

## Çocuk Diş Hekimliğinde Fluorid Salınımı Yapan Güncel Restoratif Materyaller

### Current Fluoride-releasing Restorative Materials Used in Pediatric Dentistry

Belen Şirinoğlu Çapan, Serap Akyüz

Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

#### Öz

Restoratif dental materyallerden salınan florür demineralizasyonu önleyici, remineralizasyonu arttırıcı etkisinin yanında antibakteriyel etki de göstererek ikincil çürük oluşumunu engellemektedir. Günümüzde florür salımı yapan dental materyallerin çocuk diş hekimliğinde kullanımı önem kazanmıştır. Bu materyaller arasında, geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS) (yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar ve sermet simanlar), rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMÇİS), nano-iyonmer simanlar, kompomerler, cam karbomerler, giomerler ve florür içeren kompozit rezinler bulunmaktadır. Bu makalede çocuk diş hekimliğinde florür salımı yapan restoratif dental materyaller güncel literatür ışığında incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Cam karbomer, çocuk diş hekimliği, florür

#### Abstract

Fluoride released from restorative materials decreases demineralization, increases remineralization, and inhibits secondary caries with its antibacterial effect. The use of fluoride-releasing dental materials in pediatric dentistry has currently gained importance. Conventional glass ionomer cements (high-viscosity glass and cermet ionomer cements), resin-modified glass ionomer cements, nano-ionomer cements, compomers, glass carbomers, giomers and fluoride-containing composites are among the fluoride-releasing dental materials. In this study, fluoride-releasing properties of restorative dental materials used in pediatric dentistry were reviewed with respect to the current literature.

**Keywords:** Glass carbomer, pediatric dentistry, fluoride

#### GİRİŞ

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerdeki gelişmeler, hekimlerin çürüğü uzaklaştırmada daha konservatif yaklaşmasına olanak sağlamaktadır. Doku koruyucu yaklaşım sonucunda diş yüzeyinde daha fazla enfekte doku ve mikroorganizma bırakılmaktadır. Bu durum florür salma özelliği ile remineralizasyonu arttıran ve antibakteriyel etki gösteren materyallerin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Böylece materyaller ikincil çürük oluşumunu engelleyecek ve mikrosızıntıyı azaltacaktır (1).

Florür iyonunun diş hekimliği açısından önemi Avrupa'da ilk kez ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru belirlenmiş ve çalışmalarla kanıtlanmıştır. Florürün çürük önleyici etkisi üç yolla gerçekleşir (2):

1. Demineralizasyonu önleyici etki
2. Remineralizasyonu arttırıcı etki
3. Antibakteriyel etki

Ağız ortamının pH'sı düştüğünde mine yüzeyinden  $Ca^{+2}$  ve  $PO_{4+3}$  uzaklaşarak dişte demineralizasyonu başlatır. Tükürükte ve diş sert dokuları çevresinde az miktarda ve sürekli olarak bulunan florür ortamın pH'sı azaldığında floropatit olarak minede birikir ve minenin çözünürlüğünü azaltarak, demineralizasyonu önler. Asidik etki ortadan kalkınca  $Ca^{+2}$  ve  $PO_{4+3}$  tekrar diş yüzeyine geri döner, bu da remineralizasyondur. Florür, remineralizasyonu sağlamakta katalizör görevi görür. Minenin mineral yapısına katılarak hidroksiapatiti, çözmeye daha dirençli olan floropatite dönüştürür. Böylece minenin aside direnci artar ve remineralizasyon sağlanarak diş çürüğünün ilerlemesi durdurulur. Florür ayrıca bakteriyel enzimleri inhibe ederek bakteriyel asit oluşumunu önler. Böylece bakterilerden kaynaklanan asitlerin neden olduğu erken dönem diş çürüklerinin önlenmesini sağlar (3, 4). Florürün bu etkilerinden dolayı günümüzde florür salan dental materyallerin çocuk diş hekimliğinde kullanımı önem kazanmıştır.

Materyallerden florür salımının üç ayrı mekanizma ile gerçekleştiği bildirilmektedir. Bunlar yüzeyden yıkanma, gözenek ve çatlaklardan difüzyon ve hacimden difüzyon olarak sıralanmaktadır. Materyalin sertleşmesinden bir gün sonra oluşan ve yeniden florürle yüklenmesinden bir gün sonra görülen en yüksek düzeydeki florür salımının yüzeyden yıkanma şeklinde olduğu bildirilmektedir. Gözenek ve çatlaklardan difüzyon yolu ile oluşan salım ise, daha az ancak daha sabit düzeyde ve ilk günden sonraki günlerde gözlemlendiği belirtilmektedir.

Sorumlu Yazar/Correspondence Author: Belen Şirinoğlu E-posta/E-mail: belens90@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 10.11.2015 Kabul Tarihi/Accepted: 27.11.2015 DOI: 10.5152/clinexphealthsci.2016.0055

©Telif Hakkı 2016 Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü - Makale metnine www.clinexphealthsci.com web sayfasından ulaşılabilir  
©Copyright by 2016 Journal of Marmara University Institute of Health Sciences - Available online at www.clinexphealthsci.com

tedir. Hacimden difüzyonun ise, örneklerin olgunlaşması sürecinde gerçekleştiği ve uzun dönem sürekliliği olan bir salım olduğu bildirilmektedir (5, 6).

