



## CAM İYONOMER SİMANLARDAKİ GELİŞMELER

### ADVANCES IN GLASS IONOMER CEMENTS

Dt. Tuğba KAYA \*

Yard. Doç. Dr. Resmiye Ebru TİRALİ \*

**Makale Kodu/Article code:** 962  
**Makale Gönderilme tarihi:** 06.11.2012  
**Kabul Tarihi:** 28.01.2013

#### ÖZET

Son yıllarda klinik diş hekimliğinde cam iyonomer simanlar ve uygulamaları ile ilgili bir dizi yenilikler görülmektedir. Bu makalede, 'Cam iyonomer Simanlardaki Gelişmeler' genel başlığı altında cam iyonomer simanların kullanım alanları, adezyon ve sertleşme mekanizmaları, tipleri ve kendi içlerinde avantaj ve dezavantajlarının yanında cam iyonomer simanların fiziksel ve antibakteriyel özelliklerinin artırılması için yapılan yeni çalışmalardan önemli olanlar değerlendirilmiştir. Cam iyonomer simanlar biyolojik uyumlulukları ve flor iyonu salmaları nedeniyle kaide, süt dişi daimi restorasyonu, kron, ortodontik band ve yer tutucuların yapıştırılması, yüksek çürük riskli hastalarda yeni süren daimi azaların fissürlerinin örtülmesi gibi pek çok klinik uygulamada kullanılmaktadır. Son yıllarda toz oranında yapılan değişikliklere ek olarak sertleşme reaksiyonları da modifiye edilmek suretiyle fiziksel özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Diş hekimliği marketine yeni sürülen EQUİA, gibi ürünler farklı özellikleri nedeniyle ilgi çekicidir. Bu derlemede cam iyonomer simanların özellikle restoratif tiplerindeki yeniliklerden bahsedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Cam iyonomer siman, cam iyonomer simanlardaki modifikasyonlar

#### ABSTRACT

In recent years there have been a number of innovations and developments with respect to glass ionomer cements and their applications in clinical dentistry. This article considers some of the recent outstanding studies regarding the field of glass ionomer cement applications, adhesion and setting mechanisms, types, advantage and disadvantages among themselves and also to enhance the physical and antibacterial properties under the title of 'Advances in Glass Ionomer Cements'. As their biological compatibility and fluoride ion release, these materials are being used in several clinical applications such as cavity base, permanent restorations of deciduous teeth, cementation of crowns, orthodontic bands and space maintainers, and sealing the fissures of newly erupting permanent molar. Lately, in order to enhance the physical properties, setting reactions are being modified besides the changes in powder/liquid ratio. Products like EQUİA, which are new in dental market, seem to be appealing because of their superior physical properties. In this review article, innovations in especially the restorative types of glass ionomer cements are discussed.

**Key Words:** Glass ionomer cement, modifications in glass ionomer cement

#### Cam İyonomer Simanların Genel Özellikleri

Cam iyonomer simanlar ilk defa 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından geliştirilerek ASPA (Alumino-silicatepolyacrylic asit) adı altında tanıtılmıştır<sup>1</sup>. Toz ve likit formların karıştırılması ile elde edilen cam iyonomer simanlar silikat simanla polikarboksilat simanın hibriti şeklinde tanımlanmaktadır<sup>2</sup>. Cam

iyonomer simanın tozu, bazik flo-ro-alumino silikat taneciklerinden, likiti ise orijinal olarak aközpoliakrilik asitten oluşur. Toz aynı zamanda büyük miktarlarda kalsiyum ve florür ve küçük miktarlarda sodyum ve fosfat içermektedir. Poliasitlerin geniş bir aralığı alkenoik asitlerin homo veya kopolimerlerinin temeli olarak bulunmaktadır<sup>3</sup>.

\* Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, ANKARA



### **Cam İyonomer Simanların Tipleri**

Cam iyonomer simanlar tip I, tip II ve tip III olarak da sınıflandırılmaktadır.

Tip I: Yapıştırma simanı

Tip II: Restoratif materyal olarak

a) Estetik

b) Güçlendirilmiş

Tip III: Hızlı sertleşen kaide materyali ve fissür örtücü olarak kullanılanlar<sup>4</sup>.

### **Cam iyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması**

Cam iyonomer simanın sertleşmesi asit baz reaksiyonu ile olur ve sonucunda bağlayıcı matris rolü oynayan hidrojel tuzu oluşur. İyonize gruplar, yüzeydeki alanlar ve ulaşılabilir katyonlar için yarışır. Kalsiyum iyonları, asitlerin iyonize karboksil gruplarına şelasyon reaksiyonu ile bağlanır. İyonik olarak çapraz bağlantı yapmış ağın hidrolitik stabilitesi sertleşmeden sonra oluşur. Sertleşme reaksiyonu tamamlandıktan sonra da varlığını devam ettiren hidrojel hem siman içinde hem de siman çevresi ile arasında iyon alışverişinin gerçekleşmesini sağlar. Yaklaşık 24-72 saat içinde kalsiyum iyonları alüminyum iyonları ile yer değiştirir, güçlü çapraz bağlar oluşur ve cam iyonomer siman daha dayanıklı bir yapı kazanır. İnternal çapraz bağlanma reaksiyonu serbest radikal polimerizasyon süreci sonucu oluşur. Materyalin kendi içinde moleküler veya yan gruplar arasında ikincil bir bağlanma olur ve bu olay da katyonların karboksil gruplarına yaklaşarak çapraz bağlantı yapmasını engeller<sup>3-4</sup>.

### **Cam İyonomer Simanların Adezyonu**

Cam iyonomer simanlarda adezyonun gerçekleşebilmesi için; temiz bir yüzey, bu yüzeyin adezivle tam olarak ıslanması ve adezivin sıvı formdan katı forma geçişi gerçekleşmelidir<sup>4</sup>. Diş dokusuna adezyon iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada mikromekanik bir kilitleme olur. Bu kilitleme, alkenoik asidin diş yüzeyini temizlemesi ile oluşan yüzeyel demineralizasyon ve hidroksiapatit ile kaplı kollajen fibrillerin yüzeyel hibridizasyonu ile elde edilir. Diğer aşamada ise kimyasal bir bağlanma söz konusu olup polialkenoik asidin karboksil grubu ile açığa çıkan kollajen etrafında kalan hidroksiapatitin kalsiyumu arasında iyonik bağın oluşması ile meydana gelir<sup>2</sup>. Adezyon için cam iyonomer simanın kaviteye yerleştirilmesinden önce %15-40'luk poliakrilik asit solüsyonunun kaviteye uygulanması önerilir<sup>5</sup>.

### **Cam İyonomer Simanların Avantajları ve Dezavantajları**

Cam iyonomer simanların dişteki kalsiyum iyonları veya ham metal iyonları ile çapraz bağlantı yapabilme kapasitesine bağlı olarak dişe ve ham metallere direkt adezyonu, florür salınımına bağlı olarak antikaryojenik özellikleri, dişe benzer termal ekspansiyon katsayısına bağlı olarak diş mine ve dentinine termal uyumluluk göstermesi, mine yüzeyindeki düşük büzülmeyle bağlı olarak minimize edilmiş mikro sızıntı ve monomer içermemesi ya da düşük oranda içermesine bağlı olarak düşük sitotoksite gibi çeşitli avantajları nedeniyle günümüzde diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahiptir<sup>6-9</sup>.

Kullanım alanını kısıtlayan faktörler ise aşınma direncinin düşük, çalışma zamanının kısa, sertleşme süresinin uzun olması; kırılmaya ve sertleşme sırasında nem kontaminasyonuna duyarlı yapısı, yüksek oranda mikrosızıntı gösterebilmeleridir<sup>10</sup>.

### **CAM İYONOMER SİMANLARDAKİ GELİŞMELER**

#### **Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar (RMCİS)**

Geleneksel cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini arttırmak için materyale rezin eklenerek rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) elde edilmiştir. Bu simanlar uzamış çalışma süresi ve artmış yüzey sertliği gibi avantajlara sahiptir. RMCİS, iyon salınımı yapabilen ışığa duyarlı (fotosensitif) cam tozu ve fotoinitiyator içeren ve temeli poliakrilik asit olan sıvı olmak üzere iki komponentten oluşur. RMCİS'in ilk reaksiyonu asit-baz reaksiyonu, ikincil reaksiyon fotokimyasal polimerizasyondur<sup>11</sup>.

RMCİS' biyolojik olarak uyumlu, diş kimyasal olarak yapışabilen ve flor salabilen hidrofilik, kısmen estetik, kolay uygulanabilen ve ağız dokularında az çözünen bir materyaldir<sup>12,13</sup>.

#### **Cam İyonomer Sermet Simanlar**

Sermet (seramik-metal) simanların kullanımı 1980'lerde gündeme gelmiştir<sup>14</sup>. Bu materyallerde metaller (gümüş veya altın) camın birlikte yüksek ısı altında eritilmesi ile elde edilirler. Tozun özellikleri hemen hemen geleneksel cam iyonomer siman ile aynıdır. Materyalin gri renginin eklenen titanyum oksit nedeniyle oluştuğu bildirilmiştir<sup>15,16</sup>.



Estetik problemler nedeniyle kullanımı arka grup dişlerle sınırlıdır. Önceki çalışmalarda sermet simanlar için rapor edilen abrazyon ve kırılma direncine karşı dayanıklılık düzeyi yapılan daha yeni çalışmalarla da doğrulanmamıştır<sup>15-19</sup>. Ayrıca Sermet simanlardan florür salınımı geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha zayıftır<sup>20,21</sup>. Sermet simanlar süt dişlerinde amalgam restorasyonlara alternatif olarak düşünülmüştür<sup>22-25</sup>. Sermet simanların yüzeyinin pürüzlü olması, bazen hava kabarcığı içermesi, amalgama kıyasla düşük abrazyon direnci ve düşük kırılma direnci başlıca dezavantajlarıdır<sup>25</sup>. Bu özellikleri nedeniyle Sermet simanlar Sınıf II,III,IV kavitelere göre Sınıf I kavitelere daha başarılı olmaktadır<sup>22,24</sup>.

### **Kondanse Edilebilen (Yüksek Viskoziteli) Cam İyonomer Simanlar**

Özellikle 1990'larda Atravmatik Restoratif Tedavi (ART)'nin yaygınlaşması bu simanın kullanımını da arttırmıştır. Bu simanlar; yüksek viskoziteli toza poliakrilik asit eklenmesiyle elde edilir<sup>25</sup>. Yüzey sertlikleri hibrit kompozitlere benzer bulunmuştur<sup>26</sup>. Abrazyon dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla olup<sup>27-28</sup>, flor salınımları ise geleneksel cam iyonomer simanlara benzerdir<sup>27</sup>. Aşınma direnci, gerilme direnci ve abrazyon direnci geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha üstündür. Elde edilen estetik kabul edilebilir düzeydedir<sup>29</sup>.

Son yıllarda dental literatürde cam iyonomer simanların fiziksel ve antibakteriyel özelliklerini arttırmak adına çeşitli çalışmalar yer almaktadır.

Fiziksel özelliklerini arttırmaya yönelik girişimler: ultrasonik dalga aktivasyonu, N- vinylcaprolactam eklenmesi, nanopartiküllerin eklenmesi, ısı uygulanması, lazer ile kavite preparasyonu ve materyalin sertleşme ortamının modifiye edilmesi olarak özetlenebilir. Antibakteriyel özelliklerini arttırmaya yönelik girişimler antibakteriyel ajanların eklenmesi ile karşımıza çıkmaktadır.

### **Cam İyonomer Simanların Fiziksel Özelliklerini Arttırmak İçin Yapılan Çalışmalar**

#### Ultrasonik Dalga Aktivasyonu

Baloch ve ark. yaptığı bir çalışmada ultrasonik enerji uygulanarak sertleşmesi tamamlanan cam iyonomer simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla mikrosertlik gösterdiğini bildirmişlerdir<sup>30</sup>.

Bu çalışmanın verileri ultrasonik dalgalarla aktive edilen cam iyonomer simanlarda aşınmanın azaldığını ve geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksek mikrosertliğin oluştuğunu gösteren bir diğer çalışma ile örtüşmektedir<sup>31</sup>. Tower ve ark. yaptığı diğer bir çalışmada ise mikrosertliğin artışı şöyle açıklanmaktadır; Ultrasonik dalgalar asit ve tozun daha yakın karıştırılmasına neden olarak cam ve asit arasında daha fazla temas alanı oluşturur. Aynı zamanda ultrasonik dalgalar cam fazındaki partiküllerin boyutunu azaltır ve asitle daha fazla reaksiyon yüzeyine neden olarak artık cam partiküllerinin daha iyi düzenlenmesiyle daha kompakt bir katı oluşmasını sağlamaktadır<sup>32</sup>. Sonuç olarak; ultrasonik dalgalarla enerji yüklemesi yapılması cam iyonomer siman restoratif materyal olarak kullanılacağı zaman hem kuvvetlere daha fazla dayanabilmesi hem de daha uzun ömürlü olması açısından tercih edilebilir.

#### N- vinylcaprolactam Eklenmesi

Geleneksel cam iyonomer simanlara N- vinylcaprolactam (NVC) eklenmesiyle simanın yüzey sertliği, flor salınımı ve su emilimi açısından değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmanın sonucunda NVC eklenmesinin su absorpsiyonunu arttırdığı, su absorpsiyonunun artmasına bağlı olarak flor salınımının azaldığı ancak yüzey sertliğinde önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür<sup>33</sup>. NVC eklenerek simanın yüzey özellikleri ve bağlanma direncinin incelendiği diğer bir çalışmada terpolimer içeren NVC içerikli cam iyonomer simanlar geleneksel simanlara göre yüzey özelliği açısından daha başarılı bulunmuştur. Aynı zamanda mine ve dentine adezyonda da önemli oranda artış görülmüştür<sup>34</sup>. Cam iyonomer simanlara NVC eklenerek yapılan diğer bir çalışmada da kırılma dayanıklılığı ve bükülme direnci kontrol grubuna göre önemli oranda üstün bulunmuştur<sup>35</sup>.

#### Nanopartiküllerin Eklenmesi

Rezin kompozitlere nanopartikül eklenmesi kompozitlerin dayanıklılığını ve mekanik özelliklerini arttırdığı bulunmuştur<sup>36,37</sup>. Yakın zamanda cam iyonomer simanlara nanopartikül eklenmesi gündeme gelmiştir. Materyalin tozuna iterbiyum florür ve baryum sülfat nanopartiküllerinin eklenmesinin çalışma süresi ve başlangıç sertleşme süresini kısalttığı, ancak baryum sülfatın daha fazla eklenmesi sertleşme reaksiyonuna engel olduğu bildirilmiştir. Basma



dayanıklılığının baryum sülfat veya iterbiyum florür eklenmesiyle azaldığı ve yüzey sertliğinin önemsiz oranda arttığı; fazla nanopartikül ilavesiyle ise azaldığı bulunmuştur<sup>38</sup>. Easy Quick Unique Intelligent Aesthetic (EQUIA) ve nano dolduruculu ışıkla sertleşen cilanın birlikte kullanılarak yapıldığı bir yüzlü, iki yüzlü ve 3 ve daha fazla yüzlü daimi restorasyonların başarısı karşılaştırılmıştır. Yüzey sayısının artmasıyla başarı oranının düştüğü izlenmiştir. Bu çalışmanın sonunda materyalin sınıf I ve sınıf II kavitelelerin daimi restorasyonlarında kullanılabilmesi ancak sınıf II kavitelelerde endikasyon konusunda dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir<sup>39</sup>.

Nanopartikül teknolojisi ile mine benzeri yapı oluşturulmak istenmiştir ve sonuç olarak cam karbomerler ortaya çıkmıştır. Cam karbomerlerde küçük partiküllü gelişmiş toza floropatit eklenmiştir. Bu materyali test eden çalışma sayısı çok sınırlıdır ve cam karbomer ile yapılan sealantlarda daha fazla çürük lezyonu görüldüğünü bildirmişlerdir<sup>40</sup>. Ketac Molar Easy Mix (KMEM), cam karbomer ve geleneksel cam iyonomer simanların basma kuvvetine karşı direncini karşılaştıran bir çalışmada materyaller arasında anlamlı farklılık gösterilememiştir<sup>41</sup>.

Rezin modifiye ve geleneksel cam iyonomer simanlara fiziksel özelliklerini güçlendirmek amacıyla biyoaktif cam eklenmesi denenmiş ancak biyoaktif cam kütlesinin artmasının simanın basma direