

Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar

Recent Approaches In Restorative Glass Ionomer Cements

Özgür KANIK¹, L. Şebnem TÜRKÜN²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye

²Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

ÖZET

Geleneksel kavite açma yönteminde, çürük ve çürükten etkilenmiş diş dokularının tamamen uzaklaştırılması esastır; günümüzde sağlıklı ve remineralize olma potansiyeli olan çürükten etkilenmiş diş dokularını kaldırmadan, sadece yumuşak ve denatüre çürük tabakasının uzaklaştırılması esasına dayanan minimal invaziv yaklaşım ön plana çıkmaktadır. Minimal invaziv yaklaşımın kabul görmesiyle birlikte, remineralizasyon potansiyeline sahip restoratif materyaller önem kazanmıştır. Günümüzde önemli olan sadece dişin restore edilmesi değil, restorasyon sonrası mevcut dokunun tekrar invaziv bir işleme gerek kalmaksızın uzun süreli korunmasıdır. Bu nedenle yapılacak olan restorasyonun estetik özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve mekanik özellikleri de büyük önem taşımaktadır.

Cam iyonomer simanlar tanıtılmasından bu yana farklı klinik uygulamalar için kullanılmışlardır. Son zamanlarda daimi restorasyon materyali olarak amalgam ve kompozit rezinler yerine cam iyonomer simanların kullanılması fikri ön plana çıkmıştır. Bu derleme, restoratif materyal olarak kullanımı artmakta olan cam iyonomer simanlardaki yenilikleri bir arada sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cam iyonomer siman, kompomer, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, giomer, nano-iyonomer

ABSTRACT

While removing caries and all affected tooth structure is essential in conventional cavity preparation techniques, nowadays with the minimal invasive concept, only soft and denatured caries lesions are removed leaving behind healthy and affected tooth structures. As minimal invasive procedures became widely accepted, restorative materials with remineralisation potential are getting more popular. Today restoring the tooth is not the only objective, it is also important to protect the existing tooth structures from any invasive treatment procedures for a long-time period. For that purpose, beside of being aesthetic, the restorative material of choice has to have good physical and mechanical properties.

Glass ionomer cements were used for various clinical procedures since their introduction into the market. In recent years, glass ionomer cements are getting popular as posterior direct restorative material instead of amalgam and resin composites. This review presents the novelty about glass ionomer cements used as restorative material.

Keywords: Glass ionomer cement, compomer, highly viscous glass ionomer cement, giomer, nano-iyonomer

GİRİŞ

Günümüz modern diş hekimliği uygulamalarında, adeziv tekniklerdeki ilerlemeler ile koruyucu ve önleyici konseptlerle uyumlu gelişmeler sağlanmış ve sağlıklı diş dokularının korunması ön plana çıkmıştır. Diş sert dokularının bütünlüğünün sağlanması ve korunması için uygulanan tek seanslı direkt restorasyon teknikleri bu bağlamda daha çok tercih edilir hale

gelmiştir.¹ Daimi direkt restoratif materyaller olarak amalgam, kompozit rezin ve cam iyonomer simanlar rutin klinik uygulamalarda kullanılmaktadır. Restoratif materyal seçiminde, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları göz önünde tutulması gereken önemli hususlardır.²

Cam iyonomer simanların kimyasal içeriklerindeki ve toz-likit oranlarındaki değişimlere bağlı olarak gelişmiş olan fiziksel özellikleri klinik uygulamalardaki kullanım alanlarının genişlemesini sağlamışlardır.^{3,4} Cam iyonomer simanlar, amalgam restorasyonlara göre daha estetikdir, ancak bu konuda henüz kompozit rezinler kadar başarılı değildir.⁵ Buna rağmen, flor salınımına bağlı antikaryojenik potansiyellerinin mevcut olması, biyouyumlulukları ve diş dokularına kimyasal adaptasyonları cam iyonomer simanları özellikli bir materyal grubu haline getirmiştir. Diğer açıdan, düşük kırılma dayanıklılıkları, sertlikleri ve aşınma dirençleri gibi zayıf mekanik özellikleri, arka bölgelerde yoğun strese maruz kalan alanlarda restoratif materyal olarak kullanılmalarını sınırlandırmaktadır. Bu sebeple, arka bölgelerde cam iyonomer simanlar genellikle geçici dolgu materyali olarak tercih edilmiştir.^{2,6} Cam iyonomer simanların geliştirilme ihtiyacı, güçlendirilmiş cam iyonomer siman konseptlerine yönelik çalışmaların yapılmasını sağlamıştır. Bu amaçla, ikinci bir faz partikülü olarak seramikler, cam fiberler ve metal partiküller eklenerek cam iyonomer simanların yapısal iyileştirmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.⁷ Reaktif cam fiberlerin eklenmesiyle de ümit verici sonuçlara ulaşılmıştır.

19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlangıcında, üç farklı siman [çinko oksit öjenol (1875), çinko fosfat (1879) ve silikat siman (1908)] inleyler, kuronlar, postlar, köprüler ve ortodontik bantların simantasyonu, kaide yapımı ve dolgu materyali olarak kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir.⁸

1960'ların başında, hidroksiapatit (HA) ve dentindeki kollagenler ile reaksiyona giren hidrofilik materyaller geliştirildi. HA'in hem mine hem de dentinde bulunması, kalsiyuma bağlanmanın önemli olduğunu düşündürdü. Bu nedenle, sitrik ve poliakrilik asit içeren ve suda çözünebilen polielektrolit sistemlere ilgi arttı. 1963 yılında, poliakrilik asidin diş dokularına adezyon potansiyeli ilk kez incelendi. Poliakrilik asidin kalsiyuma bağlanabildiği ve kollagen gibi organik polimerlerle hidrojen bağları oluşturabildiği görüldü.⁹ Poliakrilik simanlar, biyouyumlulukları ve iyi fiziksel özellikleri yanında, mine ve dentinde bulunan hidroksiapatite de bağlanabilmekteydi. Silikat simanlar, silikat camında Al_2O_3/SiO_2 oranındaki modifikasyon ile estetik özellikleri iyileştirilerek Wilson ve Kent tarafından geliştirilmişlerdir.¹⁰

Cam iyonomer simanlar ilk kez 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından diş hekimliğine tanıtılmış ve ismi

Alumino-Silikat-Poliakrilik-Asit olan içeriğin baş harfleri alınarak ASPA olmuştur.¹¹

Cam iyonomer siman ifadesi, sertleşme reaksiyonunun tamamının ya da büyük bir bölümünün asit-baz reaksiyonu olduğu, flor rezervuarı olan ve devamlı olarak flor salınımı gerçekleştirebilen restoratif materyaller için kullanılan bir terimdir. Bu tanımlamaya bağlı olarak, cam iyonomer simanların uygulama şekilleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:^{12,13}

Tip I: Kuron, köprü ve braketlerin yapıştırılmasında kullanılan simanlar

Tip II: Restoratif simanlar

Tip III: Kaide materyali ve pit ve fissür örtücü olarak kullanılan simanlar

Tip IV: Kanal dolgu patı olarak kullanılan simanlar

Cam iyonomer simanlar içeriklerine göre beş ayrı sınıf altında toplanabilirler:

I. Geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS)

II. Hibrit cam iyonomer simanlar

a. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS)

b. Poliasit modifiye kompozit rezinler (Kompomerler)

III. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS)

IV. Giomerler

V. Nano-iyonomerler

Cam iyonomer siman tiplerine örnekler Tablo 1'de ve cam iyonomer simanların endikasyonları Tablo 2'de görülmektedir.

1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar (GCİS)

GCİS'lar toz-likit sisteminden oluşurlar. Günümüzde, cam iyonomer simanlar, kalsiyum veya stronsiyum esaslı alumina-silikat cam tozlarının suda eriyebilen polimerik asitlerle kombinasyonu ve flor ilavesi ile elde edilmektedir.¹⁴⁻¹⁶ Cam iyonomer simanlarda kullanılan cam partikülleri karmaşık bir yapıya sahiptir ve birçok bileşen içerirler. Cam partikülünün üç temel bileşeni silisyum (SiO_2), alüminyum (Al_2O_3) ve kalsiyumdur (CaO). Alüminyum oksit ve silisyum dioksit, camın iskeletini oluşturmaktadır. Yapı, üç boyutlu silikat yapısıyla tetrahedral bir yapıdır. Genellikle stronsiyum oksit (SrO) ve çinko oksit (ZnO) kalsiyum oksitin (CaO) yerini almaktadır. Flor (CaF_2), rezervuar görevi görmek üzere yapıya dahil olmuştur. Ayrıca, genellikle fosfat (P_2O_5) ve soda da (Na_2O) içerirler.⁷ Cam tozu, $1100^{\circ}C-1500^{\circ}C$ sıcaklıkta erimiş alümina (Al_2O_3), silika (SiO_2), metal oksit, metal florür ve metal fosfatın bileşiminden meydana gelmektedir.¹⁴

Tip I	Tip II ve Tip III	Tip IV
<u>Geleneksel Cam İyonomer Simanlar</u> Ketac-Cem Radyoopak (Handmix) (3M ESPE) Ketac-Cem Aplicap (3M ESPE) Fuji I (GC) CX-Plus (Shofu) Vivacam Cem (Ivoclar Vivadent)	<u>Geleneksel Cam İyonomer Simanlar</u> Ketac-Fill (3M ESPE) Ketac-Fill Plus (3M ESPE) Chem-Fil (Dentsply) Fuji II (GC) Glass İonomer Cement (Shofu) İonofil (Voco)	Ketac-Endo Aplicap (3M ESPE) Endion (Voco)
<u>Rezin İçerikli Cam İyonomer Simanlar</u> Vitremer Luting Cement (3M ESPE) Photac-Cem (3M ESPE) Rely X Luting Plus (3M ESPE) Advance (Dentsply/Caulk) Fuji Ortho Self-Cure (GC) Fuji Ortho LC (GC) Fuji Plus (GC) Fuji G Cem (GC) Pro Tec Cem (Ivoclar Vivadent)	<u>Hibrit Cam İyonomer Simanlar</u> Photac-Fil (3M ESPE) <i>Dual-cure</i> Photac-Fil Quick (3M ESPE) <i>Dual-cure</i> Vitremer (3M ESPE) <i>Tri-cure</i> Fuji II LC (GC) <i>Tri-cure</i> Fuji II LC Improved (GC) <i>Tri-cure</i>	
	<u>Metal İçeren Simanlar</u> Chelon-Silver (3M ESPE) Ketac-Silver (3M ESPE) Silver alloy admix-Miracle Mix (GC)	
	<u>Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar</u> Ketac Molar Quick Aplicap (3M ESPE) Chemfil ROCK (Dentsply/Caulk) EQUIA Forte (GC) Riva Self Cure (SDI) Riva Self Cure Fast (SDI) İonofil Molar (Voco)	
	<u>Giomerler</u> Beautifil (Shofu)	
	<u>Nano-iyonomerler</u> Ketac N100 (3M ESPE)	
	<u>Pit ve Fissür Örtücü (Tip III)</u> Clinpro Sealant (3M ESPE) Fuji Triage (GC)	

Tablo 1: Cam iyonomer siman tiplerine örnekler.

Cam iyonomer simanların reaktivitesi, asit veya kopolimerik asidin türü kadar, moleküler ağırlığına ve konsantrasyonuna da bağlıdır. Maleik ya da itakonik asit ilavesi ile toplam moleküler ağırlığa bağlı olarak karboksilik gruplarının sayısı artar ve bu durum reaktivitenin artmasını sağlar. Polikarboksilik asit, cam iyonomer simanın toz ya da likit kısmında yer alabilir. Diğer bir yaklaşım ise, likit kısmı distile su olan ve çözünebilir kuru poliasitlerin toz kısmında yer aldığı simanlardır.^{7,8} Cam iyonomer siman yapısında akrilik asit,

maleik asit, itakonik asit, bütan dikarboksilik asit ve vinil fosforik asit olmak üzere farklı poliasitler yer alabilmektedir.¹⁴

GCİSlerin bileşenlerinin karıştırılması sonucunda, katı cam tozlarının asit gruplarını nötralize etmesine dayanan bir sertleşme reaksiyonu meydana gelir. Cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması toz ve likidin teması, cam partikülleri üzerine asit atağı, matrisin şelasyonu ve matrisin sertleşmesi olmak üzere dört ayrı fazda gerçekleşir.^{14,17}

