

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN FLOR
SALINIMININ KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sena KIZILASLAN

**Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nuray TÜLOĞLU**

**ESKİŞEHİR
2020**

T.C
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN FLOR
SALINIMININ KARŞILAŞTIRMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sena KIZILASLAN

**Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nuray TÜLOĞLU**

‘Bu tez, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından
201945A109 proje numarası ile desteklenmiştir.’

**ESKİŞEHİR
2020**

UZMANLIK TEZİ BEYANNAMESİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum “**Farklı Restoratif Materyallerin Flor Salınımının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi**” başlıklı araştırmayı danışmanım Doç. Dr. Nuray TÜLOĞLU’nun rehberlik ve sorumluluğunda tamamladığım; çalışma protokolü ve süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı, verilerin tarafımdan toplandığını, örneklerin tarafımda hazırlandığını; deney, analiz ve görüntüleme işlemlerinin ilgili laboratuvar ve görüntüleme merkezinde tarafımda yapıldığını, tez metnini hazırlarken kaynakçanın eksiksiz olarak gösterildiğini, tezin yazım kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırlandığını ve belirtilen hususların aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Sena KIZILASLAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	III
ÖZET	IV
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VI
ŞEKİL DİZİNİ	VII
TABLO DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Cam İyonomer Simanlar	3
2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	4
2.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların İçeriği.....	4
2.1.1.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması.....	6
2.1.1.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Diş Dokularına Adezyonu	8
2.1.1.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanlardan Flor Salınımı	8
2.1.1.5. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Endikasyonları.....	9
2.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar.....	10
2.1.2.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların İçeriği	11
2.1.2.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması	11
2.1.2.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Diş Dokularına Adezyonu.....	12
2.1.2.4. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Flor Salınımı	13
2.1.2.5. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Endikasyonları	13
2.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler	14
2.1.3.1. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin İçeriği	14
2.1.3.2. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Sertleşme Mekanizması.....	15
2.1.3.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Diş Dokularına Adezyonu	15
2.1.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Flor Salınımı.....	16

2.1.3.5. Poliasit Modifiye Kompozit Resinlerin Endikasyonları.....	16
2.1.4. Cam Karbomerler	17
2.1.4.1. Cam Karbomerlerin İçeriği.....	17
2.1.4.2. Cam Karbomerlerin Sertleşme Mekanizması	19
2.1.4.3. Cam Karbomerlerin Endikasyonları	20
2.1.5. ACTIVA Biyoaktif Materyaller.....	20
2.1.5.1. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin İçeriği	21
2.1.5.2. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Sertleşme Mekanizması	21
2.1.5.3. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Diş Dokularına Adezyonu	22
2.1.5.4. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin İyon Salınımı.....	22
2.1.5.5. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Endikasyonları	22
2.2. Dental Materyallerden Flor Salınımı	23
2.3. Araştırmanın Amacı.....	24
3.MATERYAL ve METOT	25
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller	25
3.2. Örneklerin Hazırlanması.....	28
3.3. Flor İyon Ölçümü.....	30
3.4. İstatistiksel Değerlendirme	33
4.BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA.....	36
KAYNAKLAR	43
EK-1. ÖZGEÇMİŞ	63
EK-2. BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ ONAY BELGESİ.....	68

TEŞEKKÜR

Eğitimim boyunca gösterdiği ilgisi, sabrı, nezaketi ve her türlü desteği için sevgili danışman hocam Doç. Dr. Nuray TÜLOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimime katkıda bulunan, mesleki bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı başkanı Prof. Dr. Şule BAYRAK'a ve Dr. Öğr. Üyesi Seçil ÇALIŞKAN'a,

Deneyimlerini benimle paylaşan ve rahat bir çalışma ortamı sağlayan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kimya Bölümü öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Tufan GÜRAY'a,

Bana her koşulda destek veren, yardımlarını esirgemeyen, bu ekibin en önemli parçalarından biri olan kliniğimizin değerli çalışanları ve sevgili çalışma arkadaşlarıma,

Çok severek okuduğum ve devam ettirdiğim mesleğimi, bana en iyi şekilde öğrettikleri için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi değerli öğretim üyelerine,

Her zaman yanımda olan, varlıklarıyla bana her daim güç ve ümit veren sevgili annem Perihan KIZILASLAN, sevgili babam Ömer KIZILASLAN ve biricik kardeşim Beyza KIZILASLAN GİRİŞİT'e

Teşekkürlerimle...

Sena KIZILASLAN

ÖZET

Farklı Restoratif Materyallerin Flor Salınımının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Amaç: Araştırmamızda, cam karbomer ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin flor salınım kapasitesinin geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı.

Materyal ve Metot: Araştırmamızda geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX), rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC), cam karbomer (GCP Glass Fill) ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyal (ACTIVA-Kids) kullanıldı. Her bir materyalden 10 mm çapında, 1.0 mm yüksekliğinde polietilen kalıplar kullanılarak 13 örnek hazırlandı. Her bir örnek 10 ml deiyonize su içeren polietilen tüplere yerleştirildi. Örneklerden salınan flor miktarı ilk hafta her gün ve daha sonra haftada bir iyon seçici elektrot ile ölçüldü. Araştırmamızda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U-testi kullanıldı.

Bulgular: Restoratif materyaller arasında en yüksek ortalama flor salınım değeri cam karbomer grubunda tespit edilirken bunu sırasıyla geleneksel cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer siman ve ACTIVA biyoaktif materyalin takip ettiği saptandı. Restoratif materyallerin flor salınım değerleri karşılaştırıldığında, 1. günde materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), diğer günlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlendi ($p<0.05$). Tüm materyallerin kendi içlerinde günlere göre flor salınım değerlerinin karşılaştırılmasında ise anlamlı farklılıklar olduğu ($p<0.05$) ve materyallerin en yüksek flor salınımını ilk gün gerçekleştirdiği saptandı.

Sonuç: Araştırmamızdan elde ettiğimiz bulgular ışığında, cam karbomer simanların en yüksek flor salınımı göstermesi nedeniyle özellikle yüksek çürük riski olan hastalarda kullanımının uygun olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: ACTIVA Biyoaktif Restoratif Materyal, Cam İyonomer Siman, Cam Karbomer, Flor Salınımı

ABSTRACT

Comparative Evaluation of Fluoride Release of Different Restorative Materials

Aim: In our study, it was aimed to evaluate the fluoride release capacity of glass carbomer and ACTIVA bioactive restorative material with conventional and resin modified glass ionomer.

Material and Method: In our study, conventional glass ionomer cement (Fuji IX), resin modified glass ionomer cement (Fuji II LC), glass carbomer (GCP Glass Fill) and ACTIVA bioactive restorative material (ACTIVA-Kids) were used. 13 samples were prepared from each material using 10 mm diameter, 1.0 mm high polyethylene molds. Each sample was placed in polyethylene tubes containing 10 ml of deionized water. The amount of fluoride released from the samples was measured every day in the first week and then weekly with an ion selective electrode. Kruskal Wallis and Mann-Whitney U-test were used for statistical evaluation of the data obtained in our study.

Results: The highest mean fluoride release value among all restorative materials was determined in the glass carbomer group, followed by respectively conventional glass ionomer, resin modified glass ionomer cement and ACTIVA bioactive material. When the fluoride release values of the restorative materials were compared, no statistically significant difference was observed between the materials on the 1st day ($p > 0.05$), whereas there were statistically significant differences on the other days ($p < 0.05$). It was determined that there was a significant difference in the comparison of fluoride release values of all materials in terms of days ($p < 0.05$) and the highest fluoride release of the materials was determined on the first day.

Conclusion: In the light of the findings we obtained from our research, we think that the use of glass carbomer cements is especially suitable for patients with high caries risk due to the highest fluoride release.

Keywords: ACTIVA Bioactive Restorative Material, Glass Ionomer Cement, Glass Carbomer, Fluoride Release

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
mV	: Milivolt
Al ₂ O ₃	: Alümina (Alüminyum Oksit)
AlPO ₄	: Alüminyum Fosfat
AlF ₃	: Alüminyum Triflorid
CaF ₂	: Kalsiyum Florid
SiO ₂	: Silika
ASPA	: Alüminosilikat Poliakrilik Asit
Bis-GMA	: Bisfenol A-Glisidil Dimetakrilat
HEMA	: 2-Hidroksietil Metakrilat
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
TCB	: 1,2,3,4- tetrakarboksilik asit di 2-hidroksietilmetakrilat
TISAB	: Toplam İyonik Gücü Ayarlama Tamponu
UDMA	: Üretan Dimetakrilat

ŞEKİL DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Geleneksel cam iyonomer siman.....	25
Şekil 3.2. Rezin modifiye cam iyonomer siman.....	26
Şekil 3.3. Cam karbomer	26
Şekil 3.4. ACTIVA biyoaktif restoratif materyal	27
Şekil 3.5. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan polietilen kalıp	28
Şekil 3.6. Disk şeklinde hazırlanan örnek	28
Şekil 3.7 Örneklerin hassas terazide tartılması.....	29
Şekil 3.8. Kodlama yapılmış polietilen test tüpleri	30
Şekil 3.9. Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı	31
Şekil 3.10. İlk ölçüm gününün kalibrasyon grafiği	32
Şekil 3.11. Örneklerden salınan flor miktarının iyon seçici elektrot ile ölçülmesi	33
Şekil 4.1 Restoratif materyallerin günlere göre flor salınım grafiği.....	35

TABLO DİZİNİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan materyaller 27

Tablo 3.2. Restoratif materyallerin hazırlanması ve polimerizasyon süreleri 29



1. GİRİŞ

Diş çürüğü yüksek oranda önlenabilir bir hastalık olmasına rağmen özellikle de çocuklarda hala önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir.^{1,2} Türkiye'de ağız ve diş hastalıkları, 0-6 yaş grubu çocuklarda ilk beş hastalık arasında, 7-14 yaş grubunda ise %24.6 görülme oranı ile ilk sırada yer almaktadır.³ Flor, diş çürüğünün önlenmesinde ve kontrol altına alınmasında etkili, güvenli ve ekonomik bir ajandır.⁴ Bu nedenle günümüzde jel, vernik, diş macunu ve restoratif materyaller gibi birçok ürün flor içermekte ve hem çocuk hem de yetişkinlerin diş tedavisinde flor salınımı yapabilen restoratif materyaller tercih edilmektedir.

Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar, nano özellikli cam iyonomer simanlar, poliasit modifiye kompozit rezinler, flor içerikli kompozit rezinler flor salınımı yapan restoratif materyallerdir.⁵ Yapısında polialkenoik asit ve silikat cam içeren geleneksel cam iyonomer simanlar asit-baz reaksiyonu sonucu sertleşmekte ve bu sertleşme reaksiyonu sırasında flor açığa çıkmaktadır.⁵ Geleneksel cam iyonomer simanlardan flor salınımı ilk 24 saatte yüksek iken zamanla azalmaktadır.^{5,6} Geleneksel cam iyonomer simanların flor salınımı yapabilmeleri avantaj olmasına karşın, neme karşı hassas olmaları, uygulamasının zor olması, klinik performansının düşük olması, abrazyona direncinin düşük olması ve estetik olmaması gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır.⁷ Bu dezavantajların üstesinden gelmek için rezin modifiye cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir.⁷

Flor salınımı yapan bir diğer restoratif materyal olan cam karbomerler, karbomize nano partiküller içeren cam iyonomer yapıda simanlardır.⁸ Ancak nano boyutlu toz partikülleri ve floropatit içermesi ile cam iyonomerlerden ayrılmaktadırlar⁸. Nanopartiküllerin eklenmesi materyalin mekanik özelliklerini geliştirmiştir. Cam karbomerler geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar ile

karşılaştırıldığında, daha uzun çalışma zamanına, daha hızlı sertleşme süresine sahip olup estetik başarısı ve translusensliği de daha iyidir. Ayrıca cam karbomerler yapısında rezin, monomer, metal ve Bisfenol-A içermemektedir.⁹

ACTIVA biyoaktif restoratif materyal, gelişmiş rezin modifiye cam iyonmer simandır. ACTIVA, Bisfenol A, Bisfenol A-Glisidil Dimetakrilat (Bis-GMA) ve türevlerini içermez. Doğal dişin fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren bu materyal dişlere kimyasal olarak bağlanmakta ve florun yanında kalsiyum, fosfat salınımı da göstermektedir.^{10, 11}

Flor salınımı yapabilen restoratif materyaller, tükürük, plak ve sert dental dokulardaki flor seviyesini arttırarak bir flor rezervuarı gibi davranırlar ve böylece çürük oluşumunu engellemeye yardımcı olurlar. Flor, restorasyonlara komşu minenin mikrosertliğinin artmasına da neden olur.¹² Ayrıca yüksek konsantrasyondaki flor, bakterilerin kolonizasyonunu ve asit üretimini engelleyerek demineralizasyonu inhibe eder.^{5, 13} Bu nedenle, materyalin yapısındaki flor iyon miktarının¹⁴ yanı sıra materyalden salınan florun uzun süreli ve etkin düzeyde olması restoratif materyalin çürük önleyici etkisini göstermektedir.^{5, 15}

Restoratif materyallerin flor salınımı hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde, cam iyonmer içerikli restoratif materyallerin flor salınımı hakkında çalışmalar olmasına karşın,¹⁶⁻²⁰ cam karbomer²¹⁻²³ ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyallerin²⁴⁻²⁶ flor salınımı hakkında sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu tez araştırmasında, cam karbomer ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin flor salınım kapasitelerinin geleneksel cam iyonmer siman ve rezin modifiye cam iyonmer siman ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomerler, 1960'ların sonunda Alan Wilson ve ark. tarafından Londra'daki "Laboratory of the Government Chemist" laboratuvarlarında, polikarboksilat simanlardan duyulan genel memnuniyetsizlik üzerine silikat simanların yerini almak üzere geliştirilmiş ve patenti alınmış simanlardır.^{27, 28} 1972 yılında da Wilson ve Kent tarafından alüminosilikat poliakrilik asit (ASPA) adı altında tanıtılmıştır.²⁹

Cam iyonomer simanlar, 2003 yılında Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından "cam polialkenoat siman" olarak adlandırılrsa da diş hekimliği terminolojisinde "cam iyonomer" ifadesi kullanılmakta ve neredeyse keşfedildiği ilk yıllardan beri süt dişlerinde restoratif materyal olarak kullanılmaktadırlar.³⁰⁻³²

Genel olarak cam iyonomer siman ifadesi, sertleşme reaksiyonunun tamamını ya da büyük bir bölümünü asit-baz reaksiyonu şeklinde gerçekleştiren, devamlı olarak flor salınımı yapabilen ve flor rezervuarı olarak görev gören restoratif materyaller için kullanılmaktadır.^{33, 34}

Cam iyonomer simanlar, mine ve dentine kimyasal bağlanma, uzun süre flor salınımı yapma, reşarj olma, diş yapısına yakın termal genleşme katsayısına sahip olma, karyostatik etkiye sahip olma ve biyouyumlu olma gibi avantajlarına karşın sertleşme reaksiyonu sırasında erken dönemde neme, daha sonra ise dehidratasyona karşı hassasiyet göstermesi, kırılma dayanımı ve aşınma direncinin düşük olması, manipülasyon güçlüğü ve estetiğinin iyi olmaması gibi dezavantajlara sahiptirler.^{35, 36}

1994 yılında McLean ve ark.³⁰ cam iyonomer simanları sertleşme reaksiyonlarına göre üç sınıfa ayırmışlar:

I. Geleneksel cam iyonomer simanlar

II. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar

III. Poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomer)

2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanlar, kalsiyum floro-alümino-silikat gibi bazik bir inorganik camla birleştirilmiş, karboksilik asit ile fonksiyonelleştirilmiş suda çözünür polimerik bir malzemedir (polielektrolit) oluşan benzersiz organik/inorganik kompozitlerdir.³⁷ Wilson ve Batchelor tarafından dental silikat simanların matris yapısının kısmen alüminyum ve kalsiyum fosfatlardan oluştuğunun keşfi, silikat simanlardaki fosforik asidin daha az agresif bir organik şelatlama asidi ile değiştirilmesi önerisine yol açmıştır.^{38, 39}

Bu amaçla, Wilson ve ark.⁴⁰ tarafından %35-50 oranında sulu çözeltiler halinde pirüvik, tartarik, tannik, floroborik, gliserofosforik ve tetrafosforik asit serileri ve %25'lik polimerik asitin sulu çözeltisi alüminosilikat cam tozları ile karıştırılarak deneysel simanlar hazırlanmıştır. Ortaya çıkan simanlar (%35-50 pirüvik, tartarik, tannik, floroborik, gliserofosforik ve tetrafosforik asitlerden oluşan) olumlu birçok özelliğine rağmen yavaş sertleşme reaksiyonu ve klinik kullanımı engelleyen zayıf hidrolitik stabilite göstermiştir.⁴⁰ Bununla birlikte, %25'lik poliakrilik asit çözeltisi ile oluşturulan simanın hidrolitik parçalanmaya karşı daha dirençli olduğu, ancak çalışma süresinin ise çok kısa olduğu belirtilmiştir.^{40, 41} Wilson ve Kent'in²⁹ camın reaktivitesinin alümina (Al₂O₃)/silika (SiO₂) oranı ile kontrol edildiğini keşfetmesinden sonra hidrolitik açıdan kararlı simanlar yeni cam formülasyonları kullanılarak oluşturulabilmiştir.

