

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE CAM İYONOMER SİMANLAR: DERLEME

GLASS IONOMER CEMENTS IN RESTORATIVE DENTISTRY: A REVIEW

^{1*}Meltem TEKBAŞ ATAY, ²Oya ULU, ³Bebek Serra OĞUZ AHMET

¹Yrd. Doç. Dr. Trakya Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, EDİRNE.

²Yrd. Doç. Dr. İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İSTANBUL.

³Yrd. Doç. Dr. Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, EDİRNE.

Özet

Cam iyonomer simanlar (CİS), herhangi bir yüzey tedavisi yapılmaksızın diş dokusuna kendi kendine bağlanabilen tek materyaldir. Bu simanlar, çinko oksit ile polikarboksilik asit solüsyonunun reaksiyon ürünüdür. CİS'lerin karboksil içeren asitleri hidroksiapatit iyonları ile reaksiyona girer. Böylelikle CİS'ler mine ve dentine bağlanabilir. Aynı zamanda farklı karışımlardaki iyonlarla reaksiyona girmesi sonucunda da çoğu metale kimyasal bağlanabilme özelliği vardır. CİS'ler sertleşmeleri sırasında ve sertleştikten sonra flor saldıkları gibi, asitlere maruz kaldıklarında ilave flor salılabilmektedirler. Genel olarak yüksek oranlarda flor salınımı yapan CİS restoratif materyalleri, yüksek oranlarda flor reşarjı da yapabilmektedirler. Bu özelliklerinden dolayı çürük riski yüksek olan ve kserostomi gibi ciddi problemleri olan bireylerde CİS materyallerinin kullanımı önerilmektedir. Ancak CİS materyallerinin flor salınımı ile baskı dayanımları arasında negatif yönde bir lineer korelasyon bulunmuştur. Son yıllarda, daha dayanıklı ve kondanse edilebilir, flor oranı ve aşınma direnci yüksek CİS'ler (Ketac molar-3M Espe, Fuji IX-GC Company, Chemflex- Dentsplay) geliştirilmiş ve piyasaya sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Cam İyonomer, Flor, Kimyasal Bağlanma, Çürük, Remineralizasyon.

Abstract

Glass ionomer cement (GIC) is the only material which can be bonded by itself to dental tissue without any surface treatment. These cements are the reaction products of zinc oxide and polycarboxylic acid solution. The acids involving carboxyl group of GICs reacts with the hydroxyapatite ions. Therefore they have the ability to bond to enamel and dentin. They also have the property to bond chemically to most of the metals as a result of reacting with various ions. Glass ionomer cements can release added fluoride when exposed to acids such as during and after hardening. The GICs that release fluoride mostly in high levels, may also recharge high levels of fluoride. Due to these properties, GICs can be recommended for the patients who have high risk of dental caries and xerostomia. On the other hand, there has been found negative linear correlation between the fluoride releasing and compressive strength of GIC. In the recent years, more durable and condensable GICs (Ketac Molar-3M Espe, GC Fuji IX Company, Chemflex-Dentsplay) with high ratio of fluoride and high wear resistance have been developed and introduced to the market.

Key words: Glass Ionomer, Flor, Chemical Adhesion, Decay, Remineralisation.

Giriş

Polikarboksilat simanlar ilk olarak kimyasal bağlanabilme özelliği tanıtılan simanlardır. Bu simanlar, çinko oksit ile polikarboksilik asit solüsyonunun reaksiyon ürünüdür. Polikarboksilik asit zinciri boyunca dizili olan karboksil grupları mine ve dentindeki kalsiyum ile şelasyon yaparak siman ile diş arasında bir kimyasal bağ oluşmasına neden

olurlar. Karboksil gruplarının divalent ve trivalent katyonlara şelasyonu sonucunda diş yüzeyleri ve metal yüzeyi oksitlerine kimyasal bağlanma gerçekleşir.

İlk kez 1972'de Wilson ve Kent tarafından tanıtılan cam iyonomer simanlar (CİS) restoratif diş hekimliğinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir (1). Temel olarak alüminosilikat cam tozları ve %23 oranına kadar flor (NaF, CaF₂, AlF₃) içerirler (2).

