structure of primary tooth pulp. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 1999;23(3):221–5.
299. Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni G. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. *Archives of Oral Biology*. 1998;43(4):305–11.
300. Jaffer S, Oesterle LJ, Newman SM. Storage media effect on bond strength of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;136(1):83–6.
301. Lee JJ, Mettey-Marbell A, Cook A, Pimenta LAF, Leonard R, Ritter AV. Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *Journal of the American Dental Association*. 2007;138(12):1599–603.
302. Rueggeberg FA. Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. *Dental Materials*. 1991;7(1):2–10.
303. Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*. 2010;26(2):24–37.
304. Bektas ÖÖ, Eren D, Siso SH, Akin GE. Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers in Medical Science*. 2012;27(4):723–8.
305. Mair L, Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. *Dental Materials*. 2010;26(2):17–23.
306. Khoroushi M, Rafiei E. Effect of thermocycling and water storage on bond longevity of two self-etch adhesives. *General Dentistry*. 2013;61(3):39–44.
307. Wendt J. SL, McInnes PM, Dickinson GL. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dental Materials*. 1992;8(3):181–4.
308. Mandras RS, Retief DH, Russell CM. The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dental Materials*. 1991;7(1):63–7.

309. Sengun A, Koyuturk AE, Sener Y, Ozer F. Effect of desensitizers on the bond strength of a self-etching adhesive system to caries-affected dentin on the gingival wall. *Operative Dentistry*. 2005;30(4):430–5.
310. Peters MC, Flamenbaum MH, Eboda NM, Feigal RJ, Inglehart MR. Chemomechanical caries removal in children: Efficacy and efficiency. *Journal of the American Dental Association*. 2006;137(12):1658–66.
311. de Souza TF, Martins ML, Tavares-Silva CM, Fonseca-Gonçalves A, Maia LC. Treatment time, pain experience and acceptability of the technique for caries removal in primary teeth using the ART approach with or without Brix3000 papain gel: A preliminary randomised controlled clinical trial. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2021;2:1–9.
312. Abdul Khalek AMG, Elkateb MA, Abdel Aziz WE, el Tantawi M. Effect of papacarie and alternative restorative treatment on pain reaction during caries removal among children: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2017;41(3):219–24.
313. AlHumaid J. Efficacy and efficiency of Papacarie versus conventional method in caries removal in primary teeth: An SEM study. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences*. 2020;8(1):41.
314. Pascareli-Carlos A, Martins L, Silva Gonçalves M, Pettorossi Imparato J, Tedesco T. Pain perception of children after restorative treatments: Atraumatic restorative treatment versus chemomechanical removal – A noninferiority randomized clinical trial. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2021;39(2):202.
315. Modimi KV, Siddaiah SB, Chikkanarasaiah N, Rucha V, Abubakar SB, Dinraj K, et al. Microbiological assessment of carious dentine using chemomechanical caries removal and conventional hand excavation in primary and permanent teeth: A clinical study. *Journal of International Oral Health*. 2022;8(7):760.
316. Kirzioglu Z, Gurbuz T, Yilmaz Y. Clinical evaluation of chemomechanical and mechanical caries removal: status of the restorations at 3, 6, 9 and 12 months. *Clinical Oral Investigations*. 2007;11(1):69–76.
317. Mhaville RJ, van Amerongen WE, Mandari GJ. Residual caries and marginal integrity in relation to Class II glass ionomer restorations in primary molars. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2006;7(2):81–4.
318. Topaloglu-Ak A, Eden E, Frencken JE, Oncag O. Two years survival rate of class II composite resin restorations prepared by ART with and without a chemomechanical caries removal gel in primary molars. *Clinical Oral Investigations*. 2009;13(3):325–32.
319. Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Gupta M, Verma L. Various methods of caries removal in children: A comparative clinical study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2007;25(2):93–6.