2.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların İçeriği

Geleneksel cam iyonomer siman üç temel bileşenden oluşmaktadır: polimerik suda çözünür asit, bazik (iyon-sızdırabilir) cam ve su.³⁰

Kimyasal kompozisyonuna göre değişiklik gösterse de cam iyonomer simanların toz komponenti 1100-1500°C’de sinterlenip toz haline getirilmiş SiO₂, Al₂O₃, kriolit, alüminyum triflorid (AlF₃), flor rezervuarı olması için kalsiyum florid (CaF₂) ve alüminyum fosfat (AlPO₄) bileşenlerinden oluşmaktadır.⁴² Wilson ve Kent²⁹ tarafından incelenen birçok cam bileşeni içerisinde 200 cam kompozisyon (G-200), SiO₂-Al₂O₃-AlF₃-CaF₂-NaF-AlPO₄, ASPA-I için toz bileşen olarak başarılı bulunmuştur. G-200 toz bileşeninin flor ve kalsiyum oranı yüksektir.²⁹

G-200, o tarihe kadar reaksiyon kontrol edici herhangi bir katkı maddesi olmadan %50 poliakrilik asit çözeltisi ile karıştırıldığında klinik olarak kullanılabilir cam iyonomer siman oluşturan tek cam bileşeni olması bakımından benzersiz olmasına rağmen, ⁴¹John McLean, ASPA-I’in klinik olarak kullanıldığında zayıf estetik özellikler gösterdiğini ve yavaş bir sertleşme reaksiyonu gerçekleştirdiğini dile getirmiştir.⁴³

ASPA-I’in kısıtlı çalışma zamanı ve sertleşme süresinin uzun sürmesi, simanı nem kontaminasyonuna da duyarlı hale getirmektedir.⁴³ Bu olumsuz özellikleri azaltmak için ASPA-I’e tartarik asit ve poliakrilik asit eklenerek ASPA-II geliştirilmiştir.⁴³ Daha sonra ASPA-II’nin likitinin poliakrilik ve poliakrilik asit komponentleri katılınca simanın yapısına metil alkol eklenip modifiye edilmiş ve ASPA-III olarak adlandırılmıştır.⁴³ ASPA-III klinik olarak ağız içinde renklenme sorunu nedeni ile başarılı olamamış ve bu simanın likitine itakonik asit ve akrilik kopolimerler eklenerek ASPA-IV geliştirilmiştir.⁴³ ASPA-IV’ün mekanik özelliklerini geliştirmek için asitin kurutulup cam tozuna ilave edilmesi ile ASPA-V piyasaya sürülmüştür.⁴⁴ Bu materyalin donma süresi daha kısadır ve dayanıklılığı arttırılmıştır. Aynı cam iyonomer siman ASPA-V ismiyle inceltirilerek yapıştırma simanı olarak da piyasaya sürülmüştür.⁴⁴

2.1.1.2. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması

Tüm cam iyonomerlerin sertleşme mekanizması, sıvının bir polialkenoik asit olduğu ve bazın eritilmiş cam olduğu basit bir asit/baz reaksiyonudur. Reaksiyonda çok sayıda polialkenoik asit ve farklı cam tozları kullanılmaktadır. Bu yüzden kompozisyona göre sertleşmenin kimyası da değişmektedir.^{30, 45}

Sertleşmenin erken evrelerinde (ilk 10 dakika) kalsiyum iyonunun yavaş salınımı görülür ve kalsiyum iyonları likitte bulunan sulu faza geçer. Sonra serbest yapıda bulunan karboksil grubu ile birleşir ve çapraz bağlar ile tuz köprüleri oluşur. Bu olay sertleşmenin erken evresinden sorumludur. Alüminyum metal iyonları ise daha yavaş oranda salınır ve sertleşmenin geç evresinden sorumludur. Bu evrede alüminyum iyonları, materyalin mekanik özelliklerini önemli şekilde geliştirmektedir.⁴⁶⁻⁴⁸

Cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması; toz ve likitin teması, cam partikülleri üzerine asit atağı, matrisin şelasyonu ve matrisin sertleşmesi olmak üzere 4 ayrı fazda gerçekleşmektedir.⁴⁹

1. Tozun çözünmesi: Başlangıç fazında siman matrisinde doldurucu görevi gören cam partiküller, polikarboksilik asit solüsyonu içinde dağılır. Asit atağının gerçekleştiği fazda, yüzeydeki cam tozlarının yıkımı başlar ve simanı oluşturan metal iyonlarının (alüminyum, kalsiyum, stronsiyum, flor) çözünmesi ile reaksiyon devam eder.^{49, 50} Çözünen metal iyonları simanın likit fazına (poliasit solüsyonu) doğru hareket eder. Daha sonra katyonlar iyonik çapraz bağlar oluşturmak üzere poliasit molekülleriyle etkileşirler ve poliasit zincirleri arasında tuz köprülerinin oluşumuna yardım etmesiyle yüzeyde silikadan zengin “silika hidrojel tabakası” oluşur.^{50, 51}

2. Katılma: Katyonların artan konsantrasyonları ile sulu solüsyonun pH değeri yükselir ve bu durum karboksilik asidin daha büyük iyonizasyonu ile sonuçlanır. Belli bir noktada zayıf iyonik çapraz bağlar ve hidrojen bağlarının oluşumu ile jel yapısı meydana gelir. İyonizasyonun artmasının sonucu olarak polimer zincirlerindeki

karboksilat grupları yüklü hale gelir, birbirlerini geri iter ve böylece zincir açılarak daha düz bir konfigürasyon elde edilir. Karboksilat grupları ile metalik katyonların arasındaki reaksiyon zamanla ilerledikçe simanın viskozitesinde artış görülmektedir. Bu iyonların difüzyonu, simanın katılma evresinde etkilidir.⁵²

3. Sertleşme: Metalik katyonların salınımı sonucu polimer zincirlerindeki çapraz bağların oluşumu, simanın sertleşmesine sebep olur. Materyalin nihai durumu çapraz bağlar içeren polituz matris tarafından kuşatılmış olup, reaksiyona girmeyen cam partiküllerinden oluşmaktadır.⁵⁰ Sertleşmenin erken döneminde, cam partiküllerden salınan yüksek konsantrasyondaki kalsiyum iyonları likit faza geçerek karboksil iyonlarıyla tuz köprüleri oluşturmaktadır. Sertleşmenin geç evresinde ise alüminyum iyonları alüminyum poliakrilat zincirlerini oluşturmaktadır. Bu aşamadan önce simanın fiziksel yapısı oldukça fragil ve çözünebilir formdadır. Fakat reaksiyona giren alüminyum iyonları sayesinde simanın fiziksel özellikleri belirgin bir şekilde gelişmektedir.⁵³

4. Maturasyon: Reaksiyon ilerledikçe sertleşme ve bağlanma kuvvetleri artmaktadır. Restorasyonun dayanımının çoğu 24 saat geçtikten sonra oluşmasına rağmen bağlanma dayanımı ve Young modülü değerleri, katyonların asit ataklarına karşı difüzyonun gerçekleşmesinin sonucu olarak birkaç ay daha artmaya devam eder.^{50,52}

Cam iyonomer simanlar sertleşme reaksiyonu tamamlanmadan su ile temas ederse veya su kaybederek dehidrate olursa yapısındaki kalsiyum ve alüminyum iyonlarını kaybedebilmektedir. Bu durumda translusensliği azalmış olan cam iyonomer siman opak bir görüntü sergilemekte, çözünmeye ve aşınmaya karşı direnci de azalmaktadır.⁴⁸

2.1.1.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Diş Dokularına Adezyonu

Restoratif materyallerin diş yapısına adezyonu önemli bir klinik avantajdır; teorik olarak kaviteyi kapatır, pulpayı korur, mikrosızıntıyı engeller. Böylece mikroorganizmaların restorasyon altındaki alana girmesini önleyerek sekonder çürük oluşumunu önler.⁵⁴⁻⁵⁶

Adezyonun ilk aşamasında yeni hazırlanmış simanın kaviteye uygulanması, diş yüzeyinin düzgün bir şekilde ıslanmasını sağlar. Daha sonra simanın serbest karboksil grupları ile diş yüzeyine bağlı bulunan su arasında hidrojen bağları oluşur. Bu hidrojen bağları, simanda bulunan poliakrilik asit içerisindeki karboksilat gruplarının diş dokusunda bulunan fosfat iyonlarıyla reaksiyonu sonucu gerçek iyonik bağlarla yer değiştirir. Böylece diş ile siman arasında iyon değişim tabakası meydana gelir.^{53,57} Ayrıca poliakrilik asit ve yüzey karboksilat grupları arasında da güçlü bağların oluşma olasılığı vardır.⁵³

Bağlanma dayanımı hızlı bir şekilde gelişir. Son bağlanma kuvvetinin yaklaşık %80'lik kısmı sertleşmenin ilk 15 dakikasında oluşur ve ilerleyen günlerde artarak devam eder.⁵⁷

Minedeki hidroksiapatit miktarı dentinden fazla olduğu için simanın polikarboksilik asitleriyle diş yapısındaki hidroksiapatitler arasında oluşan iyonik bağlar minede daha fazladır. Bu da dentine kıyasla minede bağlanma dayanımının daha yüksek olduğunu göstermektedir.^{56, 58}

2.1.1.4. Geleneksel Cam İyonomer Simanlardan Flor Salınımı

Cam iyonomer simanlar, flor içeren silikat cam ve polialkenoik asitlerin asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan materyallerdir.⁵ Bu reaksiyon sırasında, flor da dahil olmak üzere simanın cam içeriğinden çeşitli iyonik bileşenler salınır.⁵⁹ Geleneksel cam iyonomer simanların flor salma özellikleri muhtemelen en büyük varlık sebeplerinden biri olup, uzun süreli ve sürekli flor salınımlarından dolayı çürük önleyici bir etkiye

sahip olduğu varsayılmaktadır.⁶⁰ Siman, ilk karıştırılma ve sertleşme aşamalarında yüksek seviyelerde flor iyonlarının çevre ortamlarla değişimine izin vermektedir.⁶¹ Maturasyonunu tamamladığında ise simanın yapısı iyice sıkılaşır, flor iyonlarının değişimi devam etmesine rağmen bu süreç daha düşük seviyede flor salınımı ile devam eder.⁶²

Cam iyonomer simanlardan flor salınımı 2 mekanizma ile gerçekleşir. Mekanizmaların ilki sertleşmesini tamamlamış simanın en dış yüzeyinden sulu ortama doğru çözünme şeklinde gerçekleşen hızlı bir reaksiyondur. İkinci mekanizma ise simanın yapısında bulunan florun, simanın matris kısmından difüze olup yavaş yavaş ve kademeli olarak salınmasıdır.⁵

Geleneksel cam iyonomer simanlardan ilk 24 saatte yüksek flor salınımı, sertleşme reaksiyonu sırasında cam partiküllerinin polialkenoik asit ile tepkimeye girmesi sonucunda cam parçacıklarından salınan “initial burst effect” olarak adlandırılan başlangıç patlama etkisi sebebiyledir.⁵ Başlangıçta görülen yüksek flor salını 24-72 saat sonra hızlıca azalır, 10-20 gün içinde sabit bir düzeye yaklaşır ve simanların içeriğindeki flor birkaç ay içinde oldukça hızlı bir şekilde tükenir.^{5, 63-65} Flor salınımında zamanla düşüş olması materyalin sekonder çürük oluşumunu önleme kabiliyetini azaltmaktadır.¹⁵ Ancak geleneksel cam iyonomer simanlar, restorasyonun ömrü boyunca konsantrasyon gradyantına bağlı olarak çevreden flor alabilme kapasitesine sahip olduğu için flor rezervuarı olarak görev görmektedirler.⁶⁰

2.1.1.5. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

1. Süt dişlerinin restorasyonunda,
2. Daimi dişlerin Sınıf III ve V restorasyonlarında,
3. Pit ve fissür örtücü olarak,
4. Geçici restoratif materyal olarak,
5. Onley ve kuron preparasyonlarında undercut alanlarının doldurulmasında,

6. Kuron, inley ve onleylerin simantasyonunda,
7. Ortodontik bant ve braketlerin yapıştırılmasında,
8. Bütün tip kavitelere kaide simanı olarak,
9. Sandviç tekniğinde,
10. Kök yüzey çürüklerinde,
11. Kor materyali olarak,
12. Kavite preparasyonuna gerek kalmadan erozyon ve abrazyon lezyonların restorasyonunda,
13. Proksimal, bukkal, lingual ve okluzal bölgeyi içeren minimal invazivdefektlerde,
14. Çürüğü kontrol altına almak için geçici restorasyonlarda,
15. Eksternal kök rezorbsiyonlarının tedavisinde,
16. Endodontik kök perforasyonlarının tamirinde,
17. Travma geçiren hastalarda kırık dişte dentin tübüllerini kapatmak için geçici restorasyon materyali olarak kullanılmaktadır.⁶⁶

2.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Rezin modifiye cam iyonomer siman, esasen cam iyonomer bileşenlerinden (suda çözünebilir polimerik asit, iyon-geçirgen cam, su) ve ek olarak organik, fotopolimerize edilebilir monomerler ve bunlarla ilişkili başlatma sistemlerinden oluşan materyallere genel olarak verilen bir isimdir.³⁰ 1980'lerin sonuna doğru piyasaya sürülen rezin modifiye cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanların nem hassasiyeti ve düşük mekanik kuvvet problemlerinin çözümlenmesi için geliştirilmiş %80 cam iyonomer siman ve %20 rezin esaslı hibrit bir restoratif materyaldir.^{67, 68}

Rezin modifiye cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonları görünür ışıkla başladığından uzun çalışma süresine sahiptirler. Ayrıca mekanik özellikleri, estetik

özellikleri, kırılma dayanımları ve aşınma dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında daha iyidir. Flor salınımı yapabilmeleri, diş sert dokularına iyi adezyon göstermeleri, biyouyumlu olmaları ve diş dokusuna fiziko-kimyasal bağlanabilmeleri gibi çok sayıda avantajları vardır.^{69, 70}

Rezin içeriğine ve oranına bağlı olarak rezin modifiye cam iyonomer simanlar polimerizasyon büzülmesi göstermektedirler.⁷¹ Bu nedenle, ışık kaynağının tam polimerizasyon derinliğine ulaşabilmesi için rezin modifiye cam iyonomer simanların kaviteye tabakalar halinde uygulanması gerekmektedir.⁷²

Rezin modifiye cam iyonomer simanların biyouyumlulukları, yapısında bulunan 2-Hidroksietil Metakrilat (HEMA) nedeniyle geleneksel cam iyonomer simanlardan daha düşüktür.⁷³ Ayrıca rezin modifiye cam iyonomer simanlardaki artık monomerler, dentin yapısına difüze olarak pulpa hücrelerine sitotoksik etki göstermektedir.^{74, 75} HEMA'dan salınan artık monomer miktarı, simanın polimerizasyonu için uygulanan ışığın süresine göre değişmektedir.⁷⁶

2.1.2.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların İçeriği

Toz kısmını floroalüminosilikat cam tozları, likit kısmını ise HEMA, metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 oranında su oluşturmaktadır.⁶⁷ Simanın likitine %18-20'ye kadar rezin ilave edilir ve karışımın toz/su oranına bağlı olarak nihai siman kütlelerinin yaklaşık %4-5'i ilave rezin olarak kabul edilebilir.⁷⁷ Çeşitli kompozisyonlarda içerikler kullanılsa da rezin modifiye cam iyonomerlerin mine ve dentine bağlanabildiği ve klinik olarak faydalı miktarlarda flor salınımı yaptığı gösterilmiştir.⁶⁷

2.1.2.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması

Hem geleneksel cam iyonomer simanlardaki asit-baz reaksiyonu hem de ilave polimerizasyon reaksiyonları tarafından son halini alan rezin modifiye cam iyonomer simanlar, bu iki reaksiyonun (dual-cure) birleşik ürünlerine dayanan karmaşık bir

yapıya sahiptir.⁷⁸ Polimerizasyon geleneksel cam iyonomerlerde olduğu gibi asit-baz reaksiyonu ile başlar ardından foto başlatıcılar, kimyasal başlatıcılar veya her ikisi tarafından üretilebilen serbest radikal ilave polimerizasyon reaksiyonu ile devam eder. Simandaki suyun bir kısmı hidrofilik bir monomer olan HEMA ile yer değiştirdiği için rezin modifiye cam iyonomer simanlarda asit-baz reaksiyonunun yavaşladığı bilinmektedir.⁷⁷ Sonuç olarak, bir metal poliakrilat tuz hidrojel ve bir polimer olmak üzere 2 matris oluşmaktadır. Resin modifiye cam iyonomer simanların başlangıç sertleşme reaksiyonu polimer matriks formasyonu ile sonuçlanır, ardından devam eden asit-baz reaksiyonu ile matriksin dayanıklılığı ve sertliği gelişir.⁷⁷

2.1.2.3. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanların Diş Dokularına Adezyonu

Resin modifiye cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanlar ve kompozit rezinler arasında yer alan hibrit materyaller olup diş dokularında bulunan hidroksiapatit kristallerine içerdiği poliakrilik asitle iyonik bağ yaparak bağlanmaktadır.⁷⁹ Ayrıca monomerik bileşenin kısmen demineralize dentin yüzeyine mikromekanik kilitlenmesiyle diş dokularına bağlantı sağlanmaktadır.⁷⁹

Diş dokusuna iki farklı şekilde gerçekleşen adezyon, resin modifiye cam iyonomer simanlarda daha yüksek bağlanma değerlerinin oluşmasını sağlar ve bu adezyonun önemli bir kısmını kimyasal adezyon oluşturur.⁸⁰

Resin modifiye cam iyonomer siman uygulanmadan önce dentindeki debrisleri uzaklaştırıp dentin tübüllerini açması için 10 saniye boyunca %10'luk poliakrilik asit uygulaması önerilmektedir.⁸¹ Ayrıca minenin asitlenmesi de resin modifiye cam iyonomer simanların diş dokusuna bağlanma dayanımını artırmaktadır.⁸²

Resin modifiye cam iyonomer simanlar geleneksel cam iyonomer simanlara göre dentine daha yüksek adezyona sahip olup diş ile restorasyon arasında mikrosızıntının da daha düşüktür.⁸³

2.1.2.4. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Flor Salınımı

Rezin modifiye cam iyonomer simanların flor salınımı hakkında yapılan birçok araştırmada en yüksek salınımın ilk 24 saatte olduğu ve takibinde salınan florun hızlıca sabit bir seviyeye düştüğü gösterilmiştir.^{52, 84} Flor salınımları, hem florid bileşikleri ve onların poliakrilik asit ile olan etkileşiminden hem de fotokimyasal polimerizasyon reaksiyonu için içerdikleri rezinin tipi ve miktarından etkilenmektedir.⁸⁵ Rezin modifiye cam iyonomer simanların flor salınımını geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştıran çalışmaların sonuçlarının çelişkili olduğu görülmektedir.⁸⁷⁻⁹¹ Rezin modifiye cam iyonomer simanların flor salınımı ve reşarjının, geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı ya da daha fazla olduğunu bildiren çalışmalar olmakla birlikte⁸⁶⁻⁸⁸ tam tersi sonuçlar bildiren çalışmalar da bulunmaktadır.^{89, 90}

2.1.2.5. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

Rezin modifiye cam iyonomerlerin klinik endikasyonları geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerdir. Fakat polimerizasyon için ışık kaynağı gerektiğinden travmatik restoratif tedavi tekniği için rezin modifiye cam iyonomer siman kullanılması önerilmemektedir.⁹¹

Süt dişleri için Sınıf I, Sınıf II, Sınıf III ve Sınıf V restorasyonlarda, erozyon ve servikal abrazyonda, kök çürüklerinde, posterior kompozitlerin altında astar ve kaide materyali olarak kullanılmaktadır.^{92, 93}

Daimi dişler için Sınıf I kavitelere, küçük ve orta boyuttaki Sınıf II kavitelere kullanımı tavsiye edilmekle birlikte çürük insidansı yüksek olan bireylerde tüm Sınıf I ve Sınıf II kavitelere kullanımı önerilmektedir.⁹³

Ayrıca rezin modifiye cam iyonomer simanlar fissür örtücü olarak ve ortodontik brakelerin yapıştırılmasında da kullanılmaktadır.^{94, 95}

2.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler

1990'ların başında tanıtılmış olan poliasit modifiye kompozit rezinler, cam iyonomer simanların flor salınım özellikleri ile kompozit rezinlerin estetik özelliklerini birleştirmek için tasarlanmış dental materyaller olup "kompomer" olarak da adlandırılmaktadırlar.^{30, 96, 97} %30 cam iyonomer ve %70 kompozit rezinden oluşan poliasit modifiye kompozit rezinler, minimal cam iyonomer reaksiyonu göstermektedirler.^{98, 99}

Poliasit modifiye kompozit rezinler pasta formunda tüpler içinde bulunmaktadır. Set içerisindeki bonding ajan, primer ve adhezivin tek şişede kombine edildiği tek fazlı bonding sistemidir. Bu sebeple, poliasit modifiye kompozit rezinlerin kullanımı kolaydır ve kompozit rezinlere benzer fiziksel özelliklere sahip olduklarından dolayı özellikle çocuk diş hekimliğinde popüler materyallerdir.¹⁰⁰

2.1.3.1. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin İçeriği

Poliasit modifiye kompozit rezinler, iki karboksil gruplu dimetakrilat monomerler ve geleneksel cam iyonomer simanlarda bulunan iyon salabilen cam benzeri doldurucular içermektedirler. Geleneksel cam iyonomer simanların tersine poliasit modifiye kompozit rezinler kimyasal yapılarında su bulundurmazlar. Yapısındaki cam partiküller, matris yapısına bağlanabilmesi için silanize edilmiştir.⁹⁷

İlk üretilen poliasit modifiye kompozit rezinlerden biri olan Dyract (Dentsply, Weybridge, UK) içerisinde üretan dimetakrilat (UDMA) bulundurmaktadır. Daha sonraları ışıkla polimerizasyonu sağlayabilmek amacı ile materyalin yapısına bir asidik monomer olan bütan tetra karboksilik asit ve hidroksimetil metakrilatın reaksiyon ürünü butan 1,2,3,4- tetrakarboksilik asit di 2-hidroksietilmetakrilat esteri (TCB) de eklenmiştir.⁷⁰ Bunlara ilaveten içeriğinde reaksiyon başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler de bulunmaktadır.¹⁰¹

2.1.3.2. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Sertleşme Mekanizması

Poliasit modifiye kompozit rezinlerin sertleşme reaksiyonundaki ilk aşama kompozit rezin materyallerinde olduğu gibi serbest radikal polimerizasyonudur.⁷ Işık ile polimerizasyonun ardından ise UDMA ve TCB'nin polimerize olabilen molekülleri bir araya gelip doldurucu partiküller tarafından güçlendirilmiş üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturmaktadır.¹⁰² Bu aşamada materyalin bünyesinde su bulunmadığı için TCB molekülleri üzerindeki karboksilat grupları aktif değildir.⁷ Polimerize matris içerisine su emilimi aylar içerisinde gerçekleşmekte olup suyun difüzyonu ile stronsiyum florosilikat ve polikarboksilat gruplar arasında asit-baz reaksiyonu gerçekleşmektedir.⁷ Bu reaksiyon sonucunda matris içerisinde daha fazla çapraz bağlar oluşmakta ve az miktarda flor salınımı meydana gelmektedir.⁷

Poliasit modifiye kompozit rezinler eğer kaviteye 2mm'den fazla kalınlıkta uygulanırsa, derin bölgelere su ulaşamadığından asit-baz reaksiyonu başlayamaz. Ayrıca derin bölgelere ışık ulaşmadığından bu bölgelerde yeterli polimerizasyon da gerçekleşemez. Bu nedenle poliasit modifiye kompozit rezinlerin kaviteye 2 mm'lik tabakalar halinde yerleştirilerek ışınlanması gerektiği önerilmektedir.¹⁰⁶

2.1.3.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Diş Dokularına Adezyonu

Poliasit modifiye kompozit rezinlerin mine ve dentine bağlantısı mikromekanik olup adezyon için dentin bonding ajanlar kullanılmaktadır. Bazı üreticiler bu amaçla özel dentin bonding sistemleri kullanırken, bazıları da kompozit rezinlerle birlikte kullanılan dentin bonding ajanlarını önermektedir.¹⁰³

Üretici firmaların çoğu poliasit modifiye kompozitlerin uygulanmasında, bonding ajan kullanılmadan önce mine ve dentine asit uygulanmasını önermemektedir.¹⁰⁴ Bunun nedeni olarak da bu materyaller ile birlikte kullanılan dentin bonding sistemlerin (self-etching primer) içindeki zayıf asitlerin etching işlemine benzer bir işlev gördüğünü ifade etmektedirler.¹⁰⁵

İlk piyasaya sürülmüş poliasit modifiye kompozit rezinlerden biri olan Dyract'in içerisindeki asidik ve hidrofilik monomer olan TCB, içerdiği karboksilik asit grupları nedeniyle dental dokulara bağlayıcı ajan olmadan da adezyon gösterebilmektedir.⁷

2.1.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Flor Salınımı

Poliasit modifiye kompozit rezinlerden salınan flor miktarının, geleneksel cam iyonomer simanlardan ve rezin modifiye cam iyonomer simanlardan düşük olduğu ve poliasit modifiye kompozit rezinlerdeki başlangıç flor salınımının geleneksel cam iyonomer simanlardaki gibi patlamaya benzer bir şekilde yoğun olmadığı ve yavaş bir şekilde sürekli bir flor salınımı gösterdiği bildirilmektedir.^{106, 107} Poliasit modifiye kompozit rezinden salınan flor miktarının daha düşük olmasının bir sebebinin de poliasit modifiye kompozit rezinlerin ışlandıktan sonra su ile temas etmemesinden ve yapısındaki florun doldurucu partiküllere bağlanmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.^{5, 108} Florlu ortamın, poliasit modifiye kompozit rezinlerden flor salınımını ve ortamdan flor iyonu almalarını arttırmadığı bildirilmiştir.¹⁰⁹ Poliasit modifiye kompozit rezinlerde tuz matriks, hidrojel oluşmadığı için flor iyonu salınımları sınırlıdır ve flor rezervuarı gibi davranamazlar.¹⁰⁹

2.1.3.5. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Endikasyonları

1. Süt dişlerinin restorasyonunda,
2. Daimi dişlerin Sınıf III ve V restorasyonlarında,
3. Kule bölgesindeki erozyon vakalarında,
4. Kama şeklindeki defektlerde,
5. Azı dişlerinin geçici restorasyonunda,
6. Sınıf II restorasyonlarda kaide olarak,
7. Kavite genişliğinin tüberküller arası mesafenin 2/3'ünden az olduğu daimi küçük azı dişlerinin restorasyonlarında,
8. Pit ve fissür örtücü olarak,

9. Ortodontik bant ve brakelerin yapıştırılmasında,

10. Altın, kompozit ve seramik restorasyonların simantasyonunda kullanılmaktadır.^{104, 110}

2.1.4. Cam Karbomerler

Cam karbomerler, Hollanda'daki GCP Dental tarafından üretilmiş, karbomer ve floroapatit ile güçlendirilmiş cam iyonomer restoratif simanlardır.^{8, 54}

Karbomize nanopartikül teknolojisi sayesinde materyalin mekanik özellikleri geliştirilmiştir. Geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında daha uzun çalışma zamanına, daha yüksek aşınma direnci ve kırılma kuvvetine sahip olduğu, daha hızlı sertleştiği bildirilmektedir. Ayrıca estetik özellikleri ve translusensliği de geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simana göre daha iyidir. Geleneksel cam iyonomer siman gibi flor salınımı yapmaktadır ve reşarj kapasitesi bulunmaktadır.⁹

Üretici firma, cam karbomerin mükemmel klinik performans (düşük çözünürlük, yüksek basınç dayanımı ve yüksek aşınma direnci) sergilediğini ve nano boyutlu toz parçacıkları ve florohidroksiapatit yapısı nedeniyle birçok geleneksel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simandan daha üstün olduğunu iddia etmektedir.¹¹¹ Dental yapılara kimyasal adezyon gösterdiği için dentin marjinlerinde hermetik bir örtücülük sağlayabilmektedir. Materyalin uygulama prosedüründe mine ve dentine asit uygulanmasına gerek yoktur. Nem hassasiyeti düşük olduğu içinde koopere olmayan çocuklarda uygulama kolaylığı sağlamaktadır.¹¹²

2.1.4.1. Cam Karbomerlerin İçeriği

Geleneksel cam iyonomer siman ile aynı içeriğe sahip olmakla birlikte nanofloro-hidroksiapatit parçacıkları gibi ilave farklı kimyasallar içermektedir.^{113, 114} Bu nano boyutlu florohidroksiapatit parçacıkları ile temas yüzeyinin artması sağlanır. Temas yüzeyinin artması ise cam karbomerin likiti (poliakrilik asit) ile partiküller

temasa geçtiğinde hem materyalin daha kolay sertleşmesine hem de çürükten etkilenmiş olan mine-dentin yüzeylerinde geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla remineralizasyon etkisi göstermesine yardımcı olmaktadır.¹¹⁵ Bu partiküller sayesinde simanın bükülme kuvvetlerine karşı direnci de artmaktadır.⁸

Cam karbomerin yapısındaki cam partikülleri geleneksel cam iyonomer simanlara göre oldukça ince yapıdadır. Cam karbomerdeki nano boyutlu cam parçacıkları hidroklorik asit gibi güçlü bir asit ile yıkanmıştır. Bu sayede partiküllerin yapısına kalsiyum iyonları difüze olabilmekte ve kalsiyum iyonlarının çoğu cam parçacıklarının çekirdeği etrafında toplanmaktadır.¹¹⁶

Nanoteknoloji ile geliştirilen cam karbomerin yapısındaki matris oranı azaltılarak doldurucu oranı artırılmıştır.¹¹⁷ Nano florohidroksiapatit yapısındaki bu doldurucular, remineralizasyon sürecinin merkezini oluşturarak floroapatit yapılarını meydana getirmektedir.⁸

Cam karbomerlerde, geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksek oranda SiO₂, flor, cam partikülleri, hidroksiapatit doldurucu ve daha düşük oranda alkali oksit, fosfor ve alüminyum bulunmaktadır. Geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksek oranlarda cam partikülleri ve hidroksiapatit doldurucu içerdiğinden, sertleşen cam karbomerin kırılma yapıya sahiptir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için yapısına silikon yağı eklenmiştir.^{8, 54, 116}

Silikon yağı, genelde doğrusal konfigürasyonda bulunan hidroksil grupları ve polidimetilsiloksan yapısını içerir. Silikon yağ, hidroksil grupları sayesinde diğer siman bileşenleri ile hidrojen bağları oluşturur, böylece simanın sertleşme reaksiyonu sonrası silikon yağın sızması engellenir.¹¹⁸

2.1.4.2. Cam Karbomerlerin Sertleşme Mekanizması

Cam karbomerin sertleşme reaksiyonu, geleneksel cam iyonomer simanlarda olduğu gibi sulu polimerik asit ve bazik cam partikülleri arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu şeklindedir.¹¹³

Sertleşme reaksiyonu, biri cam partiküllerinin poliasit yapı ile etkileşimiyle, diğeri ise hidroksiapatit partiküllerinin poliasit yapı ile etkileşimiyle gerçekleşen eş zamanlı iki reaksiyondan oluşmaktadır. İki reaksiyonda asit-baz reaksiyonu ile çapraz bağların oluşumunu sağlayan poliasit matristen kaynaklanır. Ortaya çıkan matrisin içeriği geleneksel cam iyonomerlerde oluşan yapıyla benzer olup, farklı olarak cam karbomerlerde polidimethylsiloksan yağı bulunmaktadır.¹¹⁶

Cam partiküllerinin asitle yıkandığı için düşük reaktiviteye sahip olması, reaktif olmayan nano boyutlu hidroksiapatit doldurucuların varlığı ve silikon yağ içeriği cam karbomer simanın sertleşme reaksiyonunu yavaşlatmaktadır.^{113, 117} Bu sebeple materyal karıştırılır karıştırılmaz yavaş başlayan sertleşme reaksiyonu, 20 saniye ışık kaynağının uygulanmasıyla hızlanmaktadır. Bunun amacı foto polimerizasyona katkı sağlamak değil kullanılan ışık kaynaklarının ısı vermesidir. Böylece cam karbomerin artan ısı ile sertleşmesi gerçekleşmektedir. Bu amaçla en az 1000 mW/cm² güce sahip yüksek enerjili ışık cihazı kullanılmalıdır.^{8, 113, 117}

Üretici firma erken evrede cam karbomerin ağız sıvılarıyla temasını önleyerek ideal bir polimerizasyon sağlanması amacıyla, ileri evrede ise cam karbomerin dehidrate olmasını önlemek amacıyla, materyalin yüzeyine monomer içermeyen silikon içerikli ince bir tabaka vernik sürülmesi gerektiğini belirtmektedir.¹¹¹ Böylece materyalin hem bitim ve tesviye aşaması kolaylaşmakta hem de yüzey özellikleri geliştirilmektedir.¹¹³ Cam karbomerlerin direk pulpaya temasının kontrendike olduğu belirtilmektedir. Derin çürük lezyonlarda, pulpanın korunabilmesi amacıyla bir kavite örtücü ile kullanılması tavsiye edilmektedir.¹¹¹

2.1.4.3. Cam Karbomerlerin Endikasyonları

1. Süt dişlerinin Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarında,
2. Daimi dişlerde okluzal kuvvetlerin yoğun olmadığı bölgelerde Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlarda,
3. Pit ve fissür örtücü olarak,
4. Koruyucu rezin restorasyonlarda,
5. Kor materyali olarak,
6. Ortodontik bant ve brakelerin yapıştırılmasında,
7. Kuron-köprü simantasyonunda kullanılmaktadır.^{117, 119}