Günümüzde kullanılan pek çok restoratif materyal çevre diş dokularına ve ağız ortamına florür salmaktadır. Bunlar arasında, geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS) (yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar ve sermet simanlar), rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), nano-iyonomer simanlar, kompomerler, cam karbomerler, giomerler ve florür içeren kompozit rezinler sayılabilir. Bu materyaller; tükürük, plak ve sert dental dokulardaki florür seviyesini arttırmak amacıyla bir florür deposu gibi davranır ve ikincil çürük oluşumunu engeller. Ancak florür salım ve yeniden yüklenme özellikleri farklılık gösterir. Florür salımı yapabilen bir materyalin çürük önleyici etkisi florür salım miktarına ve salım süresine bağlıdır (7).

Çocuk Diş Hekimliği'nde kullanılan güncel restoratif materyallerin florür salımına etki eden bazı faktörleri vardır. Bunlar, sırasıyla materyalin cinsi, içerdiği florür miktarı, sertleşme mekanizması, yüzey porözitesi, materyali saklama ortamı, tükürüğün bileşenleri ve pH'sı, yüzey kaplaması, materyalin toz/likit oranı, materyalin yüzey alanı, karıştırma ve ışınlama süresidir (8, 9).

Bu materyallerden salınan florür zamanla azaldığından, materyalleri florür prepratları ile (diş macunu, florür jel ve vernikleri) yeniden yükleyerek florür salımını arttırmak amaçlanmıştır. Restoratif materyallerin florür deposu gibi davranabilmesi, materyalin tipine ve geçirgenliğine, içeriğindeki florür miktarına, ortamın pH'sına, topikal florür uygulanma sıklığına ve florür ajanının çeşidi ve konsantrasyonuna bağlıdır (8, 10). Geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS), rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), kompomerler ve giomerler yeniden yüklenerek çevreden florür alabilir, kaybettikleri florürü yerine koyabilirler. Ancak kompozit rezinler yeniden yüklenme özelliği göstermemektedir. Genel olarak bir materyalin başlangıç florür salımı ne kadar yüksek ise yeniden yüklenme kapasitesi de o kadar yüksektir (11).

### Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar ilk kez 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından tanıtıldı (12). Bu simanlar, silikat simanların florür salımı ve saydamlık özellikleri ile polikarboksilat simanların diş dokularına kimyasal adezyon ve biyolojik uyum özellikleri birleştirilerek elde edildi (13).

Cam iyonomer simanlar, paslanmaz çelik kron, ortodontik bant ve braketlerin yapıştırılmasında, süt dişi restorasyonlarında, sürekli dişlerinin V. sınıf restorasyonlarında, kaide ve kor materyali, fissür örtücü ve geçici dolgu materyali olarak kullanılır. Ayrıca restorasyon tamirinde, Atravmatik Restoratif Tedavi (ART)'de İnterim Terapötik Restorasyon materyali olarak ve tünel kavite restorasyonlarında da kullanımı önerilir (14, 15).

Mine ve dentine kimyasal olarak bağlanma, uzun süreli florür salımı yapma ve yeniden yüklenme, diş yapısına uyumlu ısıl genişleme, kariostatik etki ve biyoyumluluk özellikleri avantajlardır. Ancak erken dönemde neme, sertleşme sırasında ise dehidratasyona karşı hassasiyet göstermesi, kırılma dayanımı ve aşınma direncinin düşük olması, materyali işlemenin zorluğu ve estetiğinin iyi olmaması gibi dezavantajları da vardır (16).

Cam iyonomer simanların zayıf özelliklerini geliştirmek amacıyla zaman içerisinde içeriklerinde değişiklikler yapılmıştır. 1994 yılında Mc-

Lean ve ark. (17) cam iyonomer simanları sertleşme reaksiyonlarına göre 3 sınıf altında topladılar:

1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar
2. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar
3. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler (kompomer)

### Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanlar, camla güçlendirilmiş doldurucu partiküllerin, iyonlar ile çapraz bağlanmış polimer matriksleri çevrelemesinden oluşur. Geleneksel cam iyonomer simanların tozunu flo-roalüminosilikat cam partikülleri oluşturur. Tozunda yüksek oranda kalsiyum, florür, alüminyum ve silika bulunurken, likidini poliakrilik, tartarik ve itakonik asit oluşturur (18).

Geleneksel cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonu bir asit-baz reaksiyonudur. Asidik likit solüsyon silikat cam partiküllerinin çevresindeki kısımları çözer ve bunun sonucunda kalsiyum, alüminyum, florür, silikon ve diğer iyonlar salınır. Kalsiyum iyonlarının, iyonize karboksil yan gruplar tarafından hızlıca şelasyona uğraması ile poliakrilik asit polimer zincirinde çapraz bağlar oluşur. Sonraki 24-72 saatte, kalsiyum iyonlarının yerini, daha yavaş reaksiyona giren alüminyum iyonları alır ve daha fazla çapraz bağ içeren mekanik olarak daha güçlü bir matriks oluşur (9, 18).

Uzun süreli florür salma özellikleri nedeniyle geleneksel cam iyonomer simanların çürük önleyici etkileri olduğu kabul edilmiştir. İlk 24 saat içerisindeki yüksek florür salımı, sertleşme reaksiyonu sırasında cam partiküllerinin polialkenoik asit ile tepkimeye girmesi sonucunda meydana gelen bir patlama etkisidir ("burst effect"). Başlangıçta görülen yüksek florür salımı 24-72 saat sonra hızlıca azalır, 10-20 gün içinde sabit bir düzeye yaklaşır ve simanların içeriğindeki florür birkaç ay içinde oldukça hızlı bir şekilde tüketilir (8, 19). Zamanla florür salımında düşüş olması materyalin sekonder çürük oluşumunu önleme kabiliyetini azaltır, çünkü düşük dozlarda salınan florür, çürük önleyici etki için yeterli değildir (20). Ancak geleneksel cam iyonomer simanlar, konsantrasyon gradyanına bağlı olarak çevreden florür alabilme kapasitesine sahiptir. Bu nedenle bu simanlar florür deposu olarak kabul edilirler (19).

