

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE CAM İYONOMER SİMANLAR

GLASS IONOMER CEMENTS IN PEDIATRIC DENTISTRY

ÖZ

Giriş: Çocuk diş hekimliğinde vazgeçilmez restoratif materyallerden birisi olan cam iyonomer simanlar, tanıtılmasından bu yana çeşitli klinik uygulamalarda yer almışlardır. Minimal invaziv diş hekimliğinde oldukça geniş kullanım alanlarına sahip olan cam iyonomer simanlar, kolay uygulanmaları, diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri, gelişmiş estetik ve antikaryojenik özellikleri ve flor rezervuarı olmaları sebebi ile sıklıkla kullanılmaktadırlar. Cam iyonomer simanların; biyouyumluluk, florür salınımı, diş sert dokularına iyi adezyon gibi çeşitli bazı avantajlarının yanı sıra, aşınma direncinin ve basma-çekme dayanımının zayıf olması, polimerizasyon sırasında neme hassas olması, okluzal kuvvetlerin yoğun olduğu alanlarda uygulanamamaları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Cam iyonomer simanlardaki olumsuz özelliklerin değiştirilmesi ve dayanıklılıklarının artırılması amacıyla cam iyonomer simanları güçlendirmek için çeşitli materyallerle takviye edilmiş yeni cam iyonomer siman formülasyonları geliştirmekte ve bu kapsamda çalışmalar devam etmektedir.

Sonuç: Bu derleme çocuk diş hekimliğinde geniş bir klinik kullanım alanı olan cam iyonomer simanların güncel gelişmeleri ve kullanım alanlarını bir arada sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Diş Hekimliği, Cam İyonomer Simanlar.

ABSTRACT

Objective: Glass ionomer cements, one of the indispensable restorative materials in pediatric dentistry, have been involved in various clinical applications since their introduction. Glass ionomer cements, which have a wide range of uses in minimally invasive dentistry, are frequently used due to their easy application, chemical bonding to dental tissues, advanced aesthetic and anticariogenic properties, and being a fluorine reservoir. Glass ionomer cements; In addition to some advantages such as biocompatibility, fluoride release, good adhesion to dental hard tissues, there are some disadvantages such as poor abrasion resistance and compression-tensile strength, sensitivity to moisture during polymerization, and inability to be applied in areas where occlusal forces are intense. In order to change the negative properties of glass ionomer cements and increase their durability, new glass ionomer cement formulations reinforced with various materials are developed to strengthen glass ionomer cements, and studies continue in this context.

Conclusion: This review has been prepared to present together the current developments and usage areas of glass ionomer cements, which have a wide clinical use in pediatric dentistry.

Key Words: Pediatric Dentistry, Glass Ionomer Cements.

Öykü PEKER¹

ORCID: 0000-0002-3698-6225

Behiye BOLGÜL¹

ORCID: 0000-0003-3833-3444

¹Uzman Diş Hekimi,
Mustafa Kemal Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD,
Hatay, Türkiye

¹Mustafa Kemal Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD,
Hatay, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 07.11.2022

Kabul tarihi / Accepted: 28.12.2022

İletişim Adresi /Corresponding Adress:

Öykü PEKER

Uzman Diş Hekimi, Mustafa Kemal Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD,
Hatay, Türkiye

E-posta/e-mail:oykupeker@hotmail.com

Çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan restoratif materyaller arasında geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar, kompomerler ve rezin kompozitler bulunmaktadır (1). Geçmişte restoratif diş hekimliğinde altın standart olarak kabul edilmesine rağmen günümüzde civanın potansiyel toksisitesi ve kavite hazırlığı sırasında fazla doku kaybı gerektirmesi nedeniyle amalgamın kullanımı sınırlandırılmıştır (2,3). Bu nedenle cam iyonomer ve rezin esaslı materyaller, minimal invaziv diş hekimliği kavramına uygun olarak, hastaların estetikle ilgili taleplerini karşılamanın yanı sıra uzun süreli kullanım ömrü ve yüksek dayanıklılık sağladıklarından yaygın olarak kullanılmaktadır (4). Cam iyonomer simanlar, kolay uygulanmaları, diş dokularına kimyasal bağlanma ile bağlanabilmeleri, gelişmiş estetik özellikleri, düşük toksisiteleri ve flor rezervuarı olmaları sebebi ile çocuk diş hekimliğinde kullanılan vazgeçilmez restoratif materyallerden birisidir (5,6).