CİS materyallerinin matriksi temel olarak poliakrilik asit (PAA) veya Ca, St ve Al iyonları ile çapraz bağlı maleik ve akrilik asitlerin kopolimerlerini (PAMA) içerir. PAMA kopolimerleri, PAA'ya göre daha fazla karboksil grupları içerir ve çapraz bağlı PAMA matriksi daha güçlü olabilir ve cam partikülleri ile daha fazla interaktif alanlara sahip olabilir. Ketac Molar (3M-Espe) ve Ketac Molar Quick (3M-Espe), PAMA ve Fuji IX (GC Company) ve Fuji

*İletişim Adresi

Dr. Meltem Tekbaş Atay
T. Ü. Diş Hekimliği Fakültesi,
Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD,
Balkan Yerleşkesi
22030 EDİRNE

Tel: : 0 (284) 236 45 50-54 (119)

Fax: 0 (284) 236 45 50

e-mail: meltemtekbasatay@trakya.edu.tr

IX Fast (GC Company), PAA yapısındaki materyallerdir (3).

Geleneksel su bazlı Cİ materyallerinin kimyasal yapısındaki majör komponentlerden biri olan su, Cİ'lerin sertleşme sürecindeki asit baz reaksiyonunda önemli rol oynar. Su içeriği, poliasit ile reaksiyona girerek asidik karboksil gruplarının iç hidrojen bağlarının kırılmasını sağlar ve böylelikle cam ile reaksiyona geçmeye hazır hale gelirler. Asidik solüsyonunun cam partiküllerini kısmen çözmesi ile poliasit jelin oluşumuna katılan pek çok iyonun açığa çıkmasını sağlar (4).

Firmalar cam iyonomer simanları tip 1, 2, 3 biçiminde sınıflandırarak üretmişlerdir. Tip1 CİS'ler yapıştırıcı simanlar olup ince film kalınlığı ve hızlı sertleşme ile karakterizedir. Tip 2 CİS'ler restorasyon materyali olarak kullanılırlar ve 2 alt gruba ayrılabilirler. Tip 2-1 CİS'ler geleneksel ve rezin modifiye tipteki estetik materyallerdir. Tip 2-2 CİS'ler ise daha fazla aşınma direncine sahip olan güçlendirilmiş restorasyon materyalleridir. Tip 3 CİS'ler kaide materyali, fissür-pit sealent olarak kullanılan düşük viskoziteli ve hızlı sertleşen materyallerdir (5). Bazı cam iyonomer materyalleri ve kullanım alanları Tablo 1' de verilmiştir.

CAM İYONOMER	KULLANIM ALANLARI
G-C Fuji I (GC Chemical)	Siman
G-C Dentin Cement (GC Chemical)	Kaide
Ketac-Cem (3M-Espe)	Siman
Ketac-Bond (3M-Espe)	Kaide
Zionomer Liner (Denmat)	Kaide
Ionosit (DMG)	Kaide
Zionomer Cement (Denmat)	Siman
Ketac-Fil and Ketac-Molar (3M ESPE)	Dolgu materyali
Core Zionomer (Denmat)	Kor yapımı
Chem-Flex (Dentsply- De Trey)	Dolgu materyali
Vitrebond (3M Espe)	Kaide
Vivaglass Liner (Ivoclar/Vivadent)	Kaide
Meron AC (Voco)	Siman
Alpha-Fill (DMG-Hamburg)	Dolgu materyali
Fuji IX GP™ Fast (GC Company)	Dolgu materyali
Vidrión R (SS White Artigos Dentários Ltda)	Dolgu materyali
Vitromolar (DFL Indústria e Comércio Ltda)	Dolgu materyali

Tablo 1. Cam iyonomer materyalleri ve kullanım alanları

TARTIŞMA

CİS, herhangi bir yüzey tedavisi yapılmaksızın diş dokusuna kendi kendine bağlanabilen tek materyaldir. Buna rağmen zayıf polialkenoik asit ile bir ön tedavi yapılması, bağlanma etkinliğini arttırabilir (6).

Polialkenoik asitin karboksil grupları ile hidroksiapatidlerin kalsiyum iyonları arasında iyonik bağlar oluşarak gerçek bir kimyasal bağlanma meydana gelir (7,8). CİS'lerin, karboksil içeren asitlerinin hidroksiapatit iyonları ile reaksiyona girmesi sonucunda mine, dentine ve farklı karışımlardaki iyonlarla reaksiyona girmesi sonucunda da çoğu metale kimyasal bağlanabilme özelliğine sahiptirler (9). Mikroporöz ve hidroksiapatit ile kaplanmış kollajen ağında sığ bir hibrit tabakası oluşturan cam iyonomerler, mekanik bir kilitlenme de sağlarlar. Böylece CİS' in diş dokusuna bağlanma kuvveti iki katına çıkmış olur (10).