Literatürdeki birçok çalışma geleneksel cam iyonomer simanlardaki florür salımının diğer materyallerden yüksek olduğunu göstermiştir (8, 19, 20). GCİS, RMCİS ve bir nanoiyonomer simanın florür salımlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, en yüksek florür salımı GCİS'te gözlenmiştir (21). Fallahinejad-Ghajari ve ark. (22) yaptıkları çalışmalarında florür salan materyallerden en çok salımın geleneksel cam iyonomer simandan, en az salımın ise florür içeren kompozitlerden olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde florür ile yeniden yükleme sonrasında da en yüksek salım GCİS'te görülmüştür. Tüm materyallerde florürle yüklenme sonrası ilk 24 saatte salım en yüksek seviyede ölçülmüştür (22).

Cao ve ark. (23) da 13 farklı materyal üzerinde yaptıkları çalışmalarında, en fazla florür salımının, geleneksel cam iyonomer simanlarından olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, florür salımının, hibrid iyonomerlerde orta düzeyde; kompozit rezinlerde ise en düşük düzeyde olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, bu materyallerden florür salımının başlangıçta oranla giderek azaldığını ve haftalar boyunca yavaş düşüşle devam ettiğini bildirmişlerdir (23). Arbabzadeh-Zavareh ve ark. (20), ve Rao ve ark. (24) da GCİS ve RMCİS'leri karşılaştırdıkları

çalışmalarında en yüksek florür salımının geleneksel cam iyonomer simanlardan olduğunu bildirmişlerdir.

#### a. Cam İyonomer Sermet Simanlar

Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi için bu simanlara metal tozları (amalgam, gümüş altın) eklenmiş ve Sermet Siman adı verilmiştir. Ketac-Silver (ESPE, Seefeld, Germany), Hi-Dense (SHOFU, Ratingen, Germany) ve Miracle Mix (GC; Corporation, Tokyo, Japan) isimli ürünler bu özellikteki materyallerdir (19, 25).

Geleneksel cam iyonomer simanlara gümüş eklenmesi, simanın aşınma direncini ve radyoopasitesini artırır. Sermet simanların biyoyumu, mine ve dentine adezyonu geleneksel cam iyonomerlere benzerdir (19).

Metalle güçlendirilmiş cam iyonomer simanlarda florür salımı geleneksel cam iyonomerlere oranla daha düşüktür (8). Bu durum materyale eklenen gümüşün veya gümüş florürün, florür iyonlarını bağlaması ve böylece florür salımını engellemesi ile açıklanabilir. Buna karşılık biyoaktif cam veya kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat içeren cam iyonomerlerin florür salımının geleneksel cam iyonomerlere kıyasla daha yüksek olduğu düşünülmektedir (26, 27).

Geleneksel cam iyonomer simanlara seramik ilave edilmesi ise materyalin mikrosertliğini ve radyoopasitesini arttırmıştır. Son dönemde GCİS'e seramik ilave edilerek Amalgomer CR (Advanced Health, UK) isimli bir materyal tanıtılmıştır. Bu ürün diş dokusuna kimyasal olarak bağlanan, florür salımı yapan ve estetik özellikleri geliştirilmiş bir materyaldir. ART restorasyonlarda kullanılması önerilir (28, 29).

Bahadure ve ark. (30) Amalgomer CR, Fuji II, Fuji IX, Beautiful II ve Dyract extra materyallerinin florür salımlarını farklı ortamlarda karşılaştırdıkları çalışmalarında, her ortamda en yüksek florür salımını Amalgomer CR'in yaptığını belirtmişlerdir. Bunu Fuji II takip etmiştir. En yüksek salımın Amalgomer CR'da görülmesinin seramik partiküllerinden kaynaklandığını düşünmüşlerdir.

#### b. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların neme karşı duyarlılığını azaltmak ve aşınma direncini arttırmak amacıyla çeşitli modifikasyonlar yapılarak yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar piyasaya sürülmüştür. Bu simanlara "kondanse edilebilen cam iyonomer simanlar" adı verilir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, GCİS'lerin toz/likit oranının artırılması, tozuna poliakrilik asit eklenmesi ve partikül boyutunun değiştirilmesi ile elde edilmiştir (25, 31).

Sertleşme mekanizmaları GCİS'ler ile aynı olup, rezin modifiye cam iyonomer simanlara benzer özelliklere sahiptir. Sertleşmesi hızlı, nem hassasiyeti önemli ölçüde azaltılmış ve ağız sıvılarındaki çözünürlüğü oldukça düşüktür. Sertleşme reaksiyonları hızlı tamamlandığından, erken dönemde suya maruz kaldıklarında fiziksel özellikleri olumsuz yönde etkilenmez. Aşınma direnci ve basma dayanımı GCİS'lere göre artmıştır. Florür salımları ve biyoyumlulukları ise GCİS'e benzerlik gösterir (25).

Mousavinasab ve Meyers (32), yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, kompomer ve giomerin florür salımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, en yüksek salımın yüksek viskoziteli cam iyonomer simanda olduğunu, giomerin ise kompomerden daha düşük florür salımı gösterdiğini belirtmişlerdir. Dionysopoulos ve ark. (10) yüksek vis-

koziteli cam iyonomer siman, nano iyonomer, kompomer ve giomer materyalinin florür salımlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada da en yüksek florür salımı yüksek viskoziteli cam iyonomerde gözlenirken, bunu sırasıyla nano-iyonomer, kompomer ve giomer izlemiştir.