Cam İyonomer Simanlar

Wilson ve Kent tarafından 1972 senesinde geliştirilen cam polialkenoat simanlar ve polialkenoat simanlar olarak da adlandırılabilen cam iyonomer simanlar, 1970'li yılların sonlarından itibaren çocuk diş hekimliğine çeşitli kullanım alanlarında yer edinmiştir (7,8).

Silikat simanların ve polikarboksilat simanların gelişmiş özelliklerinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan cam iyonomer simanlar; flor rezervuarı olmaları, diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri gibi çeşitli özellikler göstermektedirler (9,10). Wilson ve Kent (10) tarafından 1972'de ASPA(Alumino-Silikat-Poliakrilik-Asit) olarak tanıtılmasından sonra geliştirilerek günümüzde sıklıkla kullanılan restoratif materyaller içerisinde yer edinmiştir. Cam iyonomer simanlar, flor salınımı sayesinde çürük önleyici etkilere sahip olmaları, diş dokuları ile benzer renk özellikleri göstermeleri, estetik olarak kabul edilebilir olmaları ve diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri sebebi ile sıklıkla kullanılmakta olup geliştirme çabaları günümüzde halen devam etmektedir (5,6). Cam iyonomer simanlar, tozu yüksek oranda flor içeren alüminafluoro silikat cam, likiti ise poliakrilik asitten oluşan toz likit sisteminden oluşmaktadır. Sertleşme reaksiyonu, toz ve likitin karıştırılması sonrası asit-baz reaksiyonu şeklinde gerçekleşmektedir (11,12).

Cam İyonomerlerin Tozu

Cam iyonomer simanların toz kısmı, kalsiyum ve stronsiyum esaslı, fosfat (P_2O_5), sodyum (Na_2O) ve florid iyonları içeren çeşitli polimerik asitler ilave edilmiş aluminosilikat camdır (13-15). Cam iyonomer simanın esas özelliklerinin belirlenmesinde içeriğindeki aluminosilikatı oluşturan alumina (Al_2O_3) ve silikanın (SiO_2) oranı oldukça önemlidir (13). Cam, esas elementleri içeren karışımın $1200^\circ C$ ile $1500^\circ C$ arasında bir ısıda eritilmesiyle elde edilir ve sonrasında soğuk metal üzerinde aniden soğutulur ve daha sonra öğütülerek cam tozları oluşturacak olan kaba bir frit elde edilir (16). Cam iyonomer simanların cam partikülleri alüminyum, silisyum ve kalsiyum olmak üzere 3 ana bileşenden oluşur (17).

Cam İyonomerlerin Likiti

Cam iyonomer simanların likit kısmının esas bileşeni poliakrilik asittir. Poliakrilik asidin aktivitesi kopolimerin içeriğine, molekül ağırlığına ve konsantrasyonuna bağlıdır. Kullanılan polimer, materyalin mekanik özelliğinde fazlaca etkili olmaktadır. Polimerin mekanik ve fiziksel özellikleri, molekül ağırlığı arttıkça artmaktadır fakat molekül ağırlığının artması sonucu viskozite de artmaktadır ve bu nedenle simanın karıştırması güçleşmektedir (18). Cam iyonomer simanlara itakonik asit, maleik asit, tartarik asit gibi viskozitesi daha az olan poliasitlerin ilave edilmesi ile sertleşmesi sırasında fiziksel özelliklerin daha iyi olması ve kolay uygulanması sağlanmaktadır (7).

Sertleşme Reaksiyonu

Konvansiyonel cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması likit ve toz kısmın birleştirilmesi sonrasında, katı yapıda olan cam partikül tozlarının, asit gruplarını nötralize etmesi sonucu oluşan bir çeşit asit baz reaksiyonu ile meydana gelmektedir (19,20). Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyon mekanizması 4 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, cam partiküllerinin polikarboksilik asit solüsyonunda dağılması ile başlar. Toz ile likitin temas etmesi sonucu cam partiküllerinin yüzeyinde bir asit atağı oluşur cam tozlarının yıkımı başlar ve Ca^{+2} , Na^{+1} ve Al^{+3} iyonları serbestlenir (7,21). İkinci aşamada, serbestleşen metal iyonları cam iyonomer simanın sıvı fazına doğru ilerler ve sonrasında katyonların poliasit zincirleri arasındaki tuz köprülerinin oluşumuna yardım etmesiyle asit zincirleri ağ yapısına dönüşür ve cam partiküllerin yüzeylerinde silikadan zengin "silika hidrojel tabakası" meydana gelir. Bu tabaka oluşuktan sonra cam partiküllerinin dışındaki metal iyonları gittikçe azalırken, siman yapısında bulunan Ca^{+2} ve Al^{+3}

iyonlarından zenginleşir. Bu aşamada siman neme fazlasıyla hassastır ve erken döneminde suyla teması olursa, materyalin yapısındaki metal iyonlarının bir kısmı kaybedilir ve sonuç olarak dayanıksız, yapısında mikron düzeyinde çatlaklar barındıran, yeterli sertliğe ulaşmamış bir siman elde edilir (17,20,22). Üçüncü aşama sertleşme fazı olarak da bilinir. Bu aşamada matris içerisindeki iyon konsantrasyonları yükselir ve poliakrilik asidin poliakrilatlara dönüşmesi sonucu ortam viskozite ve pH'sı yükselir, kalsiyum ve alüminyum tuzları hidratize olur ve sonucunda, metal iyonları çözünemez bir faza geçer. Bu faz cam iyonomer simanın dayanıklılığın arttığı ve saydamlığının geliştiği faz olarak kabul edilir (22,23). Son aşama maturasyondur ve üçüncü aşama olan sertleşme fazı gerçekleştiikten sonra reaksiyon bir kaç ay boyunca devam eder ve bunun sonucunda bağlanma kuvveti artar (24).

Diş Dokularına Bağlantısı

Cam iyonomer simanlar, kimyasal ve mekanik bağlanma olarak 2 aşama ile diş sert dokularına bağlanmaktadır. İlk olarak mekanik bağlanma meydana gelir. Bu bağlanma kolajen fibrillerin hibridizasyonu ve poliakrilik asitin oluşturduğu demineralizasyon ile oluşur. İkinci aşamada gerçekleşen kimyasal bağlanma ise; hidroksiapatit yapısındaki kalsiyum ve fosfor iyonları ile poliakrilat iyonlarının yer değiştirmesi sonucu oluşur. Dentinin inorganik içeriğinin daha az olması ve daha homojen yapıda olması sebebiyle cam iyonomer simanların dentine bağlantısı mineye oranla daha düşüktür. Cam iyonomer simanlar, restoratif materyaller içerisinde hiçbir ön hazırlık gerektirmeden diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilen tek restoratif materyaldir. Cam iyonomer simanların diş dokularına bağlantısı kompozit rezinlere kıyasla oldukça düşüktür fakat cam iyonomer simanlarla daha güvenilirdir ve daha sağlam bir bağlantı elde edilmektedir (25,26).

Cam İyonomer Simanların Tipleri ve Kullanım Alanları

Çocuk diş hekimliğinde kullanılan cam iyonomer simanlar 3 kısımda incelenmektedirler.

Tip I: Yapıştırıcı (Lugating) cam iyonomer simanlar; Tip I olarak isimlendirilen cam iyonomer simanlar düşük film kalınlığında olan ve hızlı sertleşen, akışkan yapıda olan, yapıştırma amaçlı kullanılan cam iyonomer simanlardır. Tip I cam iyonomer simanlar klinikte kron-köprüler, inley-overley restorasyonlar ve sabit protetik restorasyonlar ile ortodontik

apareyleri simante etmek için kullanılmaktadırlar (27,28).

Tip II: Restoratif cam iyonomer simanlar; Tip II olarak isimlendirilen cam iyonomer simanlar tip I simana göre daha büyük partikül büyüklüğüne sahip olan ve restoratif amaçlı kullanılan simanlardır. Anterior estetik bölgelerde kullanılan cam iyonomer simanlar ve posterior bölgelerde kullanılan güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar olarak ikiye ayrılmaktadırlar.