Başlangıç fazında, cam partiküller polikarboksilik asit solüsyonu içinde dağılır. Cam partiküller siman matrisinde doldurucu görevi görür. Asit atağının gerçekleştiği fazda, yüzeydeki cam tozlarının yıkımı başlar ve simanı oluşturan metal iyonlarının (Al^{+3} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , F^{-1}) serbestlenmesi ile reaksiyon devam eder.¹⁴ Serbestlenen metal iyonları simanın likit fazına doğru hareket ederler. Katyonların daha sonra poliasit zincirleri arasında tuz köprülerinin oluşumuna yardım etmesiyle yüzeyinde silikadan zengin “silika hidrojel tabakası”

oluşur.^{14,18,19} Kalsiyum poliakrilat oluşumu, alüminyum poliakrilat oluşumundan daha hızlı bir reaksiyon sergiler. Reaksiyon devam ederken, matris içindeki iyon konsantrasyonu artar ve poliakrilik asidin poliakrilatlara dönüşmesi ile birlikte ortamın pH'ı ve viskozitesi artar.¹⁸ Genellikle, polikarboksilik asidin %45'lik sulu solüsyonu kullanılır. Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonunu kontrol edebilmek için, cam tozuna yeterli miktarda kuru poliakrilik asit ilave edilir.¹⁹

CAM İYONOMER SİMANLAR	ENDİKASYONLARI
Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	Sınıf I ve V kaviteLER Tünel kaviteLER Süt dişi restorasyonları Kaide materyali Geçici restorasyonlar Yapıştırma simanı Pit ve fissür örtücü
Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar	Küçük Sınıf I, II ve III kaviteLER Sınıf V kaviteLER Süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V kaviteLER Kaide materyali Geçici restorasyonlar Yapıştırma simanı Pit ve fissür örtücü Kor yapımı (kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda)
Kompomerler	Sınıf III ve Sınıf V kaviteLER Süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V kaviteLER Kırılmış dişlerin geçici olarak tamir edilmesi Açık sandviç tekniğinin uygulandığı restorasyonlar Kor yapımı (kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda)
Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar	Sınıf I ve küçük/orta boyutta Sınıf II kaviteLER Sınıf V kaviteLER Süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V kaviteLER Kaide materyali Geçici restorasyonlar Kor yapımı (kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda)
Giomerler	Direkt estetik restorasyonlar ve lamina restorasyonlar Sınıf III,IV ve V kaviteLER Sınıf I ve küçük boyutta Sınıf II kaviteLER
Nano-iyonomerler	Küçük Sınıf I kaviteLER Sınıf III ve V kaviteLER Süt dişi restorasyonları Geçici restorasyonlar Sandviç tekniğinin uygulandığı restorasyonlar Kor yapımı (kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda)

Tablo 2: Farklı kavite tiplerinde cam iyonomer simanların endikasyonları.

GCİS'lar yüksek düzeyde flor salınımı yapan, reşarj özelliği olan, diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanan ve özellikle yüksek çürük riskine sahip bireylerde tercih edilen koruyucu ve restoratif bir materyaldir.²⁰ Düşük organik asit içerikli bir yüzey düzenleyici ile birlikte

kullanıldıklarında diş sert dokularına daha iyi bağlanabilmektedir. Bu avantajlarına karşın, zayıf aşınma dirençleri ve kırılma dayanıklılıklarının yetersiz olması nedeniyle daimi direkt restoratif materyal olarak tercih edilememektedirler.⁶

Menezes ve arkadaşları,²¹ Sınıf I ve II kavitelere iki farklı GCİS kullanmışlar ve 12 ay sonunda Sınıf I kavitelere klinik açıdan kabul edilebilir sonuçlar bildirmişler ancak Sınıf II kavitelere için uygun olmadığı sonucuna varmışlardır. Amalgam, kompozit rezin ve cam iyonomer siman restorasyonların klinik ömürlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada cam iyonomer simanlar anlamlı düzeyde daha düşük sonuçlar sergilemiştir.²² Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini geliştirmek için kimyasal yapılarına metal tozları

eklenerek metal modifiye cam iyonomer simanlar elde edilmiştir. Cam iyonomer siman yapısına ilk olarak gümüş alaşımı eklenmiştir. Gümüş alaşımının eklenmesinin materyalin fiziksel özelliklerinin artmasında anlamlı bir etkisi olmamış ve bu materyal arka bölge dişlerinde restoratif materyal olarak başarılı sonuçlar sergilememiştir.²³

YÜZEY ÖRTÜCÜLER	ÜRETİCİ FIRMA
EQUIA Forte Coat	GC Europe, Leuven, Belçika
Riva Coat	SDI, Bayswater, VIC, Avustralya
Easy Glaze	Voco, Cuxhaven, Almanya
Ketac Glaze	3M ESPE, St Paul, MN, ABD
Perfect Gloss	UMSDENTAL, Kahire, Mısır

Tablo 3: Dental uygulamalarda kullanılan nano doldurucu ışıkla sertleşen cam iyonomer siman yüzey örtücülere örnek ürünler ve üretici firmaları.

1. Hibrit Cam İyonomer Simanlar

1.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)

1980'lerin sonuna doğru piyasaya sürülen, %80 cam iyonomer siman ve %20 rezin esaslı hibrit bir restoratif materyalin karışımından oluşmuş olan bir materyaldir.^{13,24} GCİS'ların nem hassasiyeti ve düşük fiziksel özellikleri gibi mevcut sorunlarının giderilmesi için geliştirilmişlerdir. Bu materyal geliştirilirken, flor salınımı, reşarj özelliği ve kimyasal adezyon gibi cam iyonomer siman özelliklerinin korunması da amaçlanmıştır. Rezin modifiye cam iyonomer simanların fiziksel ve mekanik özellikleri, GCİS ile kompozit rezinler arasındadır. Toz kısmını florealüminosilikat cam tozları, likit kısmını ise HEMA (2-Hidroksietil metakrilat), metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 oranında su oluşturmaktadır.^{3,25} RMCİS'lar dual sertleşme mekanizmasına sahiptirler, yani asit-baz reaksiyonuna ek olarak foto-kimyasal bir sertleşme de gösterirler. Kimyasal yapılarına eklenen düşük miktardaki monomerler asit-baz reaksiyonunu destekleyen ikincil bir ışıkla polimerizasyon reaksiyonu sağlamaktadır. Materyal

HEMA ile reaksiyona girecek kimyasal bir indikatör içeriyorsa, bu durumda üç aşamalı bir sertleşme görülür. RMCİS'lar %23 oranında flor içerir ve flor salınımı ve reşarj kapasitesi GCİS'lardan daha fazladır.²⁶ Diş dokularına adezyonları ise, bu simanlardan farklı olarak kimyasal ve fizikseldir.

Firma talimatlarına uygun polimerizasyon sağlansa bile artık monomer (HEMA) salınımı olabilir. Bu durum pulpa biyolojisini hassasiyetten enflamasyona kadar çeşitli düzeylerde olumsuz yönde etkileyebilir, alerjik reaksiyonlara ve kontak dermatite yol açabilir. Sonuç olarak, RMCİS'in biyoyoumluluğu içerdiği HEMA'ya bağlı olarak GCİS'lardan daha düşüktür.²⁷

Sınıf II restorasyonların üç yıllık klinik sonuçlarının değerlendirildiği bir çalışmada, %94 başarı sağlanmış ve GCİS restorasyonların başarısızlık ihtimalinin RMCİS restorasyonlardan beş kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.²⁸ Chinelatti ve arkadaşlarının²⁹ klinik çalışmalarının bir yıllık sonuçlarına göre ise, USPHS kriterlerine göre değerlendirilen RMCİS restorasyonlar anatomik form kriterinde %60 Bravo ve yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde %45 Bravo değeri

almıştır. Sınıf II kavitelere yüzey düzenleyici uygulanan ve uygulanmayan RMCİS ve kompomer restorasyonların ortalama klinik ömrünün beş yıl olduğu ve uygulayıcı klinisyenler arasındaki farkın restorasyonun ömrünün değişiminde en etkili faktör olduğu belirtilmiştir. Restorasyonların başarısız olmasındaki ana nedenler restorasyon kırığı, retansiyon kaybı ve endodontik komplikasyonlar olarak sıralanmaktadır.³⁰

1.2. Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomerler)

Bu restoratif materyal, iki karboksil gruplu dimetakrilat monomerler ve GCİS'larda bulunan iyon salabilen cam benzeri doldurucular içermektedir. Bunlara ilaveten, reaksiyon başlatıcılar, stabilizörler ve pigmentler bulunur.³¹ İçeriğinde %20-30 oranında cam iyonomer siman ve %70-80 oranında kompozit rezin bulunur.^{13,24} Kompomerler %13 oranında flor ihtiva eder ve flor salınımları da oldukça düşüktür.²⁶ Kompomerlerin fiziksel ve estetik özellikleri kompozit rezinlere daha yakındır. Uygulamaları kolaydır ve ışıkla polimerize olmaları tercih edilme nedenlerindedir.³²

USHPS değerlendirme kriterlerinin kullanıldığı klinik bir çalışmada, marjinal renklenme ve aşınma hariç kompozit rezinlerle benzer sonuçlar elde edilmiş ve kompomer restorasyonların bir yıl sonunda %1,7'si başarısız olmuştur.³³ Pascon ve arkadaşlarının³⁴ iki farklı kompomer ve bir kompozit rezini karşılaştırdığı 24 aylık çalışmada Sınıf I ve II restorasyonlarda kompomerler en iyi klinik performansı sergilemiştir. Türkün ve Celik'in yaptığı iki yıl takipli karşılaştırmalı bir klinik çalışmada Sınıf V kavitelere uygulanan kompomer restorasyonların başarısının %96 olduğu ve kompomer restorasyonların renk uyumlarının kompozit rezin restorasyonlara çok daha iyi olduğu bildirilmiştir.³⁵

2. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar (YVCİS)

GCİS'ların zayıf mekanik özelliklerini ve okluzal kuvvetler karşısındaki aşınma direncini arttırmak ve Sınıf I ve Sınıf V restorasyonlarla sınırlı olan endikasyon alanlarını genişletmek üzere geliştirilmişlerdir.^{36,37} Ayrıca, daimi restorasyon materyali olarak kompozit rezin ve amalgam alternatifleri olmaları da amaçlanmıştır. GCİS'lardaki toz likit oranı 3:1 veya 4:1 iken; YVCİS'da bu oran 6:1 veya 7:1'dir.^{38,39}

Sertleşme mekanizmaları GCİS'larla aynı olan bu simanların aşınma direnci, yüzey sertliği, eğme ve basma dayanıklılıkları artırılmış ve çözünürlükleri azaltılmıştır. Ayrıca, flor salınımları GCİS'larla aynı orandadır ve biyouyumlulukları da benzerdir.^{40,41}

Cam iyonomer simanların mekanik özellikleri mikro yapıları ile yakından ilişkilidir. Partikül boyutu ya da porozite dağılımı simanın dayanıklılığını belirgin olarak etkilemektedir.^{6,42} Cam ve likitin içeriğindeki değişim, toz/likit oranı ve karıştırma yöntemi (el ile, vibrasyonlu ya da rotasyonlu aletlerle) gibi faktörler mekanik özellikleri etkilemektedir.^{6,43} Özellikle, simanın yapısına hava girişine bağlı porozite oluşumundan dolayı, karıştırma yöntemi büyük önem taşımaktadır.^{6,39} El ile karıştırılan simanlarda ortalama %3,5'lük porozite oranı bulunmuştur.⁴⁴ Simanın viskozitesinin azalması porozitede bir artışa neden olmaktadır. Cam iyonomer simanın viskozitesine bağlı olarak, Nomoto ve arkadaşları⁴⁵, restoratif amaçla kullanılan bir cam iyonomer simanda %0,2'lik porozite varlığında dayanıklılığın %10 oranında azaldığını ya da yapıştırma simanı formunda %3 porozite içerdiğinde ise %50'ye varan dayanıklılık azalması olduğunu bildirmişlerdir. Günlük klinik kullanımda, doğru toz/likit oranlarının belirlenmesinin ve el ile karıştırmanın zorluğu nedeniyle, klinisyenler için kapsül formları geliştirilmiştir. Bu kapsül cam iyonomer simanlar;

- Kolay kullanım
- Standart ve yüksek toz/likit oranı
- Homojen ve uygun kıvam gibi avantajlar sunmaktadır.⁴²

Diğer taraftan, karıştırma sonrası elle karıştırmaya nazaran az olmakla birlikte porozite oluşmaktadır. Tek eksenle yapılan normal karıştırma ile karıştırma sonrası santrifüjleme yapılması karşılaştırıldığında, ikinci yöntemde daha çok ama daha küçük boyutta boşluk alanları olduğu görülmüştür.⁴⁶ Vakum altında yapılan karıştırma yönteminde, porozitede 1/3'lik bir azalma olmasının dayanıklılığı %39 oranında arttırdığı bulunmuştur.⁴⁶ Çeşitli firmalar tarafından yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanlar rezin içerikli yüzey örtücülerle kombine olarak klinik kullanıma sunulmuştur.