Zainuddin ve ark.⁸ MAS-NMR spektroskopisi yöntemiyle in vitro olarak cam karbomerin remineralizasyonunu araştırdıkları çalışmada, cam karbomer simanın apatit yapısının büyük bir kısmının hidroksiapatit olduğunu bildirmişlerdir. Hidroksiapatit partiküllerin büyük bir çoğunluğu, simanın sertleşmesi sırasında poliasit yapıyla asit-baz reaksiyonu gerçekleştirmektedir.^{8, 91} Poliasit yapıyla reaksiyona girmeyen hidroksiapatit partikülleri ise remineralizasyon aşamasında kullanılmaktadır.⁸

2.1.5. ACTIVA Biyoaktif Materyaller

Biyoaktif dental materyaller, diş çürüğüne neden olan koşulları nötralize eden ve remineralizasyon potansiyeli yüksek olan materyallerdir. ACTIVA biyoaktif dual-cure materyaller dişlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taklit eden dental rezinlerdir.¹²⁰

ACTIVA biyoaktif materyaller diş ve tükürüğün doğal kimyasını düzenleyen ve diş yapısının ve ağız sağlığının korunmasına katkıda bulunan iyonik değişim döngülerine aktif olarak katılmaktadırlar. Kullanım amaçlarına göre ACTIVA Bioactive- Base/Liner, Restorative, Kids Bioactive-Restorative, Cement gibi ticari formları bulunmaktadır. ACTIVA Bioactive-Restorative ile Kids Bioactive-Restorative aynı kimyasal içeriğe sahip olup Kids Bioactive-Restorati ve çocuk diş hekimliğinde kullanıma uygun olarak opak beyaz renk tonuna sahiptir.¹²⁰

ACTIVA biyoaktif materyallerin, kompozit rezinlerin dayanıklılığına, estetiğine ve fiziksel özelliklerine sahip olduğu aynı zamanda da cam iyonomer simanlardan daha fazla kalsiyum, fosfat ve flor salınım-reşarj özelliğine sahip olduğu bildirilmektedir.¹²⁰

121-123

2.1.5.1. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin İçeriği

ACTIVA biyoaktif materyaller yapısal olarak üç temel bileşen içerirler:

- 1.Biyoaktif iyonik rezin (embrace resin) matris
- 2.Şok absorbe edici su geçirmez rezin bileşen
- 3.Reaktif iyonomer cam doldurucular

ACTIVA biyoaktif materyallerde iyonik rezin olarak UDMA monomerleri bulunmaktadır. İyonik rezin nem dostudur. İyonik rezin yapısı, rezin ve reaktif iyonomer cam doldurucular arasındaki bağlantıyı sağlayan dimetakrilat fosfat asit gruplarını içermektedir.^{120, 124} Materyal içeriğinde yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simana benzer şekilde yüksek moleküler ağırlıklı modifiye poliakrilik asit ve polimerizasyon reaksiyonunu başlatmak için foto-kimyasal başlatıcıları da bulundurmaktadır.^{124, 125} Ayrıca az miktarda da su içermektedir.^{124 120}

ACTIVA biyoaktif materyallerin reaktif iyonomer cam doldurucu kısmında ise rezin matrisine bağlanabilen ve materyalin estetik ve aşınma direncinde rol oynayan silanize floroalüminosilikat doldurucular bulunmaktadır.¹²⁴

ACTIVA biyoaktif materyaller Bis-GMA, Bisfenol A ve türevlerini içermemektedir.¹²⁰

2.1.5.2. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Sertleşme Mekanizması

ACTIVA biyoaktif materyallerin sertleşme mekanizmasının rezin modifiye cam iyonomer simanların sertleşme mekanizmasına benzer şekilde olduğu düşünülmektedir.¹²⁴

ACTIVA biyoaktif materyaller self-mixing şırınga formundadır.^{120, 124} Şırınganın kullanımı sırasında dual sertleşme reaksiyonu meydana gelir. Poliakrilik asit ve dimetakrilat fosfat monomerleri silanize floroalüminosilikat doldurucuları parçalamasıyla asit-baz reaksiyonu oluşmaktadır. Oluşan asit-baz reaksiyonu geleneksel cam iyonomer simanlardakine benzer şekilde iyon salınımına neden olur. Salınan kalsiyum ve alüminyum iyonları rezin ve cam doldurucular arasında çapraz bağlar oluşturur. Asit-baz reaksiyonu ile birlikte kimyasal başlatıcıların da aktive olmasıyla rezin polimerizasyonu başlar ve fotopolimerizasyon ile tamamlanır.¹²⁴

2.1.5.3. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Diş Dokularına Adezyonu

ACTIVA biyoaktif materyallerin iyonik rezin yapısında bulunan fosfat asit grupları materyalin diş kimyasal olarak bağlanmasında rol oynar.¹²⁴ Suyu bağlı bir iyonizasyon işlemi ile hidrojen iyonları fosfat gruplarından ayrılır ve fosfat grupları diş yapısındaki kalsiyuma bağlanır. Bu iyonik etkileşim, rezini dişteki minerallere bağlayarak güçlü bir rezin-hidroksiapatit kompleksi oluşturur. Böylece mikrosızıntıya karşı dirençli bir adezyon meydana geldiği bildirilmektedir.^{120, 122, 123, 126-130}

2.1.5.4. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin İyon Salınımı

ACTIVA biyoaktif materyaller, tükürük ve diş yapısı ile dinamik bir iyon alış-verişi içerisindedir. Ağızdaki pH değişikliklerine tepki olarak kalsiyum, fosfat ve flor iyon salınımı olmaktadır.^{120, 121, 131} Üretici firma materyallerin devamlı olarak kalsiyum, fosfat ve flor iyon salınımı özelliğine sahip olmasının yanı sıra aynı zamanda kalsiyum, fosfat ve flor iyonlarının reşarj kapasitesine de sahip olduğunu bildirmektedir.^{120, 121, 131,}

132

2.1.5.5. ACTIVA Biyoaktif Materyallerin Endikasyonları

ACTIVA biyoaktif materyaller cam iyonomer bileşeni ile diş kimyasal olarak bağlanırlar ve yüksek oranda flor salınım kapasitesine sahiptirler. Bu nedenle süt dişlerinin restorasyonunda, daimi dişlerin Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf V restorasyonlarında

kullanılabilirler. Ayrıca kaide simanı, yapıştırma simanı olarak ve kor materyali olarak kullanılması önerilmektedir. İzolasyonun tam olarak sağlanamadığı durumlarda da kullanılabilceği bildirilmektedir.¹²⁰

2.2. Dental Materyallerden Flor Salınımı

Restoratif materyallerden salınan flor iyonlarının, restorasyona komşu demineralize dentin ve mineyi remineralize etmeye yardımcı olduğu ve restorasyon çevresindeki sekonder çürükleri önlediği ya da azalttığı iyi bilinmektedir.^{133, 134}

Günümüzde ağız ortamına ve dişin çevre dokularına flor salınımı yapan birçok restoratif materyal bulunmaktadır. Restoratif materyallerin flor salınımı kapasitesi, içerdiği flor iyon miktarı ve kimyasal formu, materyalin cinsi, sertleşme reaksiyonu, materyalin saklama ortamı, yüzeyinin porözitesi, toz/likit oranı, yüzey alanı, karıştırma ve ışınlama süresi gibi faktörler nedeni ile değişkenlik göstermektedir.^{5, 14, 52}

Flor salınımı üç ayrı mekanizma ile gerçekleşmektedir; yüzeyden yıkanma, gözenek ve çatlaklardan difüzyon, hacimden difüzyon. Materyalin sertleşmesinden 24 saat sonra gerçekleşen ve reşarj edilmesinden bir gün sonra görülen en yüksek düzeydeki flor salınım miktarının, yüzeyden yıkanma şeklinde olduğu bildirilmektedir. İlk günden sonraki günlerde gözlemlenen, daha küçük miktarlardaki ve sabit seviyedeki flor salınımı ise gözenek ve çatlaklardan difüzyon mekanizması ile gerçekleşmektedir.¹³⁵ Hacimden difüzyon mekanizmasının ise flor içerikli restoratif materyalin olgunlaşma sürecinde ortaya çıktığı ve uzun süre devam eden bir salınım olduğu belirtilmektedir.¹⁰⁸

Diş hekimliği alanında yapılan çalışmalarda, flor iyon miktarını belirlemek için flor iyon seçici elektrot,¹³⁶⁻¹³⁸ iyon kromatografi,^{25, 139} alüminyum monoflorür absorpsiyon spektrometresi,¹⁴⁰ ikincil iyon kütle spektrometresi,¹⁴¹ proton akımı gama ışını emisyonu,¹⁴² elektron probe mikroanalizi,¹⁴³ X ışını fotoelektron spektroskopisi¹⁴⁴ gibi birçok yöntem kullanılmaktadır.

2.3. Araştırmanın Amacı

Restoratif materyallerin flor salınımı hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde, cam iyonomer içerikli restoratif materyallerin flor salınımı hakkında çalışmalar olmasına karşın,^{16, 19, 145, 146} cam karbomer²¹⁻²³ ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin^{24, 25} flor salınımı hakkında sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu tez araştırmasında, cam karbomer ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin flor salınım kapasitelerinin geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer siman ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı.



3.MATERYAL VE METOT

Bu tez araştırması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirildi.

3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Araştırmamızda 1 adet geleneksel cam iyonomer siman, 1 adet rezin modifiye cam iyonomer siman, 1 adet cam karbomer ve 1 adet ACTIVA biyoaktif restoratif materyal kullanıldı. Araştırmamızda kullanılan materyaller Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Tablo 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Geleneksel cam iyonomer siman



Şekil 3.2. Rezin modifiye cam iyonomer siman



Şekil 3.3. Cam karbomer



Şekil 3.4. ACTIVA biyoaktif restoratif materyal

Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan materyaller

Materyal	Tipi	İçeriği	Lot Numarası	Üretici Firma
Fuji IX	Geleneksel cam iyonomer siman	Toz: Floroalüminosilikat cam, Likit: Poliakrilik asit, polibazik karboksilik asit, distile su	1806271	GC Corporation, Tokyo, Japan
Fuji II LC	Rezin modifiye cam iyonomer siman	Florealüminosilikat cam, 2-hidroksietilmetakrilat, polibazik karboksilik asit, üretan dimetakrilat, kamforokinon, distile su	190516A	GC Corporation, Tokyo, Japan
GCP Glass Fill	Cam karbomer	Florealüminosilikat cam, nano floro/hidroksiapatit, poliasitler	71712907	GCP Dental, Mijlweg 7, Netherlands
ACTIVA Kids BioActive-Restorative	Biyoaktif restoratif materyal	Modifiye poliakrilik asit ile diüretan ve diğer metakrilat karışımı, amorf silika, sodyum florid, su	190710	Pulpdent Corporation, Watertown, USA

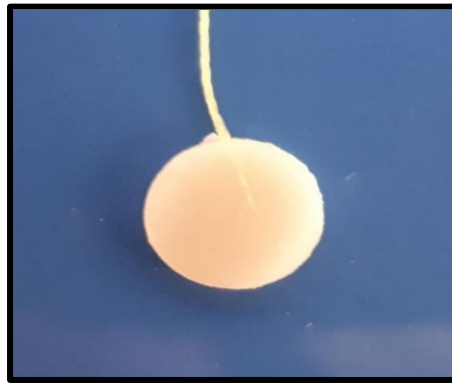
3.2. Örneklerin Hazırlanması

Her bir restoratif materyalden 13'er adet olmak üzere toplam 52 adet örnek hazırlandı. Örnekler, 10 mm çapında ve 1 mm yüksekliğinde standart polietilen kalıp kullanılarak hazırlandı (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan polietilen kalıp

Yüzeyi selüloit matriks bandı ile kaplanmış bir adet camın üzerine polietilenden kalıplar yerleştirildi. Restoratif materyaller, üretici firma önerilerine uygun olarak hazırlandıktan sonra polietilen kalıplara yerleştirildi. Restoratif materyaller, üst yüzeye de selüloit matriks bandı yerleştirmeyi takiben iki siman camı arasında sıkıştırıldı ve fazla materyaller uzaklaştırıldı. Restoratif materyaller, üretici firma önerilerine uygun olarak polimerize edildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Disk şeklinde hazırlanan örnek

Işıklı polimerize olan materyallerin polimerizasyonunda LED ışık cihazı (Demi Ultra, Kerr Corporation, CA, USA; ışık gücü: 1100 mV/cm²) kullanıldı.

Tablo 3.2. Restoratif materyallerin hazırlanması ve polimerizasyon süreleri

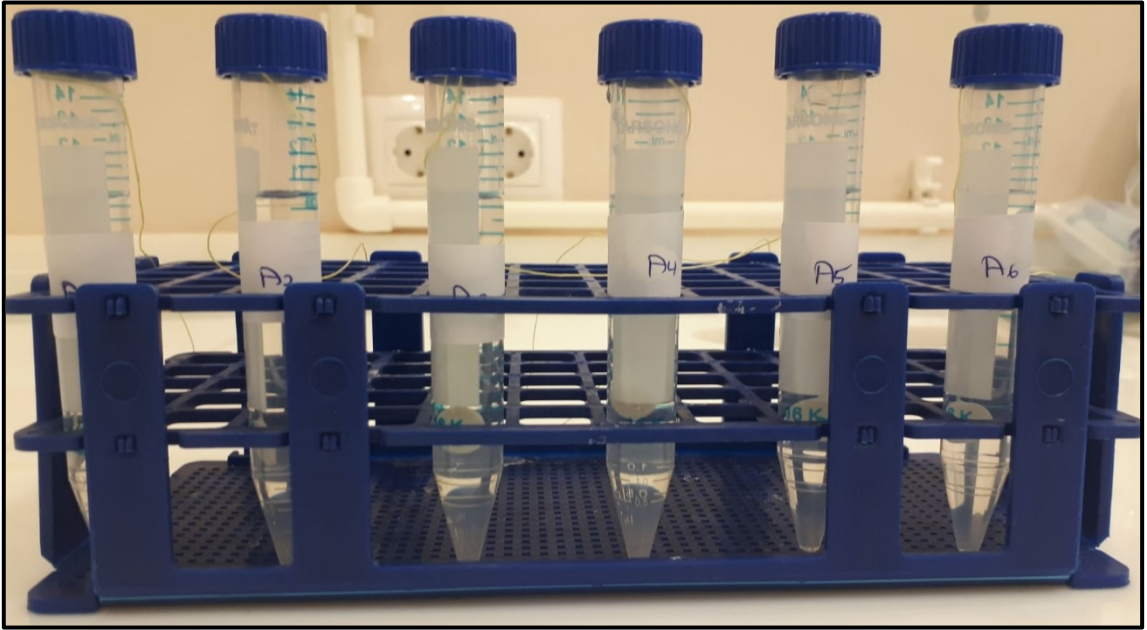
Materyal	Hazırlanma Şekli	Polimerizasyon Süresi
Fuji IX	Toz-likitin 25-30 sn boyunca plastik spatül ile karıştırılması	10 dakika baskı
Fuji II LC	Kapsülün 10 sn boyunca karıştırıcı ile karıştırılması ve uygulama tabancasına yerleştirilmesi	20 sn ışınlama
GCP Glass Fill	Kapsülün 10-15 sn boyunca karıştırıcı ile karıştırılması ve uygulama tabancasına yerleştirilmesi	20 sn ışınlama
ACTIVA Kids BioActive-Restorative	Pasta-pasta formundaki tüpün kendi özel tabancasına yerleştirilmesi	20 sn ışınlama

Polimerizasyonu takiben kalıplarından çıkarılan örneklerin polisaj işlemleri x600, x800 ve x1000 gritlik silikon karbid kâğıtlarla yapıldı. Tüm örnekler analitik hassas terazide tartıldıktan sonra (Şekil 3.7) polimerizasyonlarını tamamlamaları için 24 saat 37°C'de ve %100 nemli ortamda bekletildi.



Şekil 3.7. Örneklerin hassas terazide tartılması

Her bir örnek 10 ml deiyonize su içeren polietilen test tüplerine yerleştirildi ve tüplere birer kod (G1, G2,...G13, RM1, RM2,...RM13, C1, C2,...C13, A1, A2,...A13...) verildi (Şekil 3.8). Solüsyonlar ilk hafta her gün değiştirildi. İlk haftadan sonra örnekler her ölçümden 24 saat önce tüplerinden çıkarılarak nazikçe yıkanarak kurutma kâğıdı ile kurutuldu ve yeni tüplere aktarıldı.