CİS'ler sertleşmeleri sırasında ve sertleştikten sonra flor saldıkları gibi, asitlere maruz kaldıklarında ilave flor salabilmektedirler. Cİ materyalleri ortamın asiditesi ile orantılı olarak aktif şekilde flor serbestleyebildikleri için akıllı materyaller olarak ta tanımlanmaktadır (11).

Rezk-Lega ve ark. (1991) yaptıkları çalışma sonucunda cam iyonomerlerden salınan flor miktarının pH tarafından kontrol edildiğini ve pH'ın 7' den daha alt seviyelere düşmesi ile flor salımının arttığını bildirmişlerdir (2).

Flor salınımı yapan CİS'ler aynı zamanda ortamda bulunan flor ile tekrar reşarj olabilmektedirler. Bu özelliklerinden dolayı çürük riski yüksek olan ve kserestomi gibi ciddi problemleri olan bireylerde CİS materyallerinin kullanımı önerilmektedir (12). Yapılan çalışmalar CİS' in flor rezervuarı görevini görmesi için en etkili florid ajanının %0,2' lik sodyum florid (NaF) olduğunu bildirmektedir (13). Genel olarak yüksek oranlarda flor salınımı yapan Cİ restoratif materyalleri, yüksek oranlarda flor reşarjı da yapabilmektedirler. Ancak CİS materyallerinin flor salınımı ile baskı dayanımları arasında negatif yönde bir lineer korelasyon bulunmuştur. Böylelikle yüksek flor salınımı yapan restoratif materyallerin mekanik özelliklerinin zayıf olduğu bildirilmiştir (14).

Kontrollü bir şekilde düşük seviyede flor salmaları çürükleri inhibe etmede etkilidir. Buna ilaveten CİS'ler, mine ve dentinin

remineralizasyonu ile ilişkili olan kalsiyum, stronsiyum ve diğer iyonların hareketini destekleyen hidrojel fazı içerirler. Bu hidrojel fazının topikal jeller, gargaralar ve diş macunlarından tükürüğe salınan çevresel florun geri alınımından ve yeniden salınımından sorumlu oldukları düşünülmektedir. Polikarboksilat simanlar ile karşılaştırıldıklarında, CİS, mine, dentin ve metallere daha yüksek bağlanma kuvveti göstermektedir. CİS' lere %10-20 rezin monomerleri ilave edilerek monomerleri polimerize etmek için ışık veya kimyasal aktivatörler ile sertleşen simanlar oluşturulmuştur. Resin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) CİS' ler ile karşılaştırıldığında, daha gelişmiş fiziksel özellikleri olduğu ve daha stabil hidrojellere sahip adeziv simanlar oldukları kabul edilmektedir (15).

CİS' lerin hazırlanması teknik hassasiyetten çok etkilenmektedir. Kuru ortamlarda hidrojeller su kaybederler ve çatlamlar meydana gelir (16). RMCİS' lerin ise toz ve likit bileşenlerinin kapsüle edilmiş olmaları karıştırma prosedürüne kolaylık getirmiştir. RMCİS' lerin kimyasal bağlanabilme özelliklerine ilaveten, polimerizasyon sonrasında resin monomerler yüzeydeki düzensizliklere tutunarak mikro-mekanik bir kilitlenme oluşturmaktadır. Işık ile aktive olan polimerizasyon, asit-baz reaksiyonundan belirgin derecede hızlı ilerlemektedir ve bu polimerizasyon işlemi materyalin başta kırılma direnci olmak üzere diğer fiziksel özelliklerinin üst düzeyde olmasından sorumludur. Materyalin sertliği, kontrollü flor salınımı ve reşarj olması, çürük inhibisyonu ve nemli ortamda kimyasal bağlanabilme özellikleri CİS' lerinki ile benzerlik göstermektedir (15).

Creanor ve ark (1998) yaptıkları *in vitro* çalışmada, kök yüzeyinde oluşturulan ve resin modifiye cam iyonomer restoratif materyal ile doldurulan kavitelelerin etrafındaki yapay lezyonların ilerleyişini değerlendirmişlerdir (17). Sonuç olarak CİS ile doldurulan kavitelelerin çevresinde diğer gruplara oranla daha yüksek remineralizasyon gözlediklerini vurgulamışlardır.