Benzer şekilde, Shiozawa ve ark. (33) yaptıkları çalışmada Fuji IX GP Extra, Glaslonomer FX-II, Ketac Molar Easymix ve Riva Self Cure materyallerinin bir yıllık florür salımlarını karşılaştırmışlar ve en yüksek florür salımının Fuji IX GP Extra'dan olduğunu bildirmişlerdir.

#### Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanların nem hassasiyeti ve düşük mekanik kuvvet problemlerinin çözümlenmesi için 1980'lerin sonlarında üretilmiştir (19). Geleneksel cam iyonomer simanların içeriğindeki poliakrilik asite rezin (hidrosietil metakrilat (HEMA) veya bisfenol glisil metakrilat (Bis-GMA)) eklenerek rezin modifiye cam iyonomer simanlar elde edilmiştir. İçeriği esas olarak %80 cam iyonomer siman, %20 rezindir. Fuji II LC ve Ionolux isimli ürünler rezin modifiye cam iyonomer simanlara verilebilecek örneklerdir (34).

İçeriğe rezin bileşenin eklenmesi ile sertleşme sırasındaki temel asit-baz reaksiyonuna ikincil bir polimerizasyon reaksiyonu eklenmiştir. Bu ikincil polimerizasyon ışık ile aktive edilir. Işıkla polimerizasyon sonucunda bir matriks oluşur ve bu matrikste asit-baz reaksiyonu devam ederek, materyalin daha iyi sertleşmesini ve direncinin daha yüksek olmasını sağlar (25, 34). RMCİS'ler, GCİS'lere göre daha iyi adaptasyon, adezyon ve estetiğe sahiptir. Buna ek olarak RMCİS'ler cam iyonomerin asil avantajlarını da kaybetmemiştir. Bunlar; florür salımı ve yeniden yüklenme, biyoyumluluk, dişe uyumlu termal genleşme ve diş dokusuna fizikokimyasal bağlanma özellikleridir (9).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar genellikle GCİS'ler kadar florür salım potansiyeline sahiptir. Ancak florür salımları sadece florür bileşikleri ve onların poliakrilik asit ile olan etkileşiminden değil, aynı zamanda fotokimyasal polimerizasyon reaksiyonu için içerdikleri rezinin tipi ve miktarından da etkilenmektedir (35).

Literatürdeki bazı çalışmalarda en fazla florür salımı rezin modifiye cam iyonomerlerde gözlenirken, en az florür salımı ise kompomerlerde bulunmuştur. Birçok araştırma en yüksek salımın ilk 24 saatte olduğunu ve materyallerden salınan florürün hızlıca sabit bir seviyeye düştüğünü göstermiştir (9, 25, 36).

Rothwell ve ark. (37) bir geleneksel cam iyonomer siman, iki rezin modifiye cam iyonomer siman ve bir kompomerin diş macunu uygulaması öncesi ve sonrasındaki florür salımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre en fazla florür salımı rezin modifiye cam iyonomer simanlarda gözlenmiştir. Diş macunu uygulamasından sonra tüm materyallerin florür salımları artmış ancak üç gün içerisinde tekrar başlangıç seviyesine inmiştir. Selimovic-Dragas ve ark. (36) GCİS ve RMCİS'lerin florür salımını karşılaştırdıkları çalışmalarında, RMCİS'lerden florür salımının tüm ölçüm zamanlarında GCİS'lerden daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

#### Nano Özellikli Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (Nano-iyonomer)

Dental materyaller alanındaki en önemli gelişmelerden birisi nanoteknolojinin kompozit rezinlere uygulanmasıdır. Nano özellikli

materyaller, düşük büzülme gösteren ve adeziv uygulanmış kavite duvarlarına iyi adaptasyonları ile karakterizedir. Buna bağlı olarak, bu materyallerin uzun dönem klinik performanslarının da daha iyi olduğu bildirilmektedir (38).

Günümüzde yeni RMCİS olarak Ketac N100 (3M-ESPE; Seefeld, Germany) kullanıma sunulmuştur. Bu materyal ışıkla sertleşen bir nano-iyonomerdir. Üretici firma Ketac N100 materyalinin iyi florür salımı yaptığını ve florür ile yeniden yüklenebildiğini bildirmektedir (38, 39).

Neelakantan ve ark. (40) yaptıkları çalışmada nano-iyonomer, GCİS, RMCİS, kompomer ve florür salan kompozitin florür salımlarını 7 gün boyunca değerlendirmişlerdir. İlk 3 gün en yüksek salım GCİS'te gözlenirken, sonraki günlerde en yüksek salımı nano-iyonomer yapmıştır. En düşük florür salımı kompomer ve florür salan kompozitte gözlenmiştir.

Bir başka çalışmada Fuji Triage (FT), Fuji II LC (FII), Fuji VIII (FVIII), Fuji IX GP (FIX) ve Ketac N100 (KN) materyallerinin florür salımları karşılaştırılmıştır. En yüksek florür salımını FT yapmıştır. Bunu sırasıyla FVIII, FIX, KN ve FII takip etmiştir (16).

Upadhyay ve ark. (21) bir nano-iyonomer, bir GCİS ve bir RMCİS simanın florür salımlarını 30 günlük periyotta karşılaştırmışlardır. Başlangıçta en yüksek florür salımı GCİS'te gözlenirken, 30 günün sonunda en yüksek salım değeri RMCİS'te kaydedilmiştir. Nano-iyonomer ise tüm periyot boyunca en düşük salımı göstermiştir. Bu çalışmalar ışığında nano-iyonomer simanların florür salımının GCİS simanlara oranla daha düşük olduğu söylenebilir.