Şekil 3.8. Kodlama yapılmış polietilen test tüpleri

3.3. Flor İyon Ölçümü

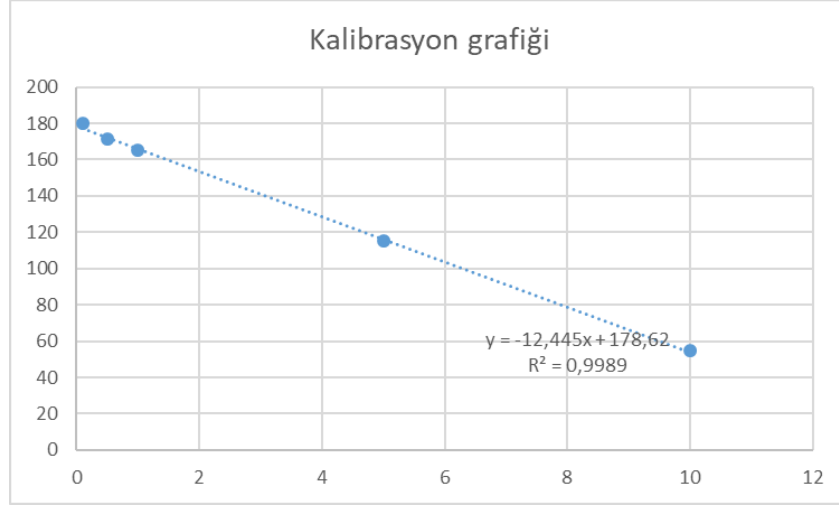
Örneklerden salınan flor miktarı ilk hafta her gün, daha sonra ise haftada bir olmak üzere 14., 21. ve 28. günlerde flor iyonu seçici elektrot (Orion 9609 BNWP, Ionplus Sure-Flow Fluoride, Thermo Electron Corporation, Beverly, MA, USA) bağlanmış iyonmetre cihazı (Orion 720A+, Thermo Scientific™, Beverly, MA, USA) ile ölçüldü (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı

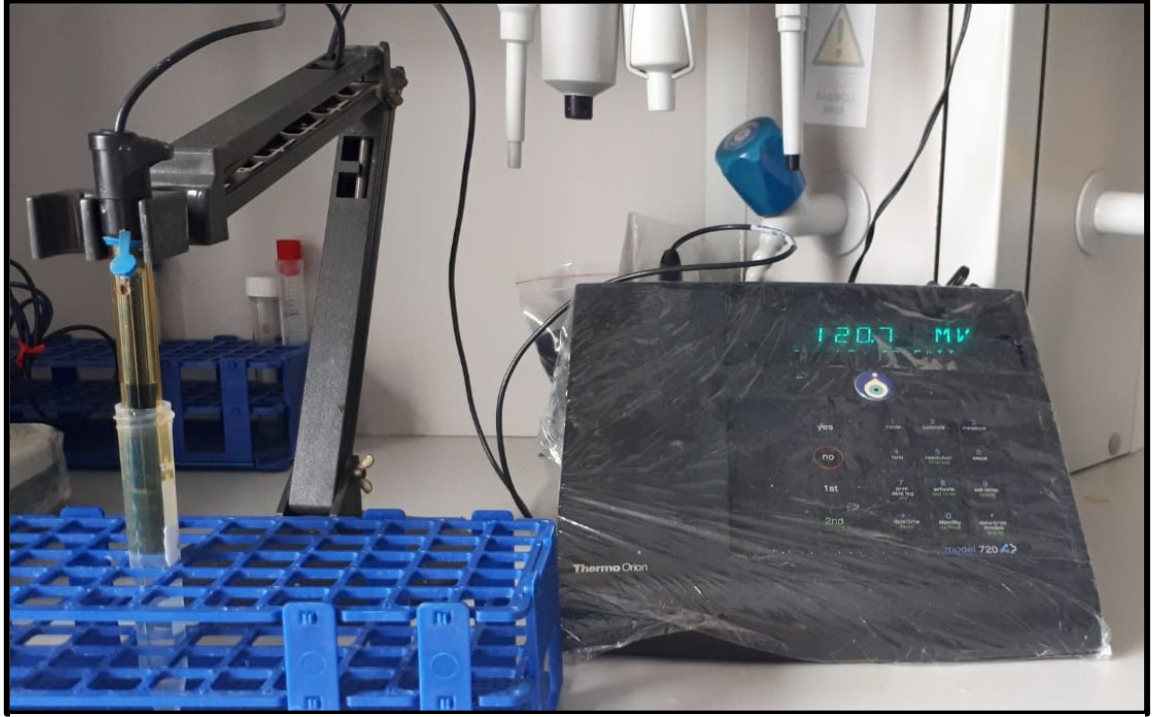
Her ölçüm gününde, ölçümlerden önce 100 ppm'lik standart flor solüsyonundan deiyonize su ile seyreltilerek 75 ppm, 50 ppm, 25 ppm, 10 ppm, 5ppm, 1 ppm, 0.5 ppm ve 0.1 ppm'lik solüsyonlar elde edildi.

Kalibrasyon çözeltilerinin ölçümleri yapılırken hücre potansiyeli en düşük olandan en büyük olana doğru okuma yapıldı. Okunan her bir milivolt cinsinden potansiyelin ppm cinsinden konsantrasyon karşılığı kaydedildi. Elde edilen verilerden, flor konsantrasyonunun logaritmasına karşı, ölçülen mV değerleri grafiğe geçirilerek kalibrasyon grafiği oluşturuldu. İlk ölçüm günü oluşturulan grafikte (Şekil 3.10) 0.1 ppm ile 10 ppm arasındaki değerlerin R^2 'sinin bire en yakın olduğu gözlemlendi için diğer kalibrasyon solüsyonlarının değerleri grafikten çıkarılarak kalibrasyon grafiğinden doğru denklemi ve R^2 değerleri elde edildi. Takip eden günlerde de kalibrasyon solüsyonları belirlenen ppm aralığında hazırlandı.



Şekil 3.10. İlk ölçüm gününün kalibrasyon grafiği

Kalibrasyon doğru denklemi elde edildikten sonra, 5 ml deney solüsyonuna 5 ml toplam iyonik gücü ayarlama tamponu (TISAB) II çözeltisi eklenerek 10 ml çözelti hazırlandı. Her bir tüp vorteks ile karıştırıldı. Flor elektrodu, elektrod üzerindeki referans noktasını geçecek şekilde flor solüsyonlarına daldırıldı. Kalibrasyonu yapılmış ölçüm cihazının göstergesindeki milivolt (mV) değerleri sabitlenene kadar her örnek için ortalama 2 dakika beklenerek örneklerden salınan flor miktarı ölçüldü (Şekil 3.11). Her örnek için elde edilen mV değerleri, kalibrasyon doğru denklemine yerleştirilerek flor iyonu konsantrasyonu ppm cinsinden hesaplandı. Kullanılan elektrot her çalışma gününde ölçümlere başlamadan önce kalibre edildi, ölçümler sırasında da kalibrasyonun doğruluğu kontrol edildi, gerektiği durumlarda kalibrasyon yeniden yapıldı. Her ölçümden önce ve sonra elektrodun uç kısmı flor iyonu kalıntısı kalmaması için distile su ile yıkandı ve hafifçe kurutuldu.



Şekil 3.11. Örneklerden salınan flor miktarının iyon seçici elektrot ile ölçülmesi

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri “Statistical Package for the Social Sciences” yazılımı (SPSS 24 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak gerçekleştirildi.

Araştırmamızda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Kruskal Wallis testi kullanıldı. Eğer farklılık mevcut ise, hangi gruplar arasında farklılık olduğunu tespit etmek için ise Mann-Whitney-U testi uygulandı.

Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

4.BULGULAR

Tüm restoratif materyaller arasında en yüksek ortalama flor salınım değeri 1. günde GCP Glass Fill’de (17.33 ± 1.22), en düşük ortalama flor salınım değeri ise 14. günde ACTIVA Kids’de (8.19 ± 0.34) gözlemlendi.

Araştırmamızda yer alan materyallerin ortalama flor salınım değerleri ve standart sapmaları Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 Materyallerin flor salınımlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri (ppm)

Günler	Restoratif Materyaller			
	Fuji IX	Fuji II LC	GCP Glass Fill	ACTIVA Kids
1. gün	$16.34 \pm 2.08^{A,1}$	$15.15 \pm 3.52^{A,1}$	$17.33 \pm 1.22^{A,1}$	$15.13 \pm 3.79^{A,1}$
2. gün	$13.20 \pm 2.41^{A,B,2,3}$	$12.37 \pm 1.08^{B,2}$	$14.54 \pm 2.81^{A,2,3,4}$	$9.59 \pm 0.48^{C,2}$
3. gün	$14.24 \pm 2.06^{B,1,2}$	$11.66 \pm 0.97^{C,2}$	$15.63 \pm 0.73^{A,2}$	$9.21 \pm 0.41^{D,2}$
4. gün	$13.42 \pm 2.03^{B,2}$	$11.37 \pm 0.93^{C,2,3}$	$14.93 \pm 0.89^{A,2,3}$	$9.25 \pm 0.38^{D,2}$
5. gün	$12.42 \pm 1.81^{B,2,3}$	$10.45 \pm 0.62^{C,3,4}$	$13.78 \pm 0.81^{A,3,5}$	$8.87 \pm 0.42^{D,2,3}$
6. gün	$11.84 \pm 1.69^{B,3,4}$	$10.24 \pm 0.53^{C,4}$	$13.19 \pm 0.83^{A,4,5}$	$8.87 \pm 0.35^{D,2,3}$
7. gün	$11.46 \pm 1.61^{B,3,4}$	$9.92 \pm 0.54^{C,4}$	$12.84 \pm 0.68^{A,5}$	$8.50 \pm 0.37^{D,2,3}$
14. gün	$11.39 \pm 1.68^{B,3,4}$	$10.14 \pm 0.53^{C,4}$	$13.40 \pm 0.80^{A,4,5}$	$8.19 \pm 0.34^{D,3}$
21. gün	$10.38 \pm 1.50^{B,3,4}$	$9.61 \pm 0.39^{C,4}$	$12.61 \pm 0.82^{A,5}$	$8.25 \pm 0.40^{D,3}$
28. gün	$9.88 \pm 1.18^{B,4}$	$9.39 \pm 0.40^{B,C,4}$	$11.45 \pm 3.54^{A,5}$	$8.21 \pm 0.44^{C,3}$

*Farklı harfler satırlardaki, farklı sayılar sütunlardaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (A,1= en iyi değer) ($p < 0.05$).

Restoratif materyallerin flor salınım değerleri karşılaştırıldığında, 1. günde materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken ($p > 0.05$), diğer günlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlendi ($p < 0.05$).

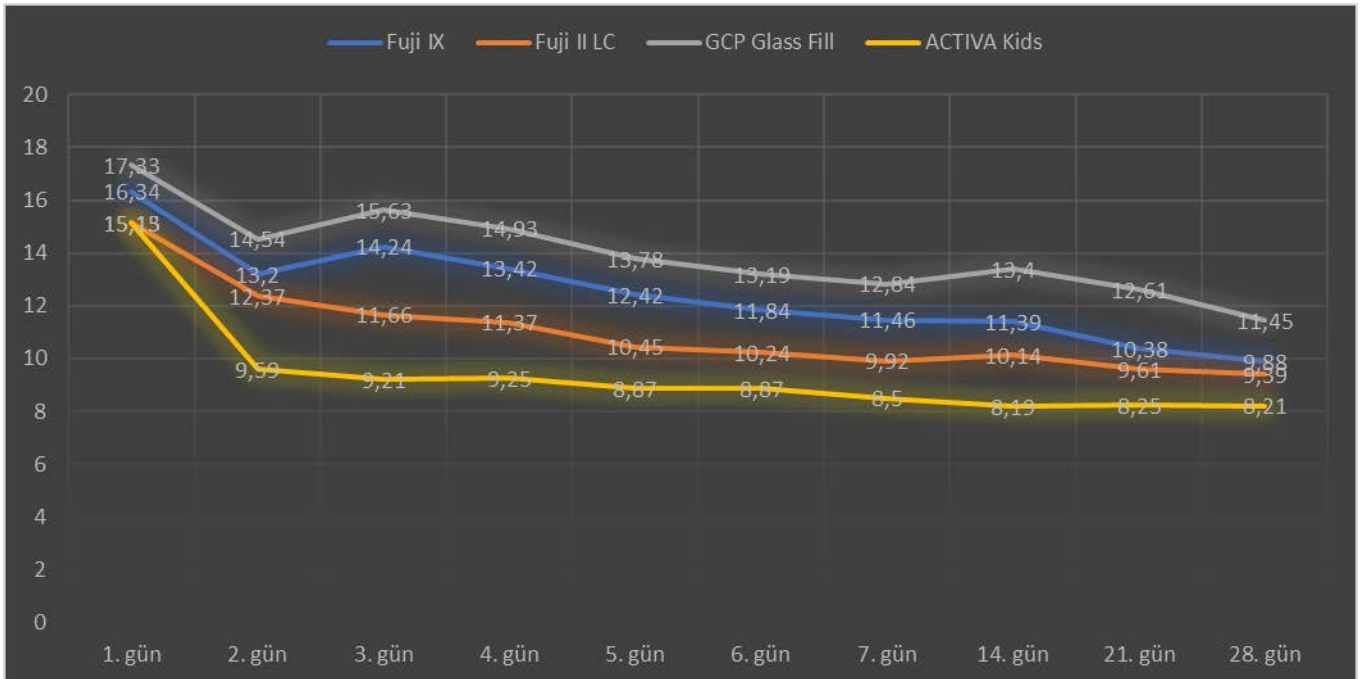
2. günde GCP Glass Fill ile Fuji IX, Fuji IX ile Fuji II LC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p > 0.05$).

1. ve 2. gün hariç diğer tüm ölçüm günlerinde GCP Glass Fill'in diğer restoratif materyallerden istatistiksel olarak daha yüksek ortalama flor salınım değerine sahip olduğu belirlendi ($p<0.05$).

3., 4., 5., 6., 7., 14. ve 21. günlerde GCP Glass Fill'den sonra en yüksek ortalama flor salınım değeri Fuji IX'da gözlenirken, bunu sırasıyla Fuji II LC ve ACTIVA Kids'in takip ettiği ve materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu saptandı ($p<0.05$).

28. günde ise Fuji II LC ile Fuji IX ve ACTIVA Kids arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), Fuji IX'un, ACTIVA Kids'e göre daha yüksek ortalama flor salınım değerine sahip olduğu gözlemlendi ($p<0.05$).

Araştırmamızda yer alan her bir materyalin günlere göre ortalama flor salınım değerleri Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Tüm materyallerin kendi içlerinde günlere göre flor salınım değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı farklılıklar olduğu ($p<0.05$) ve materyallerin en yüksek flor salınımını ilk gün gerçekleştirdikleri saptandı.



Şekil 4.1 Restoratif materyallerin günlere göre flor salınım grafiği

5. TARTIŞMA

Çocuk diş hekimliğinde sıkça karşılaşılan problemlerden biri olan sekonder çürük oluşumu, restorasyonların klinik ömrünü belirleyen en önemli unsurlardan biridir.¹⁴⁷ Silikat simanlarla yapılan restorasyonlarda sekonder çürük insidansının düşük olduğu gözlemlendiğinden flor içerikli çeşitli restoratif materyallerin geliştirilmesine odaklanılmıştır.^{5, 148} Günümüzde geleneksel cam iyonomer, cam iyonomer esaslı hibrit materyaller, cam karbomer, flor ilave edilmiş kompozit rezin ve fissür örtücüler gibi flor içerikli birçok materyal bulunmaktadır.^{5, 22, 149-152} Restoratif materyallerin flor salınımı ile ilgili literatürler incelendiğinde, çalışmaların büyük kısmının cam iyonomer içerikli restoratif materyaller hakkında olduğu,^{16-19, 108, 153} cam karbomer²¹⁻²³ ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyal²⁴⁻²⁶ hakkında ise sınırlı sayıda çalışma olduğu tespit edildi. Bu nedenle, bu tez araştırmasında, cam karbomer ve ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin flor salınım kapasitelerinin geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer siman ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı.

Restoratif materyallerden salınan flor miktarı hem in vivo hem de in vitro koşullarda ölçülebilmektedir. Ancak in vivo koşullardaki tükürük bileşimi, pH değeri, plak ve pelikül oluşumu ölçülen flor miktarının doğruluğunu etkilemektedir.^{64, 153-157} Araştırmamızda hem standardizasyonu daha kolay sağlayabilmek hem de maliyetin daha düşük olmasını sağlamak için restoratif materyallerin flor salınımları in vitro koşullarda değerlendirdi.

İn vitro çalışmalarda gruplar arasındaki karşılaştırılmanın doğru bir şekilde yapılabilmesi için hazırlanan tüm örneklerin aynı şekilde standart boyutlarda olması gerekmektedir. Restoratif materyallerin flor salınımı değerlendiren çalışmalarda hazırlanan örneklerinin boyutları incelendiğinde, farklı çap ve yüksekliklerde örnekler hazırlanmış olduğu görülmektedir.^{16, 158-161} Ayrıca bu konuda herhangi bir ISO standardı

da bulunmamaktadır. Bu nedenle araştırmamızda polietilen kalıp kullanılarak, Musa ve ark.¹⁶², Davies ve ark.,¹⁶³ Bayrak ve ark.'nın¹⁵² çalışmalarına benzer şekilde 10 mm çapında ve 1 mm yksekliginde örnekler hazırlandı.

Yüksek elektronegatifliğe sahip reaktif eser bir element olan flor, cam ile reaksiyona girmektedir.¹⁶⁴ Bu nedenle araştırmamızda diğer çalışmalara benzer şekilde^{108, 160, 165} restoratif materyallerin fazlalığını uzaklaştırmak ve pürüzsüz yüzeyle elde etmede kullandığımız siman camları ile restoratif materyallerin temasını önlemek için selüloit matriks bantları kullanıldı.

Cam iyonmer simanlardan hazırlanmış örnekler maturasyonunu tamamlamadan saklama solüsyonuna yerleştirildiğinde, hem materyalin mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği hem de siman tozundaki gevşek bağlı florun hemen salınarak flor salınım konsantrasyonunu arttırdığı bildirilmektedir.^{153, 163} Bu bilgiler ışığında, diğer alışmalara^{16, 159, 161, 165, 166} benzer şekilde araştırmamızda da tüm örnekler maturasyonlarını tamamlamaları için 24 saat 37°C'de ve %100 nemli ortamda bekletildi.

Günümüze kadar yapılan in vitro flor salınım çalışmalarında distile su^{146, 167, 168}, deiyonize su^{20, 22, 23, 108, 152, 162, 169, 170} ya da yapay tkrk¹⁷¹⁻¹⁷⁴ gibi farklı ortamlar kullanılmıştır. Deiyonize suyun içerisinde herhangi bir iyon bulunmadığı için örneklerden salınan flor iyonunun daha doğru sonuçlar verdiği bildirilmekte¹⁷⁵ ve araştırmalarda daha çok deiyonize su tercih edilmektedir. Bu nedenden dolayı araştırmamızda da örnekler deiyonize su içerisinde bekletildi.

Restoratif materyallerin flor salınımlarının değerlendirildiği çalışmalarda gnlk^{22, 149, 152, 158, 165} ya da kmlatif^{167, 173, 176} flor ölümü yapılmaktadır. Çalışmalarda daha çok günlük flor ölümü yapıldığından bulgularımızı bu çalışmalarla karşılaştırabilmek amacıyla araştırmamızda günlük flor ölümü yapıldı. Bu amaçla materyallerin bekletildiği solüsyonlar ilk hafta her gün, daha sonrada her lmden 24 saat önce değiştirildi.

Restoratif materyallerin flor salınımının genellikle ilk hafta yüksek olduğu ve 10-20 gün arası sabit olarak devam ettiği bildirilmektedir.^{16, 63-65, 177} Flor salınımı yapabilen restoratif materyallerden ortaya çıkan flor konsantrasyonunun 28. gün sonunda minimum değere düştüğü bildirilmiştir.^{63, 177, 178} Ayrıca 28. güne kadar salınan florun bakteri inhibisyonu için yeterli konsantrasyon aralığında olduğu belirtilmiştir.^{179-181, 182} Yapılan çalışmalarda da materyallerden salınan flor miktarının ilk hafta her gün daha sonra haftada bir kez ölçüldüğü görülmektedir^{20, 22, 59, 63, 64, 152}. Araştırmamızda da örneklerden salınan flor miktarı ilk hafta her gün, daha sonra ise 28. güne kadar haftada bir ölçüldü.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda restoratif materyallerden salınan flor iyon analizi için iyon seçici elektrot,^{6, 136, 138, 183, 184} iyon kromatografisi,^{25, 139} alüminyum monoflorür absorpsiyon spektrometresi,¹⁴⁰ ikincil iyon kütle spektrometresi,¹⁴¹ proton akımı gama ışını emisyonu,¹⁴² elektron probe mikroanalizi,¹⁴³ X ışını fotoelektron spektroskopisi¹⁴⁴ gibi birçok farklı yöntem kullanılmıştır. İyon seçici elektrot yöntemi kullanım kolaylığı, ucuz olması, hassas ve hızlı sonuçlar vermesi, ölçümlerin tekrarlanabilmesi gibi avantajları nedeniyle en çok kullanılan in vitro ölçüm yöntemidir.^{6, 136, 138, 183, 184} Tüm bu nedenlerden dolayı araştırmamızda flor miktarının belirlenmesinde iyon seçici elektrot yöntemi tercih edildi.

İyon seçici elektrot ile sağlıklı koşullarda ölçüm yapılabilmesi için ortamın gereğinden fazla asidik ya da bazik olmaması gerekmektedir. Flor iyonu, ortamın pH'sı 5'in üzerinde olduğunda tam olarak iyonize olmakta¹⁸⁵ ve flor elektrodu asidik çözeltilerde daha hızlı yanıt vermektedir.¹⁸⁶ Eğer ortam fazla asidik olursa flor iyonları hidrojen ile reaksiyona girerek hidrojen florür oluşturacağından bu moleküller iyon seçici elektrot tarafından algılanamazlar. Tersine ortam bazik olursa da elektrot hidroksil iyonlarına duyarlı olduğu için zahiri olarak daha yüksek konsantrasyonda flor ölçecektir.^{136, 187, 188} Bu nedenle flor salınımı ölçümlerinde bütün örneklerde ölçüm

öncesinde TISAB eklenmektedir.^{22, 59, 63, 108, 137, 166} Araştırmamızda da pH ve iyonik şiddetin sabitlenebilmesi amacıyla tüm örneklerle bire bir oranında TISAB II çözeltisi eklendi ve ortam pH'sının 5-6 arasında olması sağlandı.

Gururaj ve ark.¹⁸⁹ in vitro olarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında 5 farklı restoratif materyalin (geleneksel cam iyonomer siman-Fuji VII, rezin modifiye cam iyonomer siman-Vitremer, poliasit modifiye kompozit rezin-Dyract, flor içerikli kompozit-Tetric Ceram, giomer-Beatiful) flor salınımlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların diğer materyallere göre daha fazla flor salınımı gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Arısu ve ark.¹⁹⁰ geleneksel cam iyonomerler, rezin modifiye cam iyonomer, güçlendirilmiş cam iyonomer ve poliasit modifiye kompozit rezinlerinden salınan flor miktarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, en yüksek flor salınımının geleneksel cam iyonomer simanlarda gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Vermeersch ve ark.,⁶³ Neelakantan ve ark.¹⁴⁹ ve Gui ve ark.¹⁹¹ da geleneksel cam iyonomer simanların diğer restoratif materyallerden (rezin modifiye cam iyonomer siman, poliasit modifiye kompozit rezin, kompozit rezin) daha fazla flor salınımına sahip olduğunu göstermişlerdir.

Geleneksel cam iyonomer siman ile rezin modifiye cam iyonomer simanların flor salınım miktarlarının değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde sonuçlarının çelişkili olduğu görülmektedir. Çalışmaların büyük çoğunluğunda geleneksel cam iyonomer simanların daha fazla flor salınımına sahip olduğu gösterilirken^{166, 192-196}, bazılarında fark olmadığı^{87, 197}, bazılarında ise rezin modifiye cam iyonomer simanların daha yüksek flor salınımına sahip olduğu bildirilmiştir.^{160, 170, 189, 198}

Bayrak ve ark.²² tarafından yapılan çalışmada giomer (Beatiful II), cam karbomer (GCP Glass-Fill), seramik içerikli geleneksel cam iyonomer siman (Amalgomer), poliasit modifiye kompozit rezin (Dyract XP) ve geleneksel cam

iyonomer simanın (Fuji IX Capsule) flor salınımı karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda rezin bazlı materyallerden salınan flor miktarının, cam iyonomer bazlı materyallere göre oldukça düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca incelenen restoratif materyaller arasında cam karbomerin en yüksek flor salınımına sahip olduğu da bildirilmiştir. Benzer şekilde Hasan ve ark.²¹ da yaptıkları çalışma sonucunda cam karbomerin flor salınımını geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomerden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Şirinoğlu Çapan 2015 yılında yaptığı tez çalışmasında¹⁹⁹ yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, cam karbomer, kompomer, giomer ve rezin kompozitin flor salınımını değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek flor salınımını yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın sergilediğini, bunu cam karbomerin izlediğini tespit etmiştir. Araştırmacı flor salınımı açısından cam karbomerin cam iyonomer simanlara alternatif olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. Benzer şekilde Küçükıılmaz ve ark.²³ da farklı cam iyonomer simanların (yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, nano-iyonomer ve cam karbomer) flor salınım kapasitelerini değerlendirdikleri çalışmalarında en yüksek flor salınımın yüksek viskoziteli cam iyonomer simanda olduğunu, bunu cam karbomer simanın takip ettiğini saptamışlardır.

ACTIVA biyoaktif restoratif materyalin flor salınımını değerlendiren çalışmalarda incelendiğinde materyalin flor salınımının, rezin modifiye cam iyonomer simanlar ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlardan daha düşük olduğu²⁴⁻²⁶ kompomer ve giomerlere ise benzer olduğu görülmektedir.²⁶ Porenczuk ve ark.²⁴ ACTIVA Bioactive-Restorative'in flor salınımının geleneksel cam iyonomer simandan düşük olduğunu rapor etmişlerdir. May ve Donly²⁵ ve Garoushi ve ark.²⁶ rezin modifiye cam iyonomer simanın flor salınımının ACTIVA Bioactive-Restorative'den anlamlı olarak daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Restoratif materyallerin flor salınım miktarı, materyalin içerdiği flor iyon miktarı, kimyasal formu ve sertleşme reaksiyonu gibi birçok faktöre bağlıdır.^{5,46,136} Araştırmamızda, diğer çalışmalarla uyumlu olarak,^{21, 22} cam karbomerin flor salınım değerinin diğer restoratif materyallerden daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu durum cam karbomerlerin içeriğindeki flor miktarının geleneksel cam iyonomer simanlara göre fazla olması^{8, 116} ve nanopartikül yapısının materyalin flor salınımını hızlandırması¹⁹⁶ ile açıklanabilir. Ayrıca Bayrak ve ark.²² da materyalin polimerizasyon reaksiyonu sırasında uygulanan ısının da flor salınım değerini arttırdığı bildirmektedir. Araştırmamızda, cam karbomeri takiben flor salınım miktarı sırasıyla geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve ACTIVA biyoaktif materyal olarak tespit edildi. ACTIVA biyoaktif materyalin geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simandan daha az flor salınımı göstermesi, literatürdeki diğer çalışmaların²⁴⁻²⁶ sonuçları ile de uyumludur. ACTIVA biyoaktif materyalin diğer materyallerden daha düşük flor salınımı göstermesinin nedeninin içeriğindeki monomer tiplerinin ve yüzdelerinin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Restoratif materyallerin flor salınımı ile ilgili çalışmalarda, genellikle flor salınımının ilk gün yüksek olduğu ve daha sonra azalarak devam ettiği bildirilmektedir^{5, 20, 22-26, 65, 200-205}. Araştırmamızda, bu çalışmalarla uyumlu olarak, bütün materyallerin ilk gün yüksek miktarda flor salındığı ve bu salınımın daha sonra zamanla azalarak devam ettiği tespit edildi. Başlangıçta görülen bu yüksek salınım, siman yüzeyindeki florun salınması ile açıklanmaktadır.^{175, 206, 207} Ayrıca ilk gün flor salınımının yüksek olması başlangıç patlama etkisinden (initial burst effect) de kaynaklanmaktadır.^{5, 60} Bayrak ve ark.²² ve Küçükylmaz ve ark.²³ yaptıkları çalışmalarda bizim sonuçlarımızla uyumlu olarak cam karbomer simanın da “patlama etkisi (burst effect)” gösterdiğini belirtmişlerdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez araştırmasının sınırlamaları dahilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Araştırmamızda kullanılan restoratif materyaller arasında en yüksek ortalama flor salınım değeri cam karbomer grubunda tespit edilirken bunu sırasıyla geleneksel cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer siman ve ACTIVA biyoaktif materyalin takip ettiği saptandı.

2. Restoratif materyallerin flor salınım değerleri karşılaştırıldığında, 1. günde materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), diğer günlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlendi ($p<0.05$).

3. Tüm materyallerin kendi içlerinde günlere göre flor salınım değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$).

4. Tüm materyallerin en yüksek flor salınımını ilk gün gerçekleştirdiği ve zamanla azaldığı saptandı.

5. Araştırmamızdan elde ettiğimiz bulgular ışığında, daha yüksek flor salınımı göstermesi nedeniyle cam karbomer simanların özellikle yüksek çürük riski olan hastalarda kullanımının uygun olduğu düşüncesindeyiz.

6. Araştırmamızdan elde ettiğimiz bulgular ışığında, ACTIVA biyoaktif materyalin en düşük flor salınımını göstermesi nedeniyle restoratif materyal seçiminde bunun gözönünde bulundurulması gerektiğini ancak ilave çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet* 2007;369(9555):51-9.
2. Petersen PE. The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century—the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent Oral Epidemiol* 2003;31:3-24.
3. Gökalp S, Doğan B, Tekçiçek M, Berberoğlu A, Ünlüer Ş. Türkiye ağız-diş sağlığı profili 2004. TC Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Basımevi 2006;31-32.
4. Dentistry AAoP. Guideline on perinatal and infant oral health care. *Pediatr Dent* 2016;38(6):150-3.
5. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater J* 2007;23(3):343-62.
6. Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E, Helvatzoglou-Antoniades M, Kotsanos N. Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dent Mater J* 2013;32(2):296-304.
7. Burke F, Fleming G, Owen F, Watson D. Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dent Update* 2002;29(1):10-17.
8. Zainuddin N, Karpukhina N, Law RV, Hill RG. Characterisation of a remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dent Mater J* 2012;28(10):1051-58.
9. Menne-Happ U, Ilie N. Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *J Dent* 2013;41(3):223-30.

10. Croll TP, Berg JH, Donly KJ. Dental repair material: a resin-modified glass-ionomer bioactive ionic resin-based composite. *Compend Contin Educ Dent* 2015;36(1):60-5.
11. Pameijer CH, Garcia-Godoy F, Morrow BR, Jefferies SR. Flexural strength and flexural fatigue properties of resin-modified glass ionomers. *J Clin Dent* 2015;26(1):23-27.
12. 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. *Dent Mater J* 2008;27(3):315-39.
13. Ten Cate J. Physicochemical aspects of fluoride-enamel interactions. *Fluoride in dentistry J Dent* 1996;41(3):220-12.
14. Moreau JL, Xu HH. Fluoride releasing restorative materials: Effects of pH on mechanical properties and ion release. *Dent Mater J* 2010;26(11):e227-e35.
15. Arbabzadeh-Zavareh F, Gibbs T, Meyers IA, Bouzari M, Mortazavi S, Walsh LJ. Recharge pattern of contemporary glass ionomer restoratives. *J. Dent. Res* 2012;9(2):139.
16. Dasgupta S, Saraswathi MV, Somayaji K, Pentapati KC, Shetty P. Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. *J. Conserv. Dent.* 2018;21(6):622.
17. Oliveira GL, Carvalho CN, Carvalho EM, Bauer J, Leal AMA. The Influence of Mixing Methods on the Compressive Strength and Fluoride Release of Conventional and Resin-Modified Glass Ionomer Cements. *Int J Dent* 2019;2019.
18. Bahsi E, Sagmak S, Dayi B, Cellik O, Akkus Z. The evaluation of microleakage and fluoride release of different types of glass ionomer cements. *Niger. J. Clin. Pract.* 2019;22(7):961.

19. Al Dehailan L, Lippert F, Gonzalez-Cabezas C, Eckert GJ, Martinez-Mier EA. Fluoride concentration in saliva and biofilm fluid following the application of three fluoride varnishes. *J Dent* 2017;6087-93.
20. Attar N, Önen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J. Oral Rehabil.* 2002;29(8):791-98.
21. Hasan AM, Sidhu SK, Nicholson JW. Fluoride release and uptake in enhanced bioactivity glass ionomer cement (“glass carbomer™”) compared with conventional and resin-modified glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2019;27.
22. Bayrak GD, Sandalli N, Selvi-Kuvvetli S, Topcuoglu N, Kulekci G. Effect of two different polishing systems on fluoride release, surface roughness and bacterial adhesion of newly developed restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2017;29(6):424-34.
23. Kucukyilmaz E, Savas S, Kavrik F, Yasa B, Botsali M. Fluoride release/recharging ability and bond strength of glass ionomer cements to sound and caries-affected dentin. *Niger. J. Clin. Pract.* 2017;20(2):226-34.
24. Porenczuk A, Jankiewicz B, Naurecka M, Bartosewicz B, Sierakowski B, Gozdowski D, Kostecki J, Nasiłowska B, Mielczarek A. A comparison of the remineralizing potential of dental restorative materials by analyzing their fluoride release profiles. *Adv Clin Exp Med* 2019;28(6):815-23.
25. May E, Donly KJ. Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material. *Am J Dent* 2017;30(6):305-08.
26. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dent Mater J* 2018;2017-161.
27. Baig MS, Fleming GJ. Conventional glass-ionomer materials: a review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J Dent* 2015;43(8):897-912.

28. Wilson A, Kent B. Surgical Cement, British Patent No. 1316129,1973.
29. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J* 1972;132(4):133-5.
30. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int* 1994;25(9):587-9.
31. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N. Viscous glass-ionomer cements: a new alternative to amalgam in the primary dentition? *Quintessence Int* 1997;28(10):667-76.
32. Walls AW, Murray JJ, McCabe JF. The use of glass polyalkenoate (ionomer) cements in the deciduous dentition. *Br Dent J* 1988;165(1):13-7.
33. Al-Badri I, Kamel F. Clinical use of glass-ionomer cement: A Literature Review. *The Saud Dent J* 1994;6:107-16.
34. Köroğlu A, Ekren D, Kurtoğlu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg* 2012;2012(2):205-16.
35. Naasan M, Watson T. Conventional glass ionomers as posterior restorations. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 1998;11(1):36-45.
36. Mount G. Glass ionomers: a review of their current status. *Oper Dent* 1999;24:115-24.
37. Culbertson BM. New polymeric materials for use in glass-ionomer cements. *J Dent* 2006;34(8):556-65.
38. Wilson AD, Batchelor RF. Dental silicate cements. II. Preparation and durability. *J Dent Res* 1967;46(6):1425-32.
39. Wilson AD, Batchelor RF. Dental silicate cements: III. Environment and durability. *J Dent Res* 1968;47(1):115-20.
40. Wilson AD. Dental silicate cements: VII. Alternative liquid cement formers. *J Dent Res* 1968;47(6):1133-6.