Yapılan başka bir *in vivo* çalışma ile RMCİS ve resin bazlı adeziv sistemleri ile yapıştırılan braketlerin 1 yıl sonunda ağızda kalma oranları karşılaştırılmıştır (18). Buna göre, her iki yapıştırıcı ajan ile klinik olarak

kabul edilebilir braket kırılma oranı gözlemlendiği, fakat resin modifiye cam iyonomer siman grubunda diğer gruba göre belirgin derecede daha fazla braket kırılması olduğu rapor edilmiştir.

Üç farklı simanın demineralizasyona karşı etkilerinin incelendiği bir *in-vitro* çalışma daha yapılmıştır (19). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, flor salma özelliğine sahip olan çinko polikarboksilat siman ve resin-modifiye cam iyonomer simanların klinik uygulamalarda bant çevresinde demineralizasyona karşı koruma sağlayabileceği bildirilmiştir.

Pereira ve ark (1998) konvansiyonel CİS, RMCİS ve flor salan adeziv rezini karşılaştırdıkları *in vitro* çalışmalarının sonucunda, RMCİS' in konvansiyonel CİS' e göre *in vitro* sekonder çürük oluşumuna karşı daha az koruma sağladığını, flor salan adeziv rezinin ise koruma sağlayamadığını rapor etmişlerdir (20).

Bir diğer *in vitro* çalışma sonucunda, restoratif materyal olarak CİS, RMCİS ve poliasit modifiye kompozit rezinler kullanıldığında dentindeki sekonder çürük lezyonlarının ilerleyişinde belirgin bir azalma sağlanabileceği rapor edilmiştir (13).

Flor salan materyaller düşük pH'lara maruz kaldığında saldıkları flor miktarında belirgin bir artış olacağı bildirilmiştir (21). Komori ve Kojima (2003) resin ile güçlendirilmiş yeni bir cam iyonomer simanın flor alım ve geri salımını inceledikleri *in vitro* çalışma sonucunda, bu ürünün konvansiyonel resin ile güçlendirilmiş cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit rezine göre daha fazla flor absorbe ederek daha fazla salınım yaptığını rapor etmişlerdir (22).

Geleneksel cam iyonomer simanlar toz-likit sisteminden oluşur. Toz, bazik alumina silikat cam partikülleri, likit ise poliakrilik asit, akrilik itakonik asit ve akrilik maleik asit kopolimerlerinden oluşur ve genel olarak polialkenoik asit adı altında gruplandırılır. Toz ve likit karıştırıldığında asit-baz reaksiyonu gerçekleşir ve polialkenoik asitler, silikat cam partiküllerinin dış yüzeyini çözerek alüminyum, sodyum ve flor iyonlarının salınmasına neden olur. Daha sonra çift değerli kalsiyum iyonları asitlerin iyonize karboksil gruplarına bağlanır. Likitte bulunan ve asit-baz reaksiyonu başlayınca ortaya çıkan suyun etkisi ile polialkenik asit tuzlarını içeren tuz matrisi

(polialkenoat) oluşur ve silikat partiküllerinin yüzeyi silika hidrojele dönüşür. Polialkenoik asitlerin karboksil grupları mine ve dentin hidroksiapatitindeki kalsiyum iyonlarına iyonik bağ yapar ve restorasyon ile diş arasında kimyasal bağlanma oluşur. Cam iyonomerin ortalama bağlanma kuvvetleri 3-10 Mega Paskal (MPa) olarak bildirilmektedir (5).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, hem sürekli hem de süt dişlerinde uygulanan I. sınıf ART (Atravmatik Restoratif Tedavi) restorasyonlarında yüksek viskoziteye sahip CİS materyalleri daha başarılı bulunmuştur ve orta derecede viskoziteye sahip CİS'lerin ART restorasyonu yapımında kullanımı önerilmektedir (23).

Geleneksel Cam İyonomer Simanlar ve Antikaryojenik Özellikleri

1. CİS ile diş dokuları arasında oluşan kimyasal bağlanma, iyon alışverişini kolaylaştırır ve florür salınımı gerçekleşir.
2. Florür salınımı ile sekonder çürük oluşumu azalabilir ve/veya önlenir.
3. Florür simandan difüzyon yolu ile salınmaktadır.
4. CİS flor rezervuarı olarak görev yapar. Diş macunu, ağız gargaraları ve topikal flor uygulamaları sırasında ortamda bulunan florür iyonlarını depolar.
5. Florür CİS' ten ilk hafta maksimum düzeyde salınır ve daha sonra 18 ay süreyle salınımı devam eder.
6. Florür, dentin dokusunun da yapısı içine difuze olur. Doku içine 35-50 µm derinliğine kadar ilerler ve bakteri difüzyonunu ve dentinin demineralizasyonunu engeller (24).