Tip II-a: Anterior bölgelerde estetik amaçla kullanılan ve piyasada geleneksel veya rezin modifiye olarak bulunabilen cam iyonomer simanlardır.

Tip II-b: Posterior bölgede tercih edilen güçlendirilmiş restoratif cam iyonomer simanlardır. Bu grubun aşınma direnci anterior bölgede kullanılan Tip II-a cam iyonomer simanlara göre daha yüksektir. (4)

Tip III: Taban materyali ve fissür örtücü olarak kullanılan cam iyonomer simanlar; Tip III olarak isimlendirilen cam iyonomer simanlar düşük viskoziteli ve hızlı sertleşebilen simanlardır. Klinikte fissür örtücü ve kaide materyali olarak kullanılmaktadır. Literatürde "bond", "F" ya da astar materyali olarak adlandırılırlar (29,30).

Cam İyonomer Simanların İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Cam İyonomer Sermet Simanlar

Cam iyonomer simanın tozu içerisine gümüş, alüminyum, kalay, titanyum dioksit, nikel, krom, paslanmaz çelik, altın gibi metal tozları ilave edilerek aşınmaya daha dayanıklı ve daha sağlam bir materyal elde etmek amaçlanmıştır (31,32). Elde edilen karışımlara seramik ve metalin karışımı olan sermet simanlar denilmiştir (33). Estetik açıdan yetersiz olan bu simanların kullanımını kısıtlıdır ve daha çok kor materyali olarak kullanılmaktadır (33,34).

Yüksek Viskoziteli (Kondanse Edilebilen) Cam İyonomer Simanlar

Kondanse edilebilen (packable) simanlar olarak da isimlendirilen yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, geleneksel (konvansiyonel) cam iyonomer simanların toz/likit oranları artırılarak ve partikül boyutlarında değişiklikler yapılarak elde edilmiştir ve konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre daha gelişmiş mekanik özelliklere sahiptirler (35). Sertleşme reaksiyonları geleneksel cam iyonomer simanlar gibi asit-baz reaksiyonuyla gerçekleşmektedir. Geleneksel cam iyonomer simanlardan farklı olarak bu simanlar daha hızlı sertleştikleri için erken dönemde nem hassasiyeti gibi materyalin dezavantajları ortadan kalkmıştır (36). Yüksek viskoziteli cam iyonomer

simanlar genellikle kooperasyon problemi olan çocuklarda atravmatik restoratif tedavide, çürük aktif çocuklarda fissür örtücü olarak, düşük stres alan bölgelerde veya geçici restoratif materyal olarak kullanılmaktadırlar (37). Bu simanların, flor serbestleştirme oranları geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerdir ve toksik olmamaları, aşınma dirençlerinin yüksek olması ikinci bir polisaj randevusuna gerek duymadan bitim işlemlerinin tamamlanması, erken dönemde neme hassasiyetlerinin olmaması gibi çeşitli avantajları mevcuttur (38).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, rezin kompozitlerle geleneksel cam iyonomer simanların sentezlenmesi ile her iki restoratif materyalin negatif özelliklerinin kaldırılması ve olumlu özelliklerinin geliştirilmesi amacı ile üretilmişlerdir (9,39). Rezin modifiye cam iyonomer simanlar; %20 oranında kompozit rezin, %80 oranında cam iyonomer simandan oluşmaktadırlar. Geleneksel cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini arttırmak ve kısa olan çalışma süresini uzatmak amacıyla üretilmişlerdir (34,40). Bu simanların fiziksel ve mekanik özellikleri, kompozit rezinler ile geleneksel cam iyonomer simanlar arasındadır (39). Rezin modifiye cam iyonomer simanların toz kısmını fluoroaluminosilikat cam, likit kısmını ise HEMA (Hidroksietil metakrilat), poliakrilik asit, metakrilat grupları, tartarik asit ve su oluşturmaktadır (16). RMCİS'ler ağırlıkça %4,5 oranında hidrofilik rezin monomerlerin (HEMA) ve foto inisiyatörlerin eklenmesi ile, görünür ışıkla polimerize olabilmektedirler (21). RMCİS'ler dual sertleşme mekanizmasına sahiptirler, yani asit-baz reaksiyonuna ek olarak foto-kimyasal bir sertleşme de gösterirler (40). RMCİS'ler klinik uygulamalarda; yapıştırıcı siman olarak, daimi dişlerde Sınıf 3 ve 5 restorasyonlarda, süt dişlerindeki Sınıf 1 restorasyonlarda ve yetişkinlerde yüksek çürük riski olan hastalarda sandviç tekniğiyle yapılan Sınıf 2 restorasyonların altında veya erozyon-abrazyon lezyonlarında kullanılırlar (41).