41. Wilson AD. A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1996;75(10):1723-7.
42. Wilson AD, Nicholson JW. Acid-base cements: their biomedical and industrial applications. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.p.145-147.
43. McLean J, Wilson A. The clinical development of the glass-ionomer cements. I. Formulations and properties. *Aust. Dent. J.* 1977;22(1):31-36.
44. Lacefield W, Reindl M, Retief D. Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1985;53(2):194-98.
45. Smith DC. Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials* 1998;19(6):467-78.
46. Mount G. Description of glass-ionomer cements. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. 2nd ed. London: Martin Dunitz;1994.p.1-24.
47. McDonald RE, Avery DR. *Dentistry for the child and adolescent.*9nd ed. United States: Mosby Incorporated; 2004.p.515-517.
48. Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater J* 2004;20(1):45-50.
49. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass-ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarobxylic acids. *J Dent Res* 1980;59(6):1055-63.
50. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. 1. Long term hardness and compressive strength. *J Dent* 1976;4(4):162-6.
51. Hatton PV, Brook IM. Characterisation of the ultrastructure of glass-ionomer (poly-alkenoate) cement. *Br Dent J* 1992;173(8):275-7.
52. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J (Isfahan)* 2013;10(4):411-20.

53. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent. Clin. N. Am.* 2007;51(2):453-71.
54. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater* 2016;7(3).
55. Cho SY, Cheng AC. A review of glass ionomer restorations in the primary dentition. *J Can Dent Assoc* 1999;65(9):491-5.
56. Erickson RL, Glasspoole EA. Bonding to tooth structure: a comparison of glass-ionomer and composite-resin systems. *J Esthet Dent* 1994;6(5):227-44.
57. Pereira LC, Nunes MC, Dibb RG, Powers JM, Roulet JF, Navarro MF. Mechanical properties and bond strength of glass-ionomer cements. *J Adhes Dent* 2002;4(1):73-80.
58. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res* 1982;61(12):1416-22.
59. Peng D, Smales RJ, Yip HK, Shu M. In vitro fluoride release from aesthetic restorative materials following recharging with APF gel. *Aust. Dent. J* 2000;45(3):198-203.
60. Sidhu S. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust. Dent. J* 2011;56:23-30.
61. Forsten L. Fluoride release of glass ionomers. *J Esthet Dent* 1994;6(5):216-22.
62. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res* 1991;99(3):241-5.
63. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil* 2001;28(1):26-32.
64. Williams J, Billington R, Pearson G. The influence of sample dimensions on fluoride ion release from a glass ionomer restorative cement. *Biomaterials* 1999;20(14):1327-37.

65. DeSchepper EJ, Berry III EA, Cailleteau J, Tate W. A comparative study of fluoride release from glass-ionomer cements. *Quintessence Int* 1991;22(3).
66. Van de Voorde A, Gerdts G, Murchison D. Clinical use of glass ionomer cement: a literature review. *Quintessence Int* 1988;19(1):53.
67. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res* 1991;70(1):72-4.
68. Antonucci J, Stansbury JW. Resin-modified glassionomer cement. *US Pat Appln* 160856,1988.
69. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24(5):423-9.
70. Burke FJ, Fleming GJ, Owen FJ, Watson DJ. Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dent Update* 2002;29(1):10-4, 16-7.
71. Attin T, Buchalla W, Kielbassa AM, Hellwig E. Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater J* 1995;11(5-6):359-62.
72. Sidhu SK, Watson TF. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 1995;8(1):59-67.
73. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater J* 2008;24(12):1702-08.
74. Hamid A, Hume W. Diffusion of resin monomers through human carious dentin in vitro. *Dent Traumatol* 1997;13(1):1-5.
75. Kan K, Messer L, Messer H. Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1997;76(8):1502-07.

76. Palmer G, Anstice H, Pearson G. The effect of curing regime on the release of hydroxyethyl methacrylate (HEMA) from resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent* 1999;27(4):303-11.
77. Mount GJ. Glass ionomer cements and future research. *Am J Dent* 1994;7(5):286-92.
78. Berzins DW, Abey S, Costache M, Wilkie CA, Roberts H. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J Dent Res* 2010;89(1):82-86.
79. Abdalla A. Morphological interface between hybrid ionomers and dentin with and without smear-layer removal. *J. Oral Rehabil.* 2000;27(9):808-14.
80. Coutinho E, Yoshida Y, Inoue S, Fukuda R, Snauwaert J, Nakayama Y, De Munck J, Lambrechts P, Suzuki K, Van Meerbeek B. Gel phase formation at resin-modified glass-ionomer/tooth interfaces. *J Dent Res* 2007;86(7):656-61.
81. Mount G. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper. Dent* 1991;16(4):141-48.
82. Cortes O, Garcia-Godoy F, Boj J. Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *Am J Dent* 1993;6(6):299-301.
83. Sidhu S. Marginal contraction gap formation of light-cured glass ionomers. *Am J Dent* 1994;7(2):115-18.
84. Mazzaoui S, Burrow M, Tyas M, Dashper S, Eakins D, Reynolds E. Incorporation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate into a glass-ionomer cement. *J Dent Res* 2003;82(11):914-18.
85. Tjandrawinata R, Irie M, Suzuki K. Marginal gap formation and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cement: effect of silanized spherical silica filler addition. *Dent Mater J* 2004;23(3):305-13.
86. Forsten L. Resin-modified glass ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand* 1995;53(4):222-5.

87. Forss H. Release of fluoride and other elements from light-cured glass ionomers in neutral and acidic conditions. *J Dent Res* 1993;72(8):1257-62.
88. Rothwell M, Anstice HM, Pearson GJ. The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent* 1998;26(7):591-7.
89. Yap AU, Khor E, Foo SH. Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. *Oper Dent* 1999;24(5):297-305.
90. Sidhu SK. Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dent Mater J* 2010;26(1):7-12.
91. Sidhu SK, Nicholson JW. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *J Funct Biomater* 2016;7(3):16.
92. Brackett WW, Gilpatrick R, Browning W, Gregory P. Two-year clinical performance of a resin-modified glass-ionomer restorative material. *Oper. Dent* 1999;24(1):9-13.
93. Smales RJ, Yif H-K. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for the management of dental caries. *Quintessence Int.* 2002;33(6).
94. Smales R, Wong K In Two-year clinical performance of resin-modified glass ionomer sealant, *J Dent Res.*1999; 1173-73.
95. Pameijer CH. Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting agents. *J Am Dent Assoc* 2012;143(11):1218-22.
96. Meyer J, Cattani-Lorente M, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials* 1998;19(6):529-39.
97. Ruse ND. What is a "compomer"? *J Can Dent Assoc* 1999;65(9):500-4.
98. Hse KM, Leung SK, Wei SH. Resin-ionomer restorative materials for children: a review. *Aust Dent J* 1999;44(1):1-11.
99. De Trey D. Dyract product profile. Kanstanz: Dentsply De Trey 1994.

100. Kraemer N, Frankenberger R. Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *Int J Paediatr Dent* 2007;17(1):2-9.
101. Bala O. Poliasit-Modifiye kompozit rezinler (Kompomerler): Literatür taraması. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg* 1998;1(2):113-18.
102. Hes K, Leung S, Wei S. Resin-ionomer restorative materials for children: A review. *Aust Dent J* 1999;44(1):1-11.
103. Tate W, You C, Powers J. Bond strength of compomers to human enamel. *Operative Dent.* 2000;25(4):283-91.
104. García-Godoy F. Resin-based composites and compomers in primary molars. *Dent. Clin. N. Am.* 2000;44(3):541-70.
105. Barkmeier WW, Hammesfahr P, Latta MA. Bond strength of composite to enamel and dentin using Prime & Bond 2.1. *Operative Dent.*1999;24:51-56.
106. Shaw A, Carrick T, McCabe J. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *J Dent.*1998;26(4):355-59.
107. Yip H, Tay F, Ngo H, Smales R, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent. Mater. J.* 2001;17(5):456-70.
108. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Pataridou A. Fluoride release and uptake by four new fluoride releasing restorative materials. *J. Oral Rehabil.*2003;30(9):866-72.
109. Attin T, Vataschki M, Hellwig E. Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quintessence Int.*1996;27(3).
110. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *Int Dent J* 1998;48(1):3-16.
111. Dental G. GCP Dental biocompatible restorative Fill Cement based on Glass Carbomer™ Tech. 2017.

112. Subramaniam P, Girish Babu K, Jayasurya S. Evaluation of solubility and microleakage of glass carbomer sealant. *Int. J. Clin. Pediatr. Dent.* 2015;39(5):429-34.
113. Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur J Dent* 2013;7(1):15-21.
114. Chen X, Du M, Fan M, Mulder J, Huysmans M, Frencken J. Caries-preventive effect of sealants produced with altered glass-ionomer materials, after 2 years. *Dent Mater J* 2012;28(5):554-60.
115. Menne-Happ U, Ilie N. Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *J Dent* 2013;41(3):223-30.
116. Van Den Bosch W, Van Duinen RN. Self hardening glass carbomer composition. A61L24/0084, 2006.
117. Gorseta K, Glavina D, Borzabadi-Farahani A, Van Duinen R, Skrinjaric I, Hill R, Lynch E. One-year clinical evaluation of a Glass Carbomer fissure sealant, a preliminary study. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2014;22(2):67-71.
118. Nicholson J, Czarnecka B. *Materials for the direct restoration of teeth*. 1st ed. Sawston:Cambridge Woodhead Publishing; 2016.p:129-131
119. Nicholson JW. Fluoride-releasing dental restorative materials: An update. *Balk J Dent Med* 2014;18(2):60-69.
120. Pulpdent Activa BioActive White Paper. Available online: <https://seureservercdn.net/198.71.233.195/91d.e9f.myftpupload.com/wpcontent/uploads/2019/12/XF-VWP8-REV10.19.pdf>.
121. Slowikowski L, John S, Finkleman M, Perry R, Harsono M, Kugel G. Fluoride ion release and recharge over time in three restoratives. *J Dent Res* 2014;93:268.
122. Zmener O, Pameijer CH, Hernandez S. Resistance against bacterial leakage of four luting agents used for cementation of complete cast crowns. *Am J Dent* 2014;27(1):51-5.

123. Zmener O, Pameijer C, Della Porta R. Marginal bacterial leakage in class I cavities filled with a new resin-modified glass ionomer restorative material. Final Report. April 2013.
124. Francois P, Fouquet V, Attal J-P, Dursun E. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials* 2020;13(10):2313.
125. ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE Safety Data Sheet
<https://www.pulpdent.com/wp-content/uploads/2019/09/GHS-SDS-Activa-Restorative-1.pdf>.
126. Naorungroj S, Wei H-H, Arnold RR, Swift Jr EJ, Walter R. Antibacterial surface properties of fluoride-containing resin-based sealants. *J Dent* 2010;38(5):387-91.
127. Prabhakar A, Murthy SA, Sugandhan S. Comparative evaluation of the length of resin tags, viscosity and microleakage of pit and fissure sealants—An in vitro scanning electron microscope study. *Contemp Clin Dent* 2011;2(4):324.
128. Pameijer C. Microleakage of four experimental resin modified glass ionomer restorative materials. *J Dent* 2011;38(6):247-93.
129. Cannavo M, Harsono M, Finkelman M, Kugel G. Microleakage of dental bulk fill, conventional and self-adhesive composites. *J Dent Res* 2014;93:847.
130. Singla R, Bogra P, Singal B. Comparative evaluation of traditional and self-priming hydrophilic resin. *J Conserv Dent* 2012;15(3):233.
131. Cannon M, Powell A, Kuttub J, Jurado R. In Pilot study to measure fluoride ion penetration of hydrophilic sealant. AADR Annual Meeting; March 6, 2010; Washington, DC. Abstract. 1345.
132. Sauro S, Makeeva I, Faus-Matoses V, Foschi F, Giovarruscio M, Maciel Pires P, Martins Moura ME, Almeida Neves A, Faus-Llácer V. Effects of ions-releasing

restorative materials on the dentine bonding longevity of modern universal adhesives after load-cycle and prolonged artificial saliva aging. *Materials* 2019;12(5):722.

133. Jensen M, Garcia-Godoy F, Wefel J. Artificial root caries in amalgam restorations: effect of light-cured fluoride releasing liners. *Am J Dent* 1990;3(6):295-98.

134. Komatsu H, Shimokobe H, Kawakami S, Yoshimura M. Caries-preventive effect of glass ionomer sealant reapplication: study presents three-year results. *J Am Dent Assoc (1939)* 1994;125(5):543-49.

135. Çapan BŞ, Akyüz S. Current fluoride-releasing restorative materials used in pediatric dentistry. *Clin Exp Health Sci* 2016;6(3):129-34.

136. Itota T, Carrick TE, Rusby S, Al-Naimi OT, Yoshiyama M, McCabe JF. Determination of fluoride ions released from resin-based dental materials using ion-selective electrode and ion chromatograph. *J Dent* 2004;32(2):117-22.

137. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent. Mater. J.* 2004;20(9):789-95.

138. McCabe JF, Carrick TE, Sidhu SK. Determining low levels of fluoride released from resin based dental materials. *Eur J Oral Sci* 2002;110(5):380-84.

139. Ökte Z, Öktem Z. Süt dişi restorasyonlarında bir nano iyonomer materyal ve kompomerin in vivo ve in vitro koşullarda karşılaştırılmalı değerlendirilmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodonti Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi, 2010.

140. Osada H, Iijima Y, Katayama T. Total Fluoride Determination in Dental Plaque by AIF Molecular Absorption Spectrometry. *J Int Oral Health* 1989;39(1):59-64.

141. Fowler C, Gracia L, Edwards M, Brown A, Rees G. Fluoride penetration from toothpastes into incipient enamel erosive lesions investigated using dynamic secondary ion mass spectrometry. *J Clin Dent* 2009;20(6):186-91.

142. Hoque A, Khaliquzzaman M, Hossain M, Khan A. Determination of fluoride in water residues by proton induced gamma emission measurements. *Fluoride* 2002;35(3):176-84.
143. Baud C, Bang S. Electron probe and X-ray diffraction microanalyses of human enamel treated in vitro by fluoride solution. *Caries Res* 1970;4(1):1-13.
144. Tanizawa Y, Suzuki T. X-ray photoelectron spectroscopy study on chemical states of fluoride in bovine dentine treated with NaF. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 1993;89(15):2901-06.
145. Oliveira GL, Carvalho CN, Carvalho EM, Bauer J, Leal AMA. The Influence of Mixing Methods on the Compressive Strength and Fluoride Release of Conventional and Resin-Modified Glass Ionomer Cements. *Int J Dent* 2019;20196834931.
146. Bahsi E, Sagmak S, Dayi B, Cellik O, Akkus Z. The evaluation of microleakage and fluoride release of different types of glass ionomer cements. *Niger J Clin Pract* 2019;22(7):961-70.
147. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Papadogiannis Y, Konstantinidis A. Secondary Caries around F-containing Restoratives. *Oper. Dent.* 1998;2381-86.
148. Volker J, Belkakis E, Melillo S. Some observations on the relationship between plastic filling materials and dental caries. *Tufts Dent Outlook* 1944;18(2):4.
149. Neelakantan P, John S, Anand S, Sureshababu N, Subbarao C. Fluoride release from a new glass-ionomer cement. *Oper. Dent.* 2011;36(1):80-85.
150. Tiwari S, Kenchappa M, Bhayya D, Gupta S, Saxena S, Satyarth S, Singh A, Gupta M. Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. *J Clin Diagn Res* 2016;10(4):ZC90.
151. Can G, Kalayci Ş, Kaplan R. A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg. 2006;33(1) 33-38.

152. Bayrak S, Tunc ES, Aksoy A, Ertas E, Guvenc D, Ozer S. Fluoride release and recharge from different materials used as fissure sealants. *Eur J Dent* 2010;4(03):245-50.
153. Dhondt C, De Maeyer E, Verbeeck R. Fluoride Release from Glass Ionomer Activated with Fluoride Solutions. *J Dent Res* 2001;80(5):1402-06.
154. Bell A, Creanor S, Foye R, Saunders W. The effect of saliva on fluoride release by a glass-ionomer filling material. *J. Oral Rehabil.* 1999;26(5):407-12.
155. El Mallakh B, Sarkar N. Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dent. Mater. J.* 1990;6(2):118-22.
156. Hayacibara M, Ambrosano G, Cury J. Simultaneous release of fluoride and aluminum from dental materials in various immersion media. *Oper Dent Suppl* 2004;29(1):16-22.
157. Attin T, Buchalla W, Siewert C, Hellwig E. Fluoride release/uptake of polyacid-modified resin composites (compomers) in neutral and acidic buffer solutions. *J. Oral Rehabil.* 1999;26(5):388-93.
158. Kishore G, Sai-Sankar A, Pratap-Gowd M, Sridhar M, Pranitha K, Sai-Krishna V. Comparative evaluation of fluoride releasing ability of various restorative materials after the application of surface coating agents—an in-vitro study. *J Clin Diagn Res* 2016;10(12):ZC38.
159. Nigam AG, Jaiswal J, Murthy R, Pandey R. Estimation of fluoride release from various dental materials in different media—an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2009;2(1):1.
160. Selimović-Dragaš M, Hasić-Branković L, Korać F, Đapo N, Huseinbegović A, Kobašlija S, Lekić M, Hatibović-Kofman Š. In vitro fluoride release from a different kind of conventional and resin modified glass-ionomer cements. *Bosnian J Basic Med* 2013;13(3):197.