320. Goomer P, Jain RL, Kaur H, Sood R. Comparison of the efficacy of chemicommechanical caries removal with conventional methods - A clinical study. *Journal of International Oral Health*. 2013;5(3):42.
321. Kochhar GK, Srivastava N, Pandit I, Gugnani N, Gupta M. An evaluation of different caries removal techniques in primary teeth: A comparative clinical study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2011;36(1):5–10.
322. Elmas MS, Başaran EG, İzgi AD. Diş hekimliğinde kullanılan bağlanma dayanımı test metotları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2021;31(2):283–8.
323. Sadek FT, Monticelli F, Muench A, Ferrari M, Cardoso PEC. A novel method to obtain microtensile specimens minimizing cut flaws. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2006;78B(1):7–14.
324. Hara AT, Pimenta LAF, Rodrigues AL. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dental Materials*. 2001;17(2):165–9.
325. Reis A, de Oliveira Bauer JR, Loguercio AD. Influence of crosshead speed on resin-dentin microtensile bond strength. *Journal Adhesive Dentistry*. 2004;6(4):275–8.
326. Thazhatheethil A, Hiremath MC, Sarakanuru SK, Surendranath P, Kothari NR. Scanning electron microscopic evaluation of residual dentin surface in primary teeth after using two chemo-mechanical caries removal agents: An in vitro study. *Journal of Pediatric Dentistry*. 2021;7(2):49–57.
327. Celiberti P, Francescut P, Lussi A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Research*. 2006;40(2):117–23.
328. Abdelnur JP, Cerqueira DF, Castro GF, Maia LC, de Souza IPR. Strategies for addressing restorative challenges in HIV-infected children. *Journal of Dentistry for Children*. 2008;75(1):69–73.
329. Kumar J, Nayak M, Prasad KL, Gupta N. A comparative study of the clinical efficiency of chemomechanical caries removal using Carisolv and Papacarie - a papain gel. *Indian Journal of Dental Research*. 2012;23(5):697.
330. Motta LJ, Bussadori SK, Campanelli AP, da Silva AL, Alfaya TA, de Godoy CHL, et al. Efficacy of Papacarie(®) in reduction of residual bacteria in deciduous teeth: a randomized, controlled clinical trial. *Clinics*. 2014;69(5):319–22.
331. Kidd EA, Joyston-Bechal S, Beighton D. The use of a caries detector dye during cavity preparation: A microbiological assessment. *British Dental Journal*. 1993;174(7):245–8.
332. Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JW, Ergle JW, Rueggeberg FA, Adair SM. Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results at year 10. *Journal of the American Dental Association*. 1998;129(1):55–66.
333. Singh UP, Tikku A, Chandra A, Loomba K, Boruah LC. Influence of caries detection dye on bond strength of sound and carious affected dentin: An in-vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2011;14(1):32.

334. Gianini RJ, do Amaral FLB, Flório FM, Basting RT. Microtensile bond strength of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems to demineralized dentin after the use of a papain-based chemomechanical method. *American Journal of Dentistry*. 2010;23(1):23–8.
335. Piva E, Ogliari FA, de Moraes RR, Corá F, Henn S, Correr-Sobrinho L. Papain-based gel for biochemical caries removal: Influence on microtensile bond strength to dentin. *Brazilian Oral Research*. 2008;22(4):364–70.
336. Sonoda H, Banerjee A, Sherriff M, Tagami J, Watson TF. An in vitro investigation of microtensile bond strengths of two dentine adhesives to caries-affected dentine. *Journal of Dentistry*. 2005;33(4):335–42.
337. Zaghloul NM. Bonding capacity of a universal adhesive in different etching modes to caries affected dentin prepared by two caries excavation techniques. *Egyptian Dental Journal*. 2018;64(4):47–59.
338. Li H, Wang WM, Yu SL, Wen Q. Morphological and microtensile bond strength evaluation of three adhesive systems to caries-affected human dentine with chemomechanical caries removal. *Journal of Dentistry*. 2011;39(4):332–9.
339. Zaffe D, Botticelli A, Bellincampi M, Chiesa M, Vitale M. Carious dentin treatment for glass ionomer cement adhesion: A comparative study. *WebMedCentral Dentistry*. 2010;1(10):001091.
340. al Shamim A, Ali B, Mirza A, Khan I. Shear bond strength of conventional glass ionomer cement to mechanically treated versus chemomechanically treated dentin. *Journal of Pakistan Dental Association* 2010;19(3):139–43.
341. Wahby R, Sayed Elmasry E, Manal, Sheikh A, Youness SB. In vitro study evaluating the micro-tensile bond strength of different restorative materials after treatment by chemo-mechanical agent. *Nature and Science*. 2014;12(5):22–6.
342. Arora R, Goswami M, Chaudhary S, Chaitra TR, Kishor A, Rallan M. Comparative evaluation of effects of chemo-mechanical and conventional caries removal on dentinal morphology and its bonding characteristics - an SEM study. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2012;13(4):179–84.
343. Maru VP, Shakuntala BS, Dharma N. Evaluation of marginal leakage and shear bond strength of bonded restorations in primary teeth after caries removal by conventional and chemomechanical techniques. *International Scholarly Research Notices*. 2014;(14):1–4.
344. Aslam S, Khan SA, Sarwar N, Rafique MA. Comparison of microleakage in chemically bonded and mechanically bonded restorations after using chemomechanical caries removal technique in primary teeth. *Annals of King Edward Medical University*. 2021;27(1):355–61.
345. Juntavee A, Juntavee N, Peerapattana J, Nualkaew N, Sutthisawat S. Comparison of marginal microleakage of glass ionomer restorations in primary molars prepared by Chemo-mechanical Caries Removal (CMCR), Erbium: Yttrium Aluminum-Garnet (Er:YAG) Laser and Atraumatic Restorative Technique (ART). *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2013;6(2):75–9.