Kapsül formunda YVCİS kullanılan altı yıl takipli bir çalışmada, Sınıf II restorasyonlarda ortalama %40 başarısızlık oranı bildirilmiştir.⁴⁷ Sınıf II restorasyonlarda yapılan 24 ay takipli bir başka çalışmada %20 oranında yüksek düzeyde bir başarısızlık yüzdesi görülmüştür.⁴⁸ Molina ve arkadaşları,⁴⁹ kapsül formundaki YVCİS'ların kopma dayanımının ve eğme ve basma dirençlerinin elle karıştırılan YVCİS'lardan anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Gürkan ve arkadaşlarının³⁶ USPHS kriterlerini kullandıkları klinik bir çalışmanın dört yıllık

sonuçlarına göre, YVCİS ve nano partiküllü yüzey örtücü ve mikrofil partiküllü kompozit rezinle restore edilmiş Sınıf I ve II restorasyonların benzer ve kabul edilebilir klinik performans gösterdiği bildirilmiştir. Türkün ve Kanık'ın⁵⁰ Sınıf I ve II restorasyonları değerlendirdiği ve iki farklı kapsül formunda YVCİS ve iki farklı yüzey örtücü kombinasyonunun kullanıldığı çalışmada bir YVCİS klinik açıdan başarılı bulunurken, diğerinin başarısız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2.1. Rezin İçerikli Yüzey Örtücü Uygulaması

Başlangıç sertleşme aşamalarında, suyun uygun maturasyonda anahtar görevi görmesinden dolayı nem kontaminasyonu ve dehidratasyon cam iyonomer siman restorasyonun fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler.^{51,52} Gemalmaz ve arkadaşları⁵³, erken dönemde nem kontaminasyonunun cam iyonomer restorasyonların mekanik dayanıklılığını düşürdüğünü ve yüzeyinin erozyona ve abrazyona bağlı aşınmaya eğilimli hale geldiğini bildirmişlerdir. Bu dezavantajları ortadan kaldırabilmek için, restorasyonların yapımından sonra en az 1 saatten 2 haftaya kadar değişen sürelerde nem etkileşiminden kesinlikle korunması önerilmektedir.^{54,55} Vazelin, kakao yağı, sıvı geçirmeyen yüzey örtücüler ve hatta tırnak cilaları geçmiş dönemlerde kullanılan yüzey örtücü ajanlar olmuştur. Çiğnemeye bağlı aşınma sonucu bu yüzey örtücüler kısa zamanda restorasyon yüzeyinden uzaklaşmaktaydı. Ancak bu geçen süre içinde simanlar sertleşme sonrası sıvı dengesine ulaştığı için değişimlere karşı daha dirençli hale gelmekteydi. Yüzey örtücü sistemlerdeki gelişmelerle birlikte, ışıkla sertleşen yüzey örtücüler optimal yüzey koruyucu ajanlar olarak karşımıza çıktı. Hotta ve arkadaşları,⁵⁵ ışıkla sertleşen yüzey örtücülerin suyun sertleşme sırasında restorasyon yüzeyi ile temasını kısıtladığını bulmuşlardır. Su emilimini azaltan rezin içerikli yüzey örtücüler polimerizasyon bütülmesinin hızını da yavaşlatmaktadır.⁵⁶ Ayrıca, Amerikan Dişhekimleri Birliği (ADA), 1990 yılında verniklerin ve ışıkla sertleşen yüzey örtücülerin GCİS'lar için önemini beyan etmiştir. Son zamanlarda, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarla kombine kullanılan nano doldurucu yüzey örtücüler piyasaya sürülmüştür. Bu self adeziv, nano doldurucu rezin içerikli yüzey örtücülerin, yüksek hidrofilik özellikleri ve çok düşük olan viskoziteleri ile cam iyonomer siman yüzeyinde mükemmel bir örtüleme sağladıkları firmalar tarafından bildirilmiştir.^{57,58} Rezin içerikli yüzey örtücü uygulaması cam iyonomer simanların mikrosertliğini artırmadığı, hatta azalttığı ve yüzey pürüzlülüğünün de örtücü uygulanmış ve uygulanmamış restoratif cam iyonomer simanlar için

benzer olduğu görülmüştür.^{59,60} Buna karşın, nano doldurucu yüzey örtücü uygulanan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların makaslama ve basma dayanımının dört ila sekiz haftalık süre sonunda arttığı bildirilmiştir.⁶⁰ Düşük yüzey gerilimine bağlı olarak kenar örtülenmesini de olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.⁵⁹ Nano doldurucu yüzey örtücülerin, restorasyonun uygulandığı kişinin çiğneme kuvvetine, okluzyonuna, çiğneme alışkanlıklarına ve diyetine bağlı olarak ortalama altı ay süreyle restorasyon yüzeyinde kaldığı görülmüştür.⁶¹ Altı ay sonunda, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın maturasyonu tamamlanmış olduğundan yüzey örtücü uygulamasının tekrarlanmasına gerek duyulmamaktadır. Ayrıca, nano doldurucu rezin içerikli yüzey örtücüler YVCİS'lar ile kombine kullanıldığında diğer cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında daha etkili sonuçlar vermektedir.⁵⁹ Bir diğer klinik çalışmanın altı yıllık sonuçlarına göre ise, nano doldurucu yüzey örtücü uygulamasının YVCİS'ların klinik performansına etkisinin olmadığı bildirilmiştir.⁵⁰ Dental uygulamalarda kullanılan nano doldurucu ışıkla sertleşen cam iyonomer siman yüzey örtücülere örnek ürünler ve üretici firmaları Tablo 3'te verilmiştir.

3. Giomerler

Giomer, aktif cam iyonomer partikülleri (PRG) içeren, flor salabilen ve ışıkla sertleşen restoratif bir materyal olarak piyasaya sürülmüştür. PRG (pre-reacted glass ionomer) partikülleri, florealuminasilikat cam partikülleri ile polialkenoik asit arasında sulu ortamda meydana gelen asit-baz reaksiyonu sonucu oluşurlar. "Giomer" ismi, "Glass ionomer + polimer" kelimelerinden türetilmiştir.⁶² PRG partikülleri, yüzey aktif (S-PRG) ve tüm partikül aktif (F-PRG) olmak üzere iki farklı formu bulunmaktadır. Beautiful (Shofu, Kyoto, Japonya), S-PRG teknolojisi ile üretilmiş diş renginde rezin esaslı ilk giomer restoratif materyalidir.⁶³ Giomerlerde cam iyonomer simanlarda görülen hidrojel fazı geçişi görülmemektedir. PRG partikülleri cam iyonomer siman yapısında olup flor salınımından sorumludurlar.^{63,64} Giomerler, kompozitler gibi ışıkla sertleşmekte ve diş dokusuna adezyon için bir bağlayıcı sisteme gereksinim duymaktadır.⁶⁴ Giomerlerin uzun dönemli flor salınımına dair şüpheler olmakla birlikte, yapılan çalışmalarda demineralizasyonu inhibe etme yeteneklerinin cam iyonomer simanlarla benzer olduğu görülmüştür.⁶⁵ Bu materyalin uzun dönemli flor salınımını inceleyen bir in-vitro çalışmada, ilk birkaç günde flor salınımının çok az olduğu, ancak 21 gün sonunda flor salınımının anlamlı derecede arttığı

görülmüştür.⁶⁶ Flor salınımı ve reşarj özelliklerinin GCİS ve RMCİS'lardan düşük, kompomerlerden yüksek olduğu bildirilmiştir.⁶⁷ Ayrıca, Tarasingh ve arkadaşları⁶⁸ giomerlerin antibakteriyel etkinliğinin RMCİS'lar ile kompomerler arasında olduğunu gösteren bir *in-vitro* çalışma yapmışlardır. Giomerlerin su emilimi ve renklenmesi nanohibrit rezin kompozitler ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha fazladır ve bu durum estetik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir.⁶⁹

İki farklı giomerin kullanıldığı Sınıf I ve V kaviterlerde iki yıllık klinik değerlendirmeye göre, materyaller Sınıf V kaviterlerde %80 ve %71 başarı gösterirken, oklüzal kaviterlerdeki başarı oranı %100 olmuştur.⁷⁰ Sekiz yıllık takipli bir çalışmada, restorasyonlarının hiç birinin başarısız olmadığı ve Sınıf I ve II restorasyonların klinik düzeyde kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.⁷¹ Çürüksüz servikal restorasyonların değerlendirildiği bir başka klinik çalışmada, giomerlerin dentine bağlanması RMCİS'lar ile benzer düzeyde olup, yüzey pürüzlülüğü anlamlı olarak daha iyi bulunmuştur.⁷² Bir diğer çalışmada ise, 13 yıl sonunda Sınıf I ve II restorasyonlarda %61 başarı elde edilmiştir.⁷³ Sınıf II restorasyonlarla yapılan klinik bir çalışmada, hibrit rezin kompozitler, kompomerler ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar ile karşılaştırıldığında daha uzun ömürlü olduğu ve 24 ay sonunda giomer restorasyonların %79'unun başarılı olduğu bildirilmiştir.⁷⁴

4. Nano-iyonomerler

Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlara ek olarak, nano dolduruculu rezin modifiye cam iyonomer simanlar (nano-iyonomer) son yıllarda klinik uygulamalarda yerini almıştır. Nano-iyonomerlerde mekanik dayanıklılık artarken polimerizasyon büzülmesi azalmıştır.⁷⁵ Ketac N100 (3M ESPE, St Paul, MN, ABD), ışıkla sertleşen, nano-teknoloji ile üretilmiş ilk pasta-pasta nano-iyonomer restoratif cam iyonomer siman materyalidir.

Nano-iyonomer yapısı akrilik ve itakonik asit kopolimerlerinin florealuminosilikat cam partikülleri ve su ile gerçekleştirdiği cam iyonomer reaksiyonuna dayanır. Nano-iyonomer yapısında ayrıca, BisGMA, TEGDMA, PEGDMA ve HEMA gibi çeşitli rezin monomerler yer alır. Nano-iyonomerleri diğer cam iyonomer simanlardan ayıran en önemli özelliği, doldurucu içeriklerinin ağırlıkça %69'unu nano doldurucuların oluşturmasıdır.⁷⁶ RMCİS ile benzer sertleşme reaksiyonu göstermektedir. Materyalin birincil sertleşmesi ışık aktivasyonu ile gerçekleşmektedir. Dentin ve mine dokusuna bağlanmaları cam iyonomer simanlar gibidir. Kalsiyum-polikarboksilat formasyonu açıkça

görülmekte ve bu kimyasal bağlanma materyalin uzun dönemli olumlu sonuçlar vermesi için kilit faktördür.⁷⁷ Materyal yüzeyindeki flor oranının karşılaştırıldığı bir çalışmada, Ketac N100 ve Fuji grubu (GC Europe, Leuven, Belçika) cam iyonomer simanların benzer düzeyde flor içerdiği, buna karşın Ketac N100'ün Fuji grubu cam iyonomer simanlara nazaran daha az porozite ve yüzey çatlağı sergilediği bildirilmiştir.⁷⁸ Flor salınımı ve reşarj özelliklerinin kompomerlerden yüksek; GCİS'lar ve RMCİS'lar ile benzer olduğu görülmüştür.⁷⁹ Sınıf V kaviterlerin karşılaştırıldığı iki farklı *in vitro* çalışmada, nano-iyonomerlerin mikrosızıntı değerlerinin YVCİS'lardan farklılık göstermediği, buna karşın GCİS'lardan ve RMCİS'lardan çok daha düşük olduğu belirlenmiştir.^{80,81} YVCİS ve nano-iyonomerlerin kullanıldığı bir ART çalışmasında, 12 ay sonunda nano-iyonomerlerin daha başarılı olduğu görülmüş ve cam iyonomer restorasyonlar için iyi bir alternatif oldukları bildirilmiştir.⁸²