161. Cabral MFC, Martinho RLdM, Guedes-Neto MV, Rebelo MAB, Pontes DG, Cohen-Carneiro F. Do conventional glass ionomer cements release more fluoride than resin-modified glass ionomer cements? *Restor Dent Endod* 2015;40(3):209-15.
162. Musa A, Pearson G, Gelbier M. In vitro investigation of fluoride ion release from four resin-modified glass polyalkenoate cements. *Biomaterials* 1996;17(10):1019-23.
163. Davies E, Sefton J, Wilson A. Preliminary study of factors affecting the fluoride release from glass-ionomer cements. *Biomaterials* 1993;14(8):636-39.
164. Kaminsky LS, Mahoney MC, Leach J, Melius J, Jo Miller M. Fluoride: benefits and risks of exposure. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 1990;1(4):261-81.
165. Brzović Rajić V, Miletić I, Gurgan S, Peroš K, Verzak Ž, Ivanišević Malčić A. Fluoride Release from Glass Ionomer with Nano Filled Coat and Varnish. *Acta Stomatol. Croat.* 2018;52(4):307-13.
166. Bansal R, Bansal T. A comparative evaluation of the amount of fluoride release and re-release after recharging from aesthetic restorative materials: an in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2015;9(8):ZC11.
167. Poggio C, Andenna G, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Cucca L. Fluoride release and uptake abilities of different fissure sealants. *J Clin Exp Dent* 2016;8(3):e284-9.
168. Abudawood S, Donly KJ. Fluoride release and re-release from various esthetic restorative materials. *Am J Dent* 2017;30(1):47-51.
169. Savarino L, Cervellati M, Stea S, Cavedagna D, Donati M, Pizzoferrato A, Visentin M. In vitro investigation of aluminum and fluoride release from compomers, conventional and resin-modified glass-ionomer cements: a standardized approach. *J. Biomater. Sci. Polym. Ed* 2000;11(3):289-300.

170. Basso GR, Della Bona Á, Gobbi DL, Cecchetti D. Fluoride release from restorative materials. *Braz. Dent. J.* 2011;22(5):355-58.
171. Gjorgievska E, Nicholson JW, Gjorgovski I, Iljovska S. Aluminium and fluoride release into artificial saliva from dental restoratives placed in teeth. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19(10):3163-7.
172. Jablonowski BL, Bartoloni JA, Hensley DM, Vandewalle KS. Fluoride release from newly marketed fluoride varnishes. *Quintessence Int.* 2012;43(3):221-8.
173. Okte Z, Bayrak S, Fidanci UR, Sel T. Fluoride and aluminum release from restorative materials using ion chromatography. *J Appl Oral Sci* 2012;20(1):27-31.
174. Suebsurekul P, Viteporn S. Release of fluoride from orthodontic adhesives and penetration into enamel. *J Orofac Orthop* 2017;78(3):185-92.
175. Lee SY, Dong DR, Huang HM, Shih YH. Fluoride ion diffusion from a glass-ionomer cement. *J. Oral Rehabil.* 2000;27(7):576-86.
176. Lewinstein I, Block J, Melamed G, Dolev E, Matalon S, Ormianer Z. Fluoride ion release and solubility of fluoride enriched interim cements. *J Prosthet Dent* 2014;112(2):188-93.
177. Yap A, Tham S, Zhu L, Lee H. Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper. Dent.* 2002;27(3):259-65.
178. Swartz M, Phillips R, Clark H. Long-term F release from glass ionomer cements. *J Dent Res* 1984;63(2):158-60.
179. Forss H, Jokinen J, Spets-Happonen S, Seppä L, Luoma H. Fluoride and mutans streptococci in plaque grown on glass ionomer and composite. *Caries Res.* 1991;25(6):454-58.
180. Benelli E, Serra MC, Rodrigues Jr A, Cury JA. In situ Anticariogenic Potential of Glass Ionomer Cement. *Caries Res.* 1993;27(4):280-84.

181. Svanberg M, Krasse B, Örnerfeldt H-O. Mutans Streptococci in Interproximal Plaque from Amalgam and Glass Ionomer Restorations. *Caries Res.* 1990;24(2):133-36.
182. Berg JH, Farrell J, Brown L. Class II glass ionomer/silver cermet restorations and their effect on interproximal growth of mutans streptococci. *Pediatr Dent* 1990;12(1):20-23.
183. Okuyama K, Murata Y, Pereira P, Miguez P, Komatsu H, Sano H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent* 2006;19(2):123-27.
184. Zafar MS. Effects of surface pre-reacted glass particles on fluoride release of dental restorative materials. *World Appl Sci J* 2013;28(4):457-62.
185. Skoog D, Holler F, West M, Crouch S. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Çeviri: Kılıç E. *Analitik Kimya Temel İlkeleri*, 8. Baskı. Ankara, Bilim Yayıncılık, 2004:45-47
186. Cardwell T, Cattrall R, Hauser P, Hamilton I. Buffer systems for use with the fluoride electrode in flow-injection analysis. *Anal. Chem.* 1987;59(1):206-08.
187. Bansal R, Bansal T. A Comparative Evaluation of the Amount of Fluoride Release and Re-Release after Recharging from Aesthetic Restorative Materials: An in vitro Study. *J Clin Diagn Res* 2015;9(8):Zc11-4.
188. Ophaug R. Determination of fluorine in biological materials: reaction paper. *Adv Dent Res.* 1994;8(1):87-91.
189. Gururaj M, Shetty R, Nayak M, Shetty S, Kumar C. Fluoride releasing and uptake capacities of esthetic restorations. *J Contemp Dent Pract* 2013;14(5):887-91.
190. Arısu HD, Bala O, Üçtaşlı MB, Kalaycı Ş. Cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit rezinlerin florid salma özellikleri. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 2007;24(3):157-61.

191. Gui Y, Zhao X, Li S, Tang L, Gong X. Fluoride release and recharge properties of six restorative materials. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2015;50(1):28-32.
192. Seppä L. Fluoride Release and Effect on Enamel Softening by Fluoride-Treated and Fluoride-Untreated Glass Ionomer Specimens. *Caries Res.* 1994;28(6):406-08.
193. Ghajari MF, Torabzadeh H, Safavi N, Sohrabi A, Ardakani FF. Fluoride release from three glass ionomers after exposure to sodium fluoride and acidulated phosphate fluoride gels. *J. Dent. Res* 2014;11(5):604.
194. Upadhyay S, Rao A, Shenoy R. Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. *J Dent (Tehran)* 2013;10(2):134.
195. Cao D. Fluoride release from glass ionomers, glass iono-mer/resins and composites. *J Dent Res* 1994;73:657.
196. Rao A, Rao A. Fluoride rechargability of a non-resin auto-cured glass ionomer cement from a fluoridated dentifrice: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011;29(3):202-04.
197. Robertello FJ, Coffey JP, Lynde TA, King P. Fluoride release of glass ionomer-based luting cements in vitro. *J Prosthet Dent* 1999;82(2):172-76.
198. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *J. Dent. Res* 2013;10(4):411.
199. Çapan BŞ. Çocuk diş hekimliğinde kullanılan güncel restoratif materyallerden florid salınımı, yeniden yüklenmesi ve antimikrobiyal etkilerinin in vitro olarak incelenmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodonti Anabilim Dalı. Doktora Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, 2015.
200. Carvalho A, Cury J. Fluoride release from some dental materials in different solutions. *Oper. Dent.* 1999;24(1):14.

201. Diaz-Arnold AM, Holmes DC, Wistrom DW, Swift Jr EJ. Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent. Mater. J.* 1995;11(2):96-101.
202. Takahashi K, Emilson C, Birkhed D. Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dent. Mater. J.* 1993;9(6):350-54.
203. Wiltshire WA, van Rensburg SDJ. Fluoride release from four visible light-cured orthodontic adhesive resins. *Am J Orthod Dentofac* 1995;108(3):278-83.
204. Gjorgievska E, Nicholson JW, Gjorgovski I, Iljovska S. Aluminium and fluoride release into artificial saliva from dental restoratives placed in teeth. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19(10):3163-67.
205. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 2003;24(14):2451-61.
206. Verbeeck RM, De Maeyer EA, Marks LA, De Moor RJ, De Witte AM, Trimpeneers LM. Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. *Biomaterials* 1998;19(6):509-19.
207. Tay W, Braden M. Fluoride ion diffusion from polyalkenoate (glass-ionomer) cements. *Biomaterials* 1988;9(5):454-56.

EK-1. ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Sena KIZILASLAN

Doğum Tarihi: 15.07.1993

Doğum Yeri: Yıldırım/BURSA

Akademik Unvanı: Araştırma Görevlisi

İş Telefonu: +0090222 2391303

Cep Telefonu: +90422444116

İş Adresi: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Osmangazi,

Eskişehir

E-postası: senakarslan@gmail.com

Eğitim Bilgileri:

Bursa Anadolu Lisesi (2011)

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2016)

Bildiği Yabancı Diller (Puan ve Yılı): İngilizce, Yökdil – 85 (2020)

Uzmanlık Alanı: Çocuk Diş Hekimliği

Tıpta Uzmanlık Tezi Başlığı ve Danışmanı:

“Farklı Restoratif Materyallerin Flor Salınımının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi”

Danışman: Doç.Dr.Nuray TÜLOĞLU

Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler:

- Türk Pedodonti Derneği
- International Association of Pediatric Dentistry

Aldığı Sertifikalar

Posterior Kompozit Kursu- Prof. Dr. Zafer ÇEHRELİ,21 Mayıs 2017, İstanbul, Türkiye

Yaş Tayini Çalıştayı Temel Eğitimi – Roberto Cameriere, Burçak Çehrelî, Ayşe Gülşahı, 19-21 Temmuz 2018, Ankara, Türkiye

ESERLER

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

A1. Çalışkan S., Delikan E., Kızılaslan S., Evaluation of Occupational Burnout Levels Of Dental Nurses, *J Biotechnol and Strategic Health Res.* 2019;3(3):192-196

A2. Tüloğlu N., Kızılaslan S., Bayrak Ş. Sonik Enerji ile Aktive Edilen Bulk-Fill Kompozit Rezinin Cam İyonomer Esaslı Materyallere Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi, *J Biotechnol and Strategic Health Res.* 2019;3(2):117-121

A3. Delikan E., Çalışkan S., Kızılaslan S., Parenteral Satisfaction After Dental Rehabilitation Under General Anesthesia in Children, *J Biotechnol and Strategic Health Res.* 2019;3(2):100-105

A4. Çalışkan S., Delikan E., Kızılaslan S., Ozbek O., Knowledge of Dental Avulsion Among Emergency Physicians: A Survey Study, *The Journal of Pediatric Research*

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings)

basılan bildiriler:

Sözlü sunumlar

B1. E. DELİKAN, S. KIZILASLAN, and S. ÇALIŞKAN, “Knowledge levels of senior dental students about traumatic dentoalveolar injuries,” presented at the World Congress on Dental Oral Health 2018, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B2. S. ÇALIŞKAN, S. KIZILASLAN, and E. DELİKAN, “Parenteral satisfaction after dental rehabilitation under general anesthesia in children,” presented at the World Congress on Dental Oral Health 2018, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B3. S. ÇALIŞKAN, S. KIZILASLAN, and E. DELİKAN, “Role of the nurses to four handed technique applications in pediatric dentistry,” presented at the World Congress on Nursing Healthcare, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B4. E. DELİKAN, S. KIZILASLAN, and S. ÇALIŞKAN, “Evaluation of occupational burnout levels of dental nurses,” presented at the World Congress on Nursing and Healthcare, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B5. N. TÜLOĞLU, C. AKAY, Ş. BAYRAK, and S. KIZILASLAN, “Effect of different surface treatments and cements on shear bond strength of zirconia ceramic to primary tooth dentine,” presented at the International Association of Paediatric Dentistry Regional Meeting 25th Congress of Turkish Society of Paediatric Dentistry, İstanbul, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B6. S. KIZILASLAN, Ş. BAYRAK, and N. TÜLOĞLU, “Zirkonyum ile Güçlendirilmiş Cam İyonomer Simanın Mikrosertliği,” presented at the Uluslararası Meandros Diş Hekimliği Kongresi -2018, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B7. C. ÖZDEMİR, S. KIZILASLAN, Ş. BAYRAK, N. TÜLOĞLU, and S. ÇALIŞKAN, “Ectopic eruption of first permanent molars a retrospective study,” presented at the International Association of Pediatric Dentistry Regional Meeting, 25th Congress of Turkish Society of Paediatric Dentistry, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B8. Ö. GÖGÇE, S. ÇALIŞKAN, E. DELİKAN, and S. KIZILASLAN, “Dental trauma knowledge of emergency medical doctors a survey study,” presented at the International

Association of Pediatric Dentistry Regional Meeting, 25th Congress of Turkish Society of Paediatric Dentistry, 2018. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B9. C. ÖZDEMİR, S. KIZILASLAN, and S. ÇALIŞKAN, “Süt Molarların Ankilozu Retrospektif Bir Çalışma,” presented at the 26. Uluslararası Türk Pedodonti Derneği Kongresi, 2019 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B10. Ş. BAYRAK, C. AKAY, N. TÜLOĞLU, H. SEVİM, S. KIZILASLAN, "Akrilik Esaslı Materyallere Titanyum Dioksit Nanopartikül İlavesinin Sitotoksik Etkisinin Değerlendirilmesi” presented at the Türk Dişhekimleri Birliği 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi-2019 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B11. S. KIZILASLAN, S. ÇALIŞKAN, “Çocuklarda Kemoterapi ile İlişkili Dental Anomaliler” presented at the Uluslararası Ağız Kanserleri Kongresi-2020 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

Poster sunumları

B12. S. KIZILASLAN, N. TÜLOĞLU, and Ş. BAYRAK, “Sonik enerji ile aktive edilen bulk fill kompozit rezinin cam iyonomer esaslı restoratif materyallere bağlanma dayanımının değerlendirilmesi,” presented at the 24. Türk Pedodonti Derneği Kongresi, 2017. (Özet Bildiri/Poster)

B13. A. ÇALIŞKAN, S. ÇALIŞKAN, S. KIZILASLAN, M. AYDINBELGE, and M. ZORTUK, “Minimal invasive prosthetic rehabilitation of traumatized incisors in adolescence,” presented at the World Congress on Dental Oral Health 2018, 2018. (Özet Bildiri/Poster)

C. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler:

C1. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar:

C2. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

**C2. S. KIZILASLAN, S. ÇALIŞKAN , İnfantil Beslenme INSAC KONGRE 2020 /
Mart International Academic Studies on Natural and Health Sciences**

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Projeler

Beyaz Dişler - White Teeth (TR-12-E297-2013-R2)

**B. MÜEZZİNOĞLU, U.C. KEMEÇ, Ş.SARI, B. BİLECENOĞLU,S., M. S. KESKİN, O.
CENGİZ,S.ŞEN (01.01.2013 -01.01.2014)**

EK-2. BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ ONAY BELGESİ



T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı



Sayı : 61690618-604.99-E.107400
Konu : Yönetim Kurulu Kararı 2019-8

25/09/2019

Sayın Doç.Dr. Nuray TÜLOĞLU
Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na önermiş olduğunuz "Farklı Restoratif Materyallerin Flor Salınımının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi" konulu proje öneriniz ile ilgili olarak Komisyonumuzun 20.09.2019 tarih ve 8 sayılı toplantısında alınan karar örneği uygun görülerek ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Üyesi Doç. Dr. Nuray
Tüloğlu" konulu "A1"
proje yürütücüsüne
10.09.2019-20.09.2020

Prof. Dr. Ali ARSLANTAŞ
Rektör a.
Rektör Yardımcısı

Ek: 1 Adet Karar Örneği

İĞLU

Bu evrak 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na göre elektronik olarak imzalanmıştır. Evrak doğrultusunda adresi:
<https://ebysnetm.ogu.edu.tr/Home/Doğrulama?id517b78-1249-462d-b763-287f05106623>

Adres	Mescik Kampüsü PK:26489 Odunpazarı	Ayrıntılı Bilgi	Beştil SEZEN - Bilgisayar İşlemci
Telefon	0 222 2391771-5076	Faks	0 222 2394486
E-Posta	ogsbay@ogu.edu.tr	Elektronik Ağ	http://bap.ogu.edu.tr/
		KEP Adresi	esk.osmangaziunivsk2/ba01.kap.tr

Prof. Dr. Ali ARSLANTAŞ
Rektör a.
Rektör Yardımcısı