Cam Hibrit Restoratif Materyaller

Cam hibrit restoratif materyaller, geleneksel cam iyonomer simanlara eklenen yüksek oranda reaktif farklı boyutlardaki küçük cam parçacıkları ile modifiye edilmiş restoratif materyallerdir. Bu modifikasyonları reaktiviteyi arttırmakta ve malzemeyi daha dayanıklı ve daha uzun ömürlü hale getirmektedir (42,43). 2007 yılında, GC Corporation (Tokyo, Japonya) Equia Fil adında; iki bileşenden oluşan yeni bir restoratif materyali tanıtmıştır. Bu materyal Fuji IX GP Extra (GC, Tokyo, Japonya)

yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve nano doldurucu coat un birleşiminden oluşmaktadır. Equia Forte Fil cam hibrit restoratif materyali (GC, Tokyo, Japonya) 2015 yılında Equia Fil platformundan geliştirilmiştir ve en son olan Equia Forte HT Fil materyali (GC, Tokyo, Japonya) 2019'da üretilmiştir (42,38). Cam hibrit restoratif materyaller ayrıca ışıkla sertleşen nano dolgulu bir coat Equia Forte Coat (GC, Tokyo, Japonya) içermektedirler. Equia Forte HT Fil çocuk diş hekimliğinde geniş kullanım alanına sahiptir ve klinikte uzun ömürlü daimi restorasyonlar için uygulanmaktadır (44,45).

Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler)

Kompozit rezin ve cam iyonomer simanların kısaltılmasıyla türetilen "kompomer" olarak da adlandırılan poliasit modifiye kompozit rezinler, kompozit rezinlerin yüksek estetik, uygulama kolaylığı ve uzun çalışma süresi ile cam iyonomer simanların flor salma özelliği gibi olumlu özelliklerinin sentezlenmesi ile meydana gelmiştir (46). Poliasit modifiye kompozit rezinler %13 gibi bir oranda flor içermelerine rağmen flor rezervuarı değildirler (47). İçeriğinde farklı oranlarda kompozit rezin ve cam iyonomer siman bulunmakla beraber bu oran genellikle %80 kompozit rezin ve %20 cam iyonomer şeklindedir. Bu materyaller her iki materyalin özelliklerini göstermekle beraber kompozit rezinlere daha çok benzemektedirler (17,48). Kompozit rezinlere yakın estetik ve fiziksel özellikleri, ışıkla polimerize olmaları ve kolay uygulanabilmeleri kompomerlerin klinik uygulamalarda tercih sebebidir (49).

Giomerler

Giomerler, flor salabilen, reaktif cam partikülleri içeren ve ışıkla sertleşebilen cam iyonomer siman ve kompozit rezinlerin özelliklerinin birleştirilmesiyle üretilen restoratif materyallerdir (49). Cam iyonomer simanların flor salınımı özelliklerine ve kompozit rezinlerin ışıkla sertleşme, yüksek estetik ve iyi bir biçimde polisajlanabilme özelliklerine sahiptirler. Giomerler, kompozit rezinler gibi diş sert dokularına bir bonding ajan uygulaması ile bağlanmaya ihtiyaç duymaktadırlar (50,51). Giomerler çocuk diş hekimliğinde daimi dişlerin Sınıf 3, 4 ve 5 restorasyonlarında, ön ve arka bölgedeki süt dişlerinin restorasyonlarında, fissür örtücü ve kavite taban maddesi olarak kullanılmaktadırlar (52).