Cam iyonomer simanlar flor salınımları ile sekonder çürük başlamasını minimize eder. Oral dokularla biyouyumludur. Diş dokusuna kimyasal olarak bağlanır. Toz-likit sistemli geleneksel CİS' ler, ışıkla sertleşmemesi ve karıştırma için özel bir cihaz gerektirmemesinden dolayı saha koşullarında ideal adeziv restorasyon materyali olarak gösterilmiştir. 1994' e kadar yapılan ART çalışmalarında kullanılan, konvansiyonel cam iyonomer simanların zayıf fiziksel özellikleri ve aşınmaya karşı dirençlerinin az olması nedeniyle başarısız sonuçlar alınmıştır (25,26).

CİS' ler, flor salınımı, diş dokusuna kimyasal olarak bağlanabilme yeteneği, kolay hazırlanabilmesi, sağlıklı diş dokusunun Cilt / Volume 14 · Sayı / Number 2 · 2013

korunması gibi nedenlerle ART için günümüze kadar popüleritesini korumuştur. Geliştirilerek, flor oranı yüksek, daha sert, dayanıklı ve kondanse edilebilir, ART tekniğine uygun CİS' ler (Ketac molar-3M Espe, Fuji IX-GC Company, Chemflex- Dentsplay) piyasaya sunulmuştur (27,28).

ART için özel olarak geliştirilmiş bu materyallerin mekanik özellikleri, daha fazla yük gelen kontakt bölgelerde konvansiyonel cam iyonomerlere göre daha başarılı bulunmuştur (10, 29-33).

Cam iyonomer simanlar geliştirilerek, kalıcı dişlerde de kullanılabilir özelliklere kavuşmuştur. Özellikle bir yüzlü kaviteelerde, yüz güldürücü sonuçlar alınmıştır (34).

Cam iyonomer restorasyon materyallerin günümüzde daha da geliştirilmiş olmalarının yanında, II. sınıf kaviteelerde ART restorasyonlarının başarı oranları daha düşük bulunmuştur. Frencken ve ark.'nın 1996' da (35) ve Lo ve Holmgren' in 2001' de (36) yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. II. sınıf kaviteelerde, daha dayanıklı CİS' lerin veya uygun adeziv materyallerle kompomerlerin kullanımının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry: the glass ionomer cement. *British Dental Journal* 1972; 132: 133-5.
2. Rezk-Lega F, Ogaard B, Rolla G. Availability of fluoride from glass-ionomer luting cements in human saliva. *European Journal of Oral Sciences* 1991; 99 (1): 60-3.
3. Raimond NB, Duinen Van Kleverlaan CJ, De Gee AJ, Werner A, Feilzer AJ. Early and long-term wear of 'Fast-set' conventional glass-ionomer cements. *Dental Materials* 2005; 2: 716-20.
4. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *International Dental Journal* 1998; 48: 3-16.
5. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: A review. *Australian Dental Journal* 2004; 49: 3.
6. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H: Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dental Materials* 2001; 17: 445-55.
7. Van Meerbeek B. *et al.* Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry* 2003; 28: 215-35.
8. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research* 2000; 79: 709-14.
9. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. Glass ionomer cement formulation. I. The preparation of novel fluoroaluminosilicates glass high in fluorine. *Journal of Dental Research* 1979; 58: 1607-19.
10. Yip HK, Smales RJ, Ngo HC, Tay FR, Chu FC. Selection of restorative materials for the atraumatic restorative treatment