#### **Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomerler)**

Poliasit modifiye kompozit rezinler, ilk olarak 1990'ların başlarında cam iyonomer simanların florür salma özelliği ile geleneksel kompozit rezinlerin estetiğini birleştiren yeni bir grup dental materyal olarak tanıtılmıştır. Poliasit modifiye kompozit rezinler, kompomerler olarak da adlandırılır. Yapısı %30 CİS, %70 kompozit rezin oluşturur (41). Piyasada bulunan Dyract XP (DENTSPLY, York, ABD), Compoglass (Ivoclar Vivadent, Zürih, İsviçre) ve F2000 (3M, Ontario, Canada) isimli ürünler kompomerlere örnek olarak verilebilir.

Poliasit-modifiye kompozit rezinler; esasen rezin (üretan dimetakrilat, HEMA ve bütan tetra karboksilik asit) ve asit monomerden oluşur. Kompomerlerin sertleşme reaksiyonu geleneksel kompozitlere benzer şekilde bir ilave polimerizasyon reaksiyonudur (42). Işık ile polimerizasyonu takiben, kompozit rezinde olduğu gibi monomerler arasında çapraz bağlantılar meydana gelir ve materyalin ilk sertleşme reaksiyonu gerçekleşir. Sertleşen materyalin ağız ortamı (nem) ile temas etmesi sonucu, materyal içine su emilimi başlar. Bu reaktif cam doldurucular ile fonksiyonel monomerin asit grupları arasında asit-baz reaksiyonu oluşmasını tetikler ve cam doldurucudan matrikse florür salımı gerçekleşir (41, 42).

Kompomerlerde florür, matriksten kolayca ağız içine salınarak anti-karyojenik bir ajan gibi davranır. Kompomerlerde tuz matriksi, hidrojel oluşmadığı florür iyonu salımları sınırlıdır. Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomerler simanların aksine kompomerler başlangıç patlama etkisi göstermezler (40).

Yapılan çalışmalarda, kompomerlerden salınan florür miktarı geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomere oranla daha düşük bu-

lanmıştır. Aradaki bu farkın kompomerler ışınlandıktan sonra, su ile temas etmeden, kompomer içerisindeki florürün doldurucu partiküllere bağlanmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (6, 8, 43).

Helvatjoglu-Antoniades ve ark. (44), dört geleneksel cam iyonomer siman (Miracle-Mix, Fuji iyonomer type III, Fuji II LC, Ketac-Molar), bir kaide materyali (Ketac Cem), bir kompomer (Compoglass Flow), iki fissür örtücü (Fissurit F, Heliocem F) ve bir kompozit rezin (Tetric) materyallerinin florür salım değerlerini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, çalışma grubundaki tüm materyallerden florür salımının gerçekleştiğini ve florür salım sırasının yüksekte düşüğe doğru; geleneksel cam iyonomer simanlar, kompomer, fissür örtücüler ve kompozit rezin materyalleri şeklinde olduğunu bildirmişlerdir (44).

#### **Giomerler**

Giomerler yeni geliştirilmiş hibrit restoratif materyallerdir. "Cam iyonomer" ve "kompozit" materyallerinin özelliklerinin birleşiminden meydana gelir. Hem cam iyonomer simanın florür salım ve yeniden yüklenme özelliklerine, hem de rezin kompozitin estetik, biyouyumluluk ve cilalanabilme özelliklerine sahiptir. Resin matriksi içerisine önceden reaksiyona girmiş cam doldurucular (Pre-Reacted Glass Ionomer Fillers – PRG) eklenmesi ile oluşturulur. Reactmer (SHOFU, Ratingen, Germany) ve Beautifil II (SHOFU, Ratingen, Germany) isimli piyasadaki ürünler giomerlere örnektir (45).

Giomerler, kompomere benzer şekilde ışıkla polimerize olur ve diş yüzeyine bağlanmaları için bağlayıcı sistemler kullanılır. Giomerlerde fluoroalümina silikat cam, cam iyonomer matriks yapısını oluşturabilmek için poliasit ile önceden reaksiyona girer ve sonra rezin ile karışır. Asit-baz reaksiyonu bu materyalde rezin ile birleşme öncesinde gerçekleşir. PRG doldurucuların kullanımı, önceden reaksiyona girmiş hidrojel içerisinde iyon değişimi ile hızlı florür salımının gerçekleşmesini sağlar. Bu durum giomeri florür salımı yapan rezin esaslı restoratif materyallerden farklı kılar (46).

Ortamda florür salımı devam ettiği sürece PRG doldurucuların florürü geri alım özelliklerinin bulunduğu belirtilmektedir. Diğer rezin içerikli restoratif materyallere benzer şekilde, PRG doldurucularına florürün yeniden yüklenmesi, dışarıdan devamlı bir florür kaynağına maruz kalmadıkça geçici olacaktır (11, 47).

Diş hekimliği kliniğinde giomerler, kök çürüğü restorasyonlarında, servikal lezyonlarda, sınıf I, II, III, IV ve V kavitelere ve süt dişi restorasyonlarında kullanılmaktadır (11).

Giomerlerde de kompomerler gibi başlangıç patlama etkisi görülmez. Yapılan bir çalışmada giomerlerden salınan florür miktarı kompozit ve kompomerden yüksek, ancak cam iyonomer simanlardan düşük bulunmuştur (47).

Mungara ve ark. (7) giomer ve nano-iyonomer materyalin florür salımlarını inceledikleri çalışmalarında, nano-iyonomerin giomerden daha fazla florür salımı yaptığını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada her iki materyalin de yeniden yükleme sonrası florür salımlarının arttığını, ancak nano-iyonomerin yeniden yükleme sonrası salımının giomerden daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Jigarwar ve ark. (48) da yaptıkları çalışmalarında, Fuji II, Ketac N100 ve Beautifil II materyallerinin florür salımlarını 1., 7. ve 15. günlerde değerlendirmişlerdir. Birinci ve 7. günde en yüksek salım Fuji II'de gözlenirken, 15. günde en yüksek salım Ketac N100'de kaydedilmiştir. Tüm zamanlarda en düşük florür salımı Beautifil II'de görülmüştür.

### Cam Karbomerler

Son dönemde piyasaya çıkan cam karbomerler karbomize nano partiküller içeren cam iyonomer yapıda simanlardır. Ancak nano boyutlu toz partikülleri ve floroapatit içermesi ile cam iyonomer simanlardan ayrılır. Nanopartikül teknolojisi ile mine benzeri yapı oluşturulmak istenmiştir. Bu partiküller çözünürlüğü düşürürken, baskı direncini ve bükülme kuvvetini artırır (49). GCP Glass Fill (GCP, Netherlands) isimli ürün cam karbomere örnektir.

Cam karbomerin sertleşme reaksiyonu cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonuna benzer. Kalsiyum floroapatit nano-kristalleri remineralizasyon sürecinin merkezi olarak davranır ve floroapatit oluşumunu başlatır. Cam karbomerdeki cam partikülleri cam iyonomer simanlara oranla oldukça ince partikül boyutuna sahiptir. Nano boyutlu partiküller temas yüzeyinin artmasını sağlayarak, cam karbomerin likiti (poliakrilik asit) ile temasa geçtiklerinde materyalin daha kolay sertleşmesine ve daha hızlı remineralizasyon etkisi göstermesine yardımcı olur. Bu partikül boyutunun çözünmede ve floroapatite dönüşümde etkili olduğu düşünülmektedir (24, 50).

Nanopartiküllerin eklenmesi materyalin mekanik özelliklerini geliştirir. GCİS ve RMCİS ile karşılaştırıldığında daha uzun çalışma zamanına sahiptir, daha hızlı sertleşir, estetik başarısı ve translusentliği daha iyidir, aşınma direnci ve kırılma kuvveti daha fazladır. Florür salım ve yeniden yüklenme özellikleri vardır. Cam karbomerler; rezin, monomer, metal ve Bisfenol-A içermez (51).

Klinik endikasyonları cam iyonomer simanlara benzer olup; süt ve daimi dişlerdeki sınıf I ve sınıf II kaviterlerde restorasyon materyali olarak, fissür örtücü, kron ve köprü restorasyonlarının tamirinde, servikal dolgularda, sınıf V kaviterlerde ve kron/köprü yapıştırma simanı olarak kullanılmaktadır (52).

Chen ve ark. (53), cam karbomer bazlı fissür örtücü, cam iyonomer bazlı fissür örtücü ve rezin bazlı fissür örtücünün çürük önleyici etkilerini *in vivo* olarak 6 ay, 1 yıl ve 2 yıllık sürelerde incelemişlerdir. İki yılın sonunda cam karbomer bazlı fissür örtücü en düşük retansiyon göstermiştir. Buna karşılık Gorseta ve ark. (54) Heliocel F ve cam karbomer fissür örtücülerin retansiyonlarını bir yıllık takip sonrası değerlendirdikleri çalışmalarında, iki materyal arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Çehrel ve ark. (55) ise GCİS, cam karbomer ve kompomerin mikrosızıntılarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, en fazla mikrosızıntıyı cam karbomer simanın yaptığını saptamışlardır. Ancak literatürde cam karbomer simanın florür salımının diğer materyaller ile karşılaştırıldığı bir çalışmaya raslanmamıştır.

### Florür İçeren Kompozit Reziner

Kompozit rezinler organik polimer faz (matris), inorganik faz (doldurucu partikül içeren dağılan faz) ve iki fazı birbirine bağlayan ara faz (bağlayıcı ajan) olmak üzere üç ayrı fazdan oluşurlar. Bis-GMA, üretilen di-metakrilat gibi büyük organik monomerler ve tri-etilen glikol di-metakrilat (TEGDMA) gibi düşük viskoziteli monomerler içerirler. İçeriklerinde farklı partikül boyutlarındaki inert doldurucular bulunur. Bunlar organik matrisle bağlanır. Kompozit rezinler ışık ile polimerize olurlar (52).

Kompozit rezinler florür salmazlar. Ancak son zamanlarda florür bileşikler eklenmiş kompozitler üretilmektedir. Resin kompozitler florüdi inorganik tuzlar, salınabilen camlar halinde veya organik florür olarak içerebilirler. Doldurucu yapısına kalsiyum florür eklenen kom-

pozitlerin yüksek oranda florür salımı gerçekleştirdiği ve mekanik özelliklerinin yeterli olduğu gösterilmiştir (8, 56). Ariston pHc (Vivadent, Lichtenstein), Tetric Ceram (Vivadent, Lichtenstein) ve Charisma F (Kulzer, Germany) isimli piyasadaki ürünler florür salan kompozit rezinlere örnektir.

Uzun dönem çalışmalarda, kompozitlerin, GCİS'den, RMCİS'den ve kompomerden daha düşük oranda florür salımı yaptıkları saptanmıştır (8, 57).