346. Hafez MA, Elkateb M, el Shabrawy S, Mahmoud A, el Meligy O. Microleakage evaluation of composite restorations following papain-based chemo-mechanical caries removal in primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2017;41(1):53–61.
347. Mousavinenasab SM, Jafary M. Microleakage of composite restorations following chemo-mechanical and conventional caries removal. *Frontiers in Dentistry (Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences)*. 2004;1(4):12–7.
348. Pavuluri C, Nuvvula S, Kamatham RL, Nirmala S. Comparative evaluation of microleakage in conventional and RMGIC restorations following conventional and chemomechanical caries removal: An in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2014;7(3):172.
349. Nouzari A, Zohrei A, Ferooz M, Mohammadi N. Marginal micro-leakage of self-etch and all-in one adhesives to primary teeth, with mechanical or chemo-mechanical caries removal. *Journal of Dental Biomaterials*. 2016;3(2):220.
350. Okida RC, Martins TM, Briso ALF. In vitro evaluation of marginal leakage in bonded restorations, with mechanical or chemical-mechanical (Carisolv) removal of carious tissue. *Brazilian Oral Research*. 2007;21(2):176–81.
351. Puckett AD, Fitchie JG, Karns L, Dellinger TM, Inman CC. Microleakage of a compomer compared to conventional and hybrid ionomers. *Quintessence International*. 2001;32:49–54.
352. Toledano M, Osorio E, Osorio R, García-Godoy F. Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1999;81(5):610–5.
353. Ajami B, Makarem A, Nik Nezhad E. Microleakage of Class V compomer and light-cured glass ionomer restorations in young premolar teeth. *Journal of Mashhad Dental School*. 2007;31(1):25–8.
354. Masih S, Thomas AM, Koshy G, Joshi JL. Comparative evaluation of the microleakage of two modified glass ionomer cements on primary molars. An in vivo study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2011;29(2):135–9.
355. Mosharrafian S, Heidari A, Rahbar P, Rahbar P. Microleakage of two bulk fill and one conventional composite in Class II restorations of primary posterior teeth. *Journal of Dentistry*. 2017;14(3):123.
356. Güngör HC, Canoğlu E, Çehreli ZC. The effects of dentin adhesives and liner materials on the microleakage of class II resin composite restorations in primary and permanent teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2014;38(3):223–8.
357. Singla T, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Gupta M. An evaluation of microleakage of various glass ionomer based restorative materials in deciduous and permanent teeth: An in vitro study. *Saudi Dental Journal*. 2012;24(1):35.
358. Ayna B, Celenk S, Atas O, Tümen EC, Uysal E, Toptancı IR. Microleakage of glass ionomer based restorative materials in primary teeth: An In vitro study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2018;21(8):1034–7.

359. Gopinath VK. Comparative evaluation of microleakage between bulk esthetic materials versus resin-modified glass ionomer to restore Class II cavities in primary molars. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2017;35(3):238–43.
360. Gaintantzopoulou MD, Gopinath VK, Zinelis S. Evaluation of cavity wall adaptation of bulk esthetic materials to restore Class II cavities in primary molars. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21(4):1063–70.
361. Habib SI, Yassen AA, Bayoumi RE. Influence of nanocoats on the physicommechanical properties and microleakage of bulk-fill and resin-modified glass ionomer cements: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021;22(1):62–8.
362. Aly GMM, Kabel NR, Ahmed DM. Marginal microleakage of five different glass ionomer restorations in primary teeth with or without polishing. *Egyptian Dental Journal*. 2016;62(1):9–19.
363. Mazaheri R, Pischevar L, Shichani AV, Geravandi S. Effect of different cavity conditioners on microleakage of glass ionomer cement with a high viscosity in primary teeth. *Dental Research Journal*. 2015;12(4):337.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Kararı



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı : 72867572-050.01.04-123272
Konu : Etik Kurul Kararı

21-09-2020

Sayın Dr.Öğr. Üyesi Derya CEYHAN
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Isparta

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Kemomekanik Çürük Temizleme Yönteminin Farklı Restoratif Materyallerin Adezyonuna Etkisinin İncelenmesi" isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 12.08.2020 tarih ve 234 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir. Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Mekin SEZİK
Başkan

Eki :Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)