- (ART) approach: a review. *Special Care in Dentistry* 2001; 21(6): 216-21.
11. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science* 2006; 14(sp. Issue): 3-9.
 12. Gandolfi MG, Chersoni S, Acquaviva GL, Piana G, Prati C, Mongiorgi R. Fluoride release and absorption at different pH from glass-ionomer cements. *Dental Materials* 2006; 22(5): 441-9. (Epub 2005 Sep 8)
 13. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Koubia EK, Tolidis K. Inhibition of demineralization in vitro around fluoride releasing materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003; 30: 1216-22.
 14. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 2003; 24(14): 2451-61.
 15. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2001; 120: 45-8.
 16. Koroğlu A, Ekren O, Kurtoğlu C. Geleneksel ve Adeziv Dental Simanlar Hakkında Bir Derleme Çalışması. *Atatürk üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 2012; 22(2): 205-16.
 17. Creanor SL, Awawdeh LA, Saunders WP, Foye RH, Gilmour WH. The effect of resin-modified glass ionomer restorative material on artificially demineralised dentine caries in vitro. *Journal of Dentistry* 1998; 26: 527-31.
 18. Hegarty DJ, Macfarlane TV. In vivo bracket retention comparison of a resin modified glass ionomer cement and a resin-based bracket adhesive system after a year. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2002; 121: 496-501.
 19. Foley T, Aggarwal M, Kofman SH. A comparison of in vitro enamel demineralization potential of 3 orthodontic cements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2002; 121: 526-30.
 20. Pereira PNR, Inokoshi S, Tagami J. In vitro secondary caries inhibition around fluoride releasing materials. *Journal of Dentistry* 1998; 26: 505-10.
 21. Jacobson APM, Map M, Strang R, Stephen KW. Effect of low fluoride levels in de/remineralization solutions of pH-cycling model. *Caries Research* 1991; 25: 230-1.
 22. Komori A, Kojima I. Evaluation of a new 2-paste glass ionomer cement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2003; 123: 649-52.
 23. Van' t Hof MA, Frencken JE, Van Palenstein Helderma WH, Holmgren CJ. The atraumatic restorative treatment (ART) approach for managing dental caries: a meta-analysis. *International Dental Journal* 2006; 56 (6): 345-51.
 24. Dayangaç B. Cam İyonomer Simanlar. In: Kompozit Rezin Restorasyonlar. 1. Baskı. Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara, p: 93, 2000.
 25. Frencken JE, Makoni F, Sithole WD. ART restorations and glass ionomer sealants in Zimbabwe: survival after 3 years. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 1998; 26(6): 372-81.
 26. Mallow PK, Durward CS, Klaipo M. Restoration of permanent teeth in young rural children in Cambodia using the atraumatic restorative treatment (ART) technique and Fuji II glass ionomer cement. *International Journal of Paediatric Dentistry* 1998; 8(1):35-40.
 27. Frencken JE, Holmgren CJ. Atraumatic Restorative Treatment for dental caries. The ART approach-step by step. STI book b.v, Nijmegen, Netherlands, 1999.
 28. Frencken JE, Holmgren CJ. How effective is ART in the management of dental caries? *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 1999; 27: 423-30.
 29. Ewoldsen N, Covey D, Lavin M. The physical and adhesive properties of dental cements used for atraumatic restorative treatment. *Special Care Dentistry* 1997; Jan-Feb 17(1): 19-24.
 30. Hosoya Y, Garcia Godoy F. Bonding mechanism of Ketac-Molar Aplicap and Fuji IX GP to enamel and dentin. *American Journal of Dentistry* 1998; Oct 11(5):235-9.
 31. Shoni SZ. A Behavioral dental science research concerning prevention of dental fear. A report on the surveys of dental fear in four counties Japan, Indonesia, Brazil and Argentina. 1990.; 28: 1014-24.
 32. Smales RJ, Gao W, Ho FT. In vitro evaluation of sealing pits and fissures with newer glass-ionomer cements developed for the ART technique. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 1997; 21(4): 321-3.
 33. Castro A, Feigal RE. Microleakage of a new improved glass ionomer restorative material in primary and permanent teeth. *Pediatric Dentistry* 2002; Jan-Feb 24(1): 23-8.
 34. Lo ECM, Luo Y, Fan MW, Wei SHY. Clinical Investigation of Two Glass-Ionomer Restoratives Used with the Atraumatic Restorative Treatment Approach in China: Two-Years Results. *Caries Research* 2001; 35(6): 458-63.
 35. Frencken JE, Pilot T, Songpaisan Y, Phantumvanit P. Atraumatic Restorative Treatment (ART): Rationale, Tecnique, and Development. *Journal of Public Health Dentistry* 1996; 56: 135-40.
 36. Lo ECM, Holmgren CJ. Provision of Atraumatic Restorative Treatment (ART) restorations to Chinese pre-school children-a 30-month evaluation. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2001; 11(1): 3-10.