SONUÇ

Cam iyonomer simanların günümüzde amalgam ve kompozit rezin alternatifi daimi bir restoratif materyal olarak sınırlı olan kullanımının mevcut gelişmeler ışığında arttığı görülmekte ve yapılacak yeni çalışmalarla klinik kullanımlarının diğer daimi restoratif materyaller düzeyine ulaşacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Hickel R, Manhart J, Garcia-Godoy F. Clinical results and new developments of direct posterior restorations. *Am J Dent* 2000; 13: 41-54.
2. Burgess O, Cakir D. Materials selection for direct posterior restoratives. http://www.ineedce.com/courses/2067/pdf/1108cei_dentsply_restoratives.pdf. Erişim tarihi: 23 Ekim 2015.
3. Torabzadeh H, Ghasemi A, Shakeri S, Baghban AA, Razmavar S. Effect of powder/liquid ratio of glass ionomer cements on flexural and shear bond strengths to dentin. *Braz J Oral Sci* 2011; 10: 204-207.
4. Nicholson JW. Review: Glass ionomer dental cements: update. *Mater Tech* 2010; 25: 8-13.
5. Anusavice KJ. Challenges to the development of esthetic alternatives to dental amalgam in a dental researcher center. *Trans Acad Dent Mater* 1996; 9: 25-50.

6. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2000; 16: 129-138.
7. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 535-540.
8. Davidson CL, Mjör IA. Advances in glass-ionomer cements. Quintessence Publishing Co Inc, Berlin/Chicago, 1999, 269-293.
9. Craig RG. Restorative dental materials. 11th edition, Mosby, London, UK, 2002.
10. Wilson AD, Kent BE, Clinton D, Miller RP. Alumino-silicate polyacrylic acid and related cements. *Br Polym J* 1974; 6: 165-179.
11. Wilson AD, Kent BE, Clinton D, Miller RP. The formation and microstructure of dental silicate cements. *J Mater Sci* 1972; 7: 220-238.
12. Al-Badry IA, Kamel FM. Clinical use of glass ionomer cement: a literature review. *Saudi Dent J* 1994; 6: 107-116.
13. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements. A clinician's guide. Third edition, Martin Dunitz Ltd, UK, 2002.
14. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res* 1980; 59: 1055-1063.
15. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements: The effect of tartaric acid concentration in the liquid component. *J Dent* 1979; 7: 304-312.
16. Wilson AD, Mclean JW. Glass-ionomer cement. Quintessence Publishing Co, Chicago, USA, 1988.
17. Chemfil Rock, Scientific Compendium, Dentsply, <http://www.dentsply.co.uk/uploads/files/scientific-compendium.pdf>. Erişim tarihi: 23 Ekim 2015.
18. Hatton PV, Brook IM. Characterisation of the ultrastructure of glass-ionomer (poly-alkenoate) cement. *Br Dent J* 1992; 173: 275-277.
19. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent fillig materials? – Properties, limitations and future trends. *Materials* 2010; 3: 76-96.
20. Mousavinasab M, Meyers I. Fluoride release and uptake by glass ionomer cements, compomers and giomers. *J Biol Sci* 2009; 4: 609-616.
21. Menezes JPL, Rosenblatt A, Medeiros E. Clinical evaluation of atraumatic restorations in primary molars: A comparison between 2 glass ionomer cements. *J Dent Child* 2006; 73: 91-97.
22. Kim KL, Namgung C, Cho BH. The effect of clinical performance on the survival estimates of direct restorations. *Restor Dent Endod* 2013; 38: 11-20.
23. Sidhu SK. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J* 2011; 56: 23-30.
24. Dayangaç GB. Kompozit rezin restorasyonlar. Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara, 2000.
25. Welbury RR. Paediatric Dentistry. Oxford University Press, Hong Kong, PRC, 1997.
26. Hse KMY, Leung SK, Wei SHY. Resin-ionomer restorative materials for children: A review. *Aust Dent J* 1999; 44: 1-11.
27. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility or resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater* 2008; 24: 1702-1708.
28. Hübel S, Mejare I. Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study. *Int J Paed Dent* 2003; 13: 2-8.
29. Chinellatti MA, Ramos RP, Chimello DT, Palma-Dibb RG. Clinical performance of a resin-modified glass-ionomer and two polyacid-modified resin composites in cervical lesions restorations: 1-year follow-up. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 251-257.
30. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Class II restorations in primary teeth: 7-year study on three resin modified glass ionomer cements and a compomer. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 188-196.
31. Bala O. Poliasit-modifiye kompozit rezinler (kompomerler) literatür taraması. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg* 1998; 1: 113-118.
32. Jackson RD, Morgan M. The new posterior resins and simplified placement technique. *J Am Dent Assoc* 2000; 131: 375-383.
33. Hse KMY, Wei SHY. Clinical evaluation of compomer in primary teeth; 1-year results. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 1088-1096.
34. Pascon FM, Kantovitz KR, Caldo-Teixeira AS, Borges AFS, Silva TN, Puppini-Rontani RM, Garcia-Godoy F. Clinical Evaluation of composite and compomer restorations in primary teeth: 24-month results. *J Dent* 2006; 34: 381-388.

35. Turkun LS, Celik EU. Noncarious class V lesions restored with a polyacid modified resin composite and a nanocomposite: a two-year clinical trial. *J Adhes Dent* 2008; 10: 399-405.
36. Gurgan S, Kutuk ZB, Ergin E, Oztas SS, Cakir FY. Four-year randomized clinical trial evaluate the clinical performarce of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent* 2015; 40: 134-143.
37. Scholtanus JD, Huysmans MCDNJM. Clinical failure of Class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent* 2007; 35 :156-162.
38. 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: 566-573.
39. Ferrari M. Use of glass-ionomers as bondings, linings or bases. In: Davidson CL, Mjör IA, editors. *Advances in glass-ionomer cements*. Quintessence Pub Co, Chicago, USA, 1999, 137-148.
40. Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Lascano LB, Frencken JE. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci* 2013; 21: 243-249.
41. Dowling AD, Fleming GJP. Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? *J Dent* 2009; 37: 133-140.
42. Guggenberger R, May R, Stefan KP. New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials* 1998; 19: 479-483.
43. Fleming GJP, Kenny SM, Barralet JE. The optimisation of the initial viscosity of an encapsulated glass-ionomer restorative following different mechanical mixing regimes. *J Dent* 2006; 34: 155-163.
44. Jorgensen KD, Iwaku M, Wakumoto S. Vacuum-mixing of silicate cement. *Acta Odontol Scand* 1969; 27: 453-465.
45. Nomoto R, Komoriyama M, McCabe JF, Hirano S. Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater* 2004; 20: 972-978.
46. Ngo H, Peters MC, Mount GJ. Porosity reduction as a way to increase shearing strength of capsulated glass-ionomer cements. *Trans Acad Dent Mater* 1996; 9: 258.
47. Scholtanus JD, Huysmans MDNJM. Clinical failure of class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent* 2007; 35: 156-162.
48. Frankenberger R, Garcia-Godoy F, Kramer N. Clinical performance of viscous glass ionomer cement in posterior cavities over two years. *Int J Dent* 2009; 781462 Epub 2010 Feb 22.
49. Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Brain Lascano L, Frencken Joe. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci* 2013; 21: 243-249.
50. Turkun LS, Kanik O. Clinical evaluation of reinforced glass-ionomer systems after 6 years. 47th CED-IADR Meeting Belek, Antalya, 2015 Oral Presentation #016.
51. Nicholson JW, Czarnecka B. Kinetic studies of water uptake and loss in glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2008; 19: 1723-1727.
52. Naassan MA, Watson TF. Conventional glass ionomers as posterior restorations: A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 1998; 11: 36-45.
53. Gemalmaz D, Yoruc B, Ozcan M, Alkumru HN. Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 474-478.
54. Miyazaki M, Moore BK, Onose H. Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci* 1996; 104: 600-604.
55. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K. Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent* 1992; 17: 57-61.
56. Hankins AD, Hatch RH, Benson JH, Blen BJ, Tantbirojn D, Versluis A. The effect of a nanofilled resin-based coating on water absorption by teeth restored with glass ionomer. *J Am Dent Assoc* 2014; 145: 363-370.
57. Brochure G-Coat PLUS, file:///C:/Users/win7/Downloads/brochure-gcoatplus.pdf. Erişim Tarihi: 23 Ekim 2015.
58. Easy Glaze, http://www.voco.com/en/products/_products/easy_glaze/VC_8400_10_16_GB_0710.pdf. Erişim Tarihi: 23 Ekim 2015.
59. Pacifici E, Bossu M, Giovannetti A, La Tore G, Guerra F, Polimeni A. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for uncooperative patients according surface

- protection treatment. *Ann Stomatol (Roma)* 2014; 4: 250-258.
60. Bagheri R, Taha NA, Azar MR, Burrow MF. Effect of G-Coat Plus on the mechanical properties of glass-ionomer cements. *Aust Dent J* 2013; 58: 448-453.
 61. Kanık Ö, Türkün LS. Daimi restoratif materyal olarak yeni cam iyonomer kombine sistemler. *Dental Klinik* 2013; 6: 32-36.
 62. 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* 2008; 27: 315-339.
 63. Gordon VV, Mondragon E, Watson RE, Garvan C, Mjör IA. A clinical evaluation of a self-etching primer and a giomer restorative material: Result at eight years. *J Am Dent Assoc* 2007; 138: 621-627.
 64. Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C, Congiu MD. In-vitro evaluation of giomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: Self etch and total-etch adhesives. *Oper Dent* 2006; 31: 227-232.
 65. Gonzalez Ede H, Yap AU, Hsu SC. Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2004; 29: 578-585.
 66. Okuyama K, Murata Y, Pereira PN, Miquez PA, Komatsu H, Sano H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent* 2006; 19: 123-127.
 67. 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: 11-14.
 68. Tarasingh P, Sharada Reddy J, Suhasini K, Hemachandrika I. Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Resin-Modified Glass Ionomers, Compomers and Giomers – An *In vitro* Study. *J Clin Diagn Res* 2015; 9: 85-87.
 69. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. Water sorption, solubility, and color stability of giomer restoratives. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27: 300-306.
 70. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Oper Dent* 2005; 30: 282-289.
 71. Gordan VV, Mondragon E, Watson RE, Garvan C, Mjör IA. A clinical evaluation of a self-etching primer and a giomer restorative material: results at eight years. *J Am Dent Assoc* 2007; 138: 621-627.
 72. Jyothi K, Annapurna S, Kumar AS, Venugopal P, Jayashankara C. Clinical evaluation of giomer- and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *J Conserv Dent* 2011; 14: 409-413.
 73. Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, Riley JL 3rd. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. *J Am Dent Assoc* 2014; 145: 1036-1043.
 74. Sengul F, Gurbuz T. Clinical evaluation of restorative materials in primary teeth class II lesions. *J Clin Pediatr Dent* 2015; 39: 315-321.
 75. Shafiei F, Abouheydari M. Microleakage of class V methacrylate and silorane-based composites and nano-ionomer restorations in fluorosed teeth. *J Dent (Shiraz)* 2015; 16: 100-105.
 76. Miletic V. Nano-filled resin-modified glass-ionomer cement: "nano-ionomer" Ketac N100. <http://dental-materials.blogspot.com.tr/2009/11/nano-filledresinmodifiedglass.html>. Erişim Tarihi: 23 Ekim 2015.
 77. Falsafi A, Mitra SB, Oxman JD, Ton TT, Bui HT. Mechanisms of setting reactions and interfacial behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer. *Dent Mater* 2014; 30: 632-643.
 78. Yip HK, Markovic DLj, Petrovic BB, Peric TO. Fluoride content and recharge ability of five glass ionomer dental materials. *BMC Oral Health* 2008; 28: 8-21.
 79. Mitra SB, Oxman JD, Falsafi A, Ton TT. Fluoride release and recharge behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer compared with that of other fluoride releasing materials. *Am J Dent* 2011; 24: 372-378.
 80. Upadhyay S, Rao A. Nanoionomer: Evaluation of microleakage. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011; 29: 20-24.
 81. Eronat N, Yilmaz E, Kara N, Ak AT. Comparative evaluation of microleakage of nano-filled resin-modified glass ionomer: An *in vitro* study. *Eur J Dent* 2014; 8: 450-455.

82. Konde S, Raj S, Jaiswal D. Clinical evaluation of a new art material: Nanoparticulated resin-modified glass ionomer cement. *J Int Soc Prevent Communit Dent* 2012; 2: 42-47.

Yazışma Adresi:

Yard. Doç. Dr. Özgür KANIK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Tel: 0 272 2167900
E-posta: ozgurkanik@hotmail.com