Cam Karbomerler

Cam karbomerler, flor salınımı sayesinde diş dokularının remineralizasyonunu destekleyen

floroapatit ve nano partiküller (hidroksiapatit) içeren, cam iyonomer simanlardan geliştirilmiş materyallerdir (53,54). Cam karbomerlerde, cam iyonomer simanlara göre daha yüksek oranda silika ve florin ve daha düşük oranda alkali oksit ve fosfor bulunmaktadır (55). Cam karbomerler, cam iyonomer bileşiminde bulunan maddeleri içermese de aköz polimerik asit ve temel cam partikülleri arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonuyla sertleşmektedir (56). Bu restoratif materyalin geleneksel cam iyonomer simanlara göre artmış biyoaktiviteye sahip olduğu öne sürülse de literatürde cam karbomerlerle periodontal hücrelerin arasındaki biyoyumu gösteren hiçbir klinik çalışma veya olgu raporu yoktur (57). Cam iyonomer simanların negatif özelliklerini elimine etmek için geleneksel cam iyonomer simanlardan modifiye edilerek üretilmişlerdir (56). Nano boyutlarda partikül teknolojisi ile mine dokusuna benzeyen bir yapı oluşturmak amaçlanmıştır (55). Bu partiküller sayesinde mekanik özellikleri gelişmiş ve aşınmaya karşı daha dayanıklı olmuşlardır (56). Cam karbomerin önemli bir avantajı, nem hassasiyetinin olmaması ve sıvı izolasyonunun sağlanmadığı koşullarda kullanıma uygun olmasıdır (58).

SONUÇ

Cam iyonomer simanların özellikle çocuk diş hekimliğinde çok çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Günümüzde restoratif materyallerin geliştirilmesi ile birlikte çeşitli modifikasyonlar yapılarak yapısı güçlendirilmiş ve dezavantajları ortadan kaldırılmıştır. Yapılacak yeni çalışmalarla klinik başarı oranları ve endikasyonlarının daha da arttırılacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Dhar, V, Hsu KL, Coll JA, Ginsberg E, Ball BM, Chhibber S, Johnson M, Kim M, Modaresi N, Tinanoff N. Evidence-Based Update of Pediatric Dental Restorative Procedures: Dental Materials. *J Clin Pediatr Dent.* 2015; 303–310.
2. Mickenautsch S, Yengopal V, Banerjee A. Atraumatic Restorative Treatment versus Amalgam Restoration Longevity: A Systematic Review. *Clin. Oral Investig.* 2010; 14 (3): 233–240.
3. Fuks AB. The Use of Amalgam in Pediatric Dentistry: New Insights and Reappraising the Tradition. *Pediatr. Dent.* 2015; 37 (2): 125–132.

4. Dhar V, Hsu KL, Coll JA, Ginsberg E, Ball BM, Chhibber S, Johnson M, Kim M, Modaresi N, Tinanoff N. Evidence-Based Update of Pediatric Dental Restorative Procedures: Dental Materials. *J Clin Pediatr Dent.* 2015; 39 (4): 303–310.
5. Fm T, Toras FM, Makkah Arabia S, Hamouda IM, Effect of Nano Filler on Microhardness, Diametral Tensile Strength and Compressive Strength of Nano-Filled Glass Ionomer. *Int J Dent Oral Sci.* 2017: 413–417.
6. Preston AJ, Mair LH, Agalamanyi EA, Higham SM. Fluoride Release from Aesthetic Dental Materials. *J Oral Rehabil.* 1999: 123-129.
7. Wilson AD, Kent BE. A New Translucent Cement for Dentistry. The Glass Ionomer Cement. *Br Dent J.* 1972; 132 (4): 133–135.
8. Mount GJ. An Atlas of Glass-Ionomer Cements: A Clinician's Guide; CRC Press, 2001.
9. Francisconi LF, Scaffa PMC, de Barros, VR, dos S P, Coutinho M, Francisconi PAS. Glass Ionomer Cements and Their Role in the Restoration of Non-Carious Cervical Lesions. *J. Appl. Oral Sci.* 2009; 17 (5):364–369.
10. Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic Effect of Glass-Ionomers: An Overview of Evidence. *Aust Dent J.* 2011; 56 (1): 10–15.
11. Croll TP, Nicholson JW. Glass Ionomer Cements in Pediatric Dentistry: Review of the Literature. *Pediatr Dent.* 2002; 24 (5): 423–429.
12. Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-Containing Restorative Materials. *Int Dent J.* 2006; 56 (1): 33–43.
13. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. Glass Ionomer Cement Formulations: I. The Preparation of Novel Fluoroaluminosilicate Glasses High in Fluorine. *J Dent Research.* 1979: 1607–1619.
14. Zandi Karimi A, Rezabeigi E, Drew RAL. Aluminum-Free Glass Ionomer Cements Containing 45S5 Bioglass® and Its Bioglass-Ceramic. *J. Mater Sci Mater Med.* 2021; 32 (7): 76.
15. McLean JW. Clinical Applications of Glass-Ionomer Cements. *Oper Dent.* 1992; Suppl 5:184–190.
16. Nicholson JW. Chemistry of Glass-Ionomer Cements: A Review. *Biomaterials* 1998, 19 (6), 485–494.
17. Kanık Ö, Şebnem T L. Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar. *Ege Üniversitesi Diş Fak Derg.* 2016; 37(2): 54-65.