### SONUÇ

Günümüzde daha konservatif kavite preparasyonlarının tercih edilmesi, çocuk diş hekimliğinde florür salan dental materyallerin kullanımını arttırmıştır. Materyallerin florür salımı ve yeniden yüklenme özelliklerinin ikincil çürük oluşumunu azalttığı literatürdeki birçok araştırma ile kanıtlanmıştır. Yeni piyasaya sürülen cam karbomer, amalgomer ve giomerin florür salımları ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu materyallerin etkilerini daha iyi anlayabilmek amacıyla daha çok çalışma yapılması gerekmektedir. Diş hekimlerinin restorasyonlarda kullanacakları materyali seçerken materyal hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış Bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir - S.A.; Tasarım - S.A.; Denetleme - S.A.; Kaynaklar - B.Ş.Ç.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - B.Ş.Ç.; Analiz ve/veya Yorum - S.A.; Literatür taraması - B.Ş.Ç.; Yazıyı Yazan - B.Ş.Ç.; Eleştirel İnceleme - S.A.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author contributions:** Concept - S.A.; Design - S.A. Supervision - S.A.; Resource - B.Ş.Ç.; Data Collection&/or Processing - B.Ş.Ç.; Analysis&/or Interpretation - S.A.; Literature Search - B.Ş.Ç.; Writing - B.Ş.Ç.; Critical Reviews - S.A.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the authors.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

### KAYNAKLAR

1. Farrugia C, Camilleri J. Antimicrobial properties of conventional restorative filling materials and advances in antimicrobial properties of composite resins and glass ionomer cements-A literature review. Dent Mater 2015; 31: 89-99. [CrossRef]
2. Dean JA, Avery DR, McDonald RE. McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. Ninth edit. 2011, Missouri, Mosby Elsevier Inc. pp. 192-201.
3. Alexander SA, Ripa LW. Effects of Self-Applied Topical Fluoride Preparations in Orthodontic Patients. Angle Orthod 2000; 70: 424-30.
4. Dionysopoulou D. The effect of fluoride-releasing restorative materials on inhibition of secondary caries formation. Fluoride 2014; 47: 258-65.
5. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. Biomaterials 1998; 19: 503-8. [CrossRef]
6. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Pataridou A. Fluoride release and uptake by four new fluoride releasing restorative materials. J Oral Rehabil 2003; 30: 866-72. [CrossRef]
7. Mungara J, Philip J, Joseph E, Rajendran S, Elangovan A, Selvaraju G. Comparative evaluation of fluoride release and recharge of pre-reacted glass ionomer composite and nano-ionomeric glass ionomer with daily

- fluoride exposure: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2013; 31: 234-9. [\[CrossRef\]](#)
8. 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* 2007; 23: 343-62. [\[CrossRef\]](#)
  9. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J (Isfahan)* 2013; 10: 411-20.
  10. Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E, Helvatzoglu-Antoniades M, Kotsanos N., Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dent Mater* 2013; 32: 296-304. [\[CrossRef\]](#)
  11. Dhull KS, Nandlal B. Effect of low-concentration daily topical fluoride application on fluoride release of giomer and compomer: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011; 29: 39-45. [\[CrossRef\]](#)
  12. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. *Br Dent J* 1972; 132: 133-5. [\[CrossRef\]](#)
  13. Kaya T, Tirali RE. Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2013; Suppl 7: 71-7.
  14. Marwah N. *Textbook of Pediatric Dentistry*. 2009, New Delhi, Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. pp: 257-78.
  15. American Academy of Pediatric Dentistry, Guideline on pediatric restorative dentistry. 2012; Reference manual 34: 214-21.
  16. Markovic DL, Petrovic BB, Peric TO. Fluoride content and recharge ability of five glass-ionomer dental materials. *BMC Oral Health* 2008; 8: 21. [\[CrossRef\]](#)
  17. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int* 1994; 25: 587-9.
  18. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements a permanent filling materials? Properties, limitations and future trends. *Materials* 2010; 3: 76-96. [\[CrossRef\]](#)
  19. Sidhu SK. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject. *Aust Dent J* 2011; 56 Suppl 1: 23-30. [\[CrossRef\]](#)
  20. Arbabzadeh-Zavareh F, Gibbs T, Meyers IA, Bouzari M, Mortazavi S, Walsh LJ. Recharge pattern of contemporary glass ionomer restoratives. *Dent Res J (Isfahan)* 2012; 9: 139-45. [\[CrossRef\]](#)
  21. 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: 134-40.
  22. 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. *Dent Res J (Isfahan)* 2014; 1: 604-9.
  23. Cao DS, Hollis RA, Hicken CB, Christensen RP. Fluoride release from glass ionomers, glass ionomer/resins and composites. *J Dent Res* 1994; 73: 184-6.
  24. Rao A, Rao A, Sudha P. 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: 202-4. [\[CrossRef\]](#)
  25. Nagaraja Upadhya P, Kishore G. Glass Ionomer Cement – The Different Generations. *Trends Biomater Artif Organs* 2005; 18: 158-65.
  26. Mazzaoui SA, Burrow MF, Tyas MJ, Dashper SG, Eakins D, Reynolds EC. Incorporation of casein phosphopeptide–amorphous calcium phosphate into a glass-ionomer cement. *J Dent Res* 2003; 82: 914-8. [\[CrossRef\]](#)
  27. Yli-Urpo H, Vallittu PK, Narhi TO, Forsback AP, Vakiaparta M. Release of silica, calcium, phosphorus, and fluoride from glass ionomer cement containing bioactive glass. *J Biomater Appl* 2004; 19: 5-20. [\[CrossRef\]](#)
  28. Thanjal NK, Billington RW, Shadid S, Luo J, Hill RG, Pearson GJ. Kinetics of fluoride ion release from dental restorative glass ionomer cements: the influence and radiant heat and glass composition. *J Mater Sci Mater Med* 2010; 21: 589-95. [\[CrossRef\]](#)
  29. Tamilselvam S, Divyanand MJ, Neelakantan P. Biocompatibility of a Conventional Glass Ionomer, Ceramic Reinforced Glass Ionomer, Giomer and Resin Composite to Fibroblasts: In vitro Study. *J Clin Pediatr Dent* 2013; 37: 403-6. [\[CrossRef\]](#)
  30. Bahadure RN, Pandey RK, Kumar R, Gopal K, Singh RK. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2012; 2: 122-6. [\[CrossRef\]](#)
  31. Crowley CM, Doyle J, Towler MR, Hill RG, Hampshire S. The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent* 2006; 34: 566-73. [\[CrossRef\]](#)
  32. Mousavinasab SM, Meyers I. Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dent Res J (Isfahan)* 2009; 6: 75-81.
  33. Shiozawa M, Takahashi H, Iwasaki N. Fluoride release and mechanical properties after 1-year water storage of recent restorative glass ionomer cements. *Clin Oral Invest* 2014; 18: 1053-60. [\[CrossRef\]](#)
  34. Koroğlu A, Ekren O, Kurtoğlu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2012; 22: 205-16.
  35. 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: 305-13. [\[CrossRef\]](#)
  36. Selimović-Dragaš M, Hasić-Branković L, Korać F, Đapo N, Huseinbegović A, Kobašlija S, Lekić M, et al. In vitro fluoride release from a different kind of conventional and resin modified glass-ionomer cements. *Bosn J Basic Med Sci* 2013; 13: 197-202.
  37. Rothwell M, Anstice HM, Pearson GJ. The fluoride uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent* 1998; 26: 591-7. [\[CrossRef\]](#)
  38. Uysal T, Yagci A, Uysal B, Akdogan G. Are nano-composites and nano- ionomers suitable for orthodontic bracket bonding? *Eur J Orthod* 2010; 32: 78-82. [\[CrossRef\]](#)
  39. Coutinho E, Cardoso MV, De Munck J, Neves AA, Van Landuyt KL, Poitevin A, et al. Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater* 2009; 25: 1347-57. [\[CrossRef\]](#)
  40. Neelakantan P, John S, Anand S, Sureshbabu N, Subbarao C. Fluoride release from a new glass-ionomer cement. *Oper Dent* 2011; 36: 80-5. [\[CrossRef\]](#)
  41. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dent Mater* 2007; 23: 615-22. [\[CrossRef\]](#)
  42. Bala O. Poliasit-modifiye kompozit rezinler (kompomerler) literatür taraması. *Cumhuriyet Uni Diş Hek Fak Derg* 1998; 1: 113-8.
  43. Attar N, Turgut MD. Fluoride release and uptake capacities of fluoride-releasing restorative materials. *Oper Dent* 2003; 28: 395-402.
  44. Helvatjoglu-Antoniades M, Karantakis P, Papadogiannis Y, Kapetanios H. Fluoride release from restorative materials and a luting cement. *J Prosth Dent* 2001; 86: 156-64. [\[CrossRef\]](#)
  45. Abdul Quader SM, Shamsul Alam M, Bashar AKM, Gafur A, Al Mansur MA. Compressive Strength, Fluoride Release and Recharge of Giomer. *Updat Dent Coll J* 2012; 2: 28-37.
  46. 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: 315-39. [\[CrossRef\]](#)
  47. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater* 2004; 20: 789-95. [\[CrossRef\]](#)
  48. Jingawar MM, Pathak A, Bajwa NK, Sidhu HS. Quantitative assessment of fluoride release and recharge ability of different restorative materials in different media: An in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2014; 8: 31-4.
  49. Zainuddin N, Karpukhinab N, Law R, Hill R. Characterisation of a remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR Spectroscopy. *Dent Mater* 2012; 28: 1051-58. [\[CrossRef\]](#)
  50. Koenraadsa H, Van der Kroona G, Frencken JE. Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities. *Dent Mater* 2009; 25: 551-6. [\[CrossRef\]](#)
  51. Menne-Happ U, Ilie N. Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *J Dent* 2013; 41: 223-30. [\[CrossRef\]](#)
  52. Nicholson JW. Fluoride-Releasing Dental Restorative Materials: An Update. *Balk J Dent Med* 2014; 18: 60-9. [\[CrossRef\]](#)
  53. Chen X, Du M, Fan M, Mulder J, Huysmans M, Frencken JE. Effectiveness of two new types of sealants: retention after 2 years. *Clin Oral Investig* 2012; 16: 1443-50. [\[CrossRef\]](#)
  54. Gorseta K, Glavina D, Borzabadi-Farahani A, Van Duinen RN, Skrinjaric I, Hill RG, et al. One-Year Clinical Evaluation of a Glass Carbomer Fissure Sealant, a Preliminary Study. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2014; 22: 67-71.
  55. Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur J Dent* 2013; 7: 15-21.
  56. Xu HH, Moreau JL, Sun L, Chow LC. Novel CaF2 nanocomposite with high strength and fluoride ion release. *J Dent Res* 2010; 89: 739-45. [\[CrossRef\]](#)
  57. Asmussen E, Peutzfeldt A. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand* 2002; 60: 93-7. [\[CrossRef\]](#)