18. Fared MA, Stamboulis A. Nanoclay Addition to a Conventional Glass Ionomer Cements: Influence on Physical Properties. *Eur J Dent.* 2014; 8(4): 456–463.
19. Al-Angari SS, Hara AT, Chu TM, Platt J, Eckert, G, Cook NB. Physicomechanical Properties of a Zinc-Reinforced Glass Ionomer Restorative Material. *J Oral Sci.* 2014;56 (1): 11–16.
20. 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 (6): 1055–1063.
21. Davidson CL. Glass Ionomer Cement, an Intelligent Material. *Bull. Group. Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 1998; 40 (1): 38–42.
22. Hatton PV, Brook IM. Characterisation of the Ultrastructure of Glass-Ionomer (poly-Alkenoate) Cement. *Br Dent J.* 1992: 275–277.
23. Khoroushi M, Mansoori-Karvandi T, Hadi S. The Effect of Pre-Warming and Delayed Irradiation on Marginal Integrity of a Resin-Modified Glass-Ionomer. *Gen Dent.* 2012; 60 (6): 383–388.
24. Khoroushi M, Keshani FA. Review of Glass-Ionomers: From Conventional Glass-Ionomer to Bioactive Glass-Ionomer. *Dent Res J.* 2013; 10(4): 411–420.
25. Davidson CL. Advances in Glass-Ionomer Cements. *J Appl Oral Sci.* 2006; 14 Suppl: 3–9.
26. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3): 215-35.
27. Erdemir U. Restoratif Diş Tedavisi Yeni Akıl Notları, 1. Basım Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara 2000, ss 264-289.
28. Browning WD. The Benefits of Glass Ionomer Self-Adhesive Materials in Restorative Dentistry. *Compend. Contin. Educ Dent.* 2006; 27(5): 308–314; 315–316.
29. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the Adhesion of Glass-Ionomer Cements to Dentin. *J Dent Res.* 1992; 71 (11): 1836–1841.
30. Almuhaiza, M. Glass-Ionomer Cements in Restorative Dentistry: A Critical Appraisal. *J. Contemp. Dent Pract.* 2016; 17 (4): 331–336.
31. Simmons JJ. The Miracle Mixture. Glass Ionomer and Alloy Powder. *Tex Dent J.* 1983;100 (10): 6–12.
32. Albers HF. Tooth-Colored Restoratives: Principles and Techniques; PMPH-USA, 2002.
33. Roberson T, Heymann HO, Swift EJ, Jr Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry; Elsevier Health Sciences, 2006.
34. Kaya DT, Tirali RE. Cam Iyonomer Simanlardaki Gelişmeler. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. (Suppl)* 2013;23: 71-77.
35. Friedl K, Hiller KA, Friedl KH. Clinical Performance of a New Glass Ionomer Based Restoration System: A Retrospective Cohort Study. *Dent Mater.* 2011;27(10): 1031–1037.
36. Berg JH. Glass ionomer cements. *Pediatr Dent.* 2002;24(5): 430-438.
37. Hu JY, Li YQ, Smales RJ, Yip KHK. Restoration of Teeth with More-Viscous Glass Ionomer Cements Following Radiation-Induced Caries. *Int Dent J.* 2002; 52(6): 445–448.
38. Anusavice KJ, Shen C, Ralph Rawls H. Phillips' Science of Dental Materials - E-Book; Elsevier Health Sciences, 2014: 105-110.
39. 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): 60–65.
40. Oñal B, Pamir T. The Two-Year Clinical Performance of Esthetic Restorative Materials in Noncarious Cervical Lesions. *J Am Dent Assoc.* 2005; 136(11): 1547–1555.
41. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection, 2002. Quintessence Excellence Environ. Contam Toxicol. 2002 pp. 88-92.
42. Najeeb S, Khurshid Z, Zafar M., Khan A, Zohaib S, Marti J, Sauro S, Matinlinna J, Rehman I. Modifications in Glass Ionomer Cements: Nano-Sized Fillers and Bioactive Nanoceramics. *Int J Mol Sci.* 2016; 17(7):1134.
43. Šalinović I, Stunja M, Schauerperl Z, Verzak Ž, Ivanišević Malčić A, Brzović Rajić V. Mechanical Properties of High Viscosity Glass Ionomer and Glass Hybrid Restorative Materials. *Acta Stomatol Croat.* 2019;53(2):125-131.

- 44.** Mickenautsch S. High-Viscosity Glass-Ionomer Cements for Direct Posterior Tooth Restorations in Permanent Teeth: The Evidence in Brief J Dent. 2016; 55: 121–123.
- 45.** Kutuk ZB, Ozturk C, Cakir FY, Gurgan S. Mechanical Performance of a Newly Developed Glass Hybrid Restorative in the Restoration of Large MO Class 2 Cavities. Niger J Clin Pract. 2019; 22(6): 833–841.
- 46.** Cildir SK, Sandalli N. Fluoride Release/uptak of Glass - Ionomer Cements and Polyacid-Modified Composite Resins. Dent Mater J. 2005; 24: 92–97.
- 47.** Hse KM, Leung SK, Wei SH. Resin-ionomer restorative materials for children: a review. Aust Dent J. 1999; 44(1): 1-11.
- 48.** Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: Between Glass-Ionomer Cements and Composites. Biomaterials. 1998; 19(6): 529–539.
- 49.** Elmaci İ, Tunçdemir MT. Restoratif Diş Hekimliğinde Cam İyonomer Simanlar ve Yeni Gelişmeler. Neu Dent J. 2020; 2(2): 69–75.
- 50.** Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C, Congiu MD. In Vitro Evaluation of Giomers Microleakage after Exposure to 33% Hydrogen Peroxide: Self-Etch vs Total-Etch Adhesives. Oper Dent. 2006; 31(2): 227–232.
- 51.** Quader SMA, Shamsul Alam M, Bashar AKM, Gafur A, Al Mansur MA. Compressive Strength, Fluoride Release and Recharge of Giomer. Update Dent Coll J. 2012; 2(2): 28–37.
- 52.** Nsw NH. GIOMER- the Intelligent Particle (new Generation Glass Ionomer Cement). Int J Dent Oral Health. 2015; 2(4): 1-5.
- 53.** Menne-Happ U, Ilie N. Effect of Gloss and Heat on the Mechanical Behaviour of a Glass Carbomer Cement. J Dent. 2013; 41(3): 223–230.
- 54.** Chen X, Du MQ, Fan MW, Mulder J, Huysmans MCDNJM, Frencken JE. Caries-Preventive Effect of Sealants Produced with Altered Glass-Ionomer Materials, after 2 Years. Dent Mater. 2012; 28(5): 554–560.
- 55.** Zainuddin N, Karpukhina N, Law RV, Hill RG. Characterisation of a Remineralising Glass Carbomer® Ionomer Cement by MAS-NMR Spectroscopy. Dent Mater. 2012; 28(10): 1051–1058.
- 56.** 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.
- 57.** Michel A, Erber R, Frese C, Gehrig H, Saure D, Mente J. In Vitro Evaluation of Different Dental Materials Used for the Treatment of Extensive Cervical Root Defects Using Human Periodontal Cells. Clin Oral Investig. 2017; 21(3): 753–761.
- 58.** Subramaniam P, Girish Babu KL, Jayasurya S. Evaluation of Solubility and Microleakage of Glass Carbomer Sealant. J Clin Pediatr Dent. 2015; 39(5): 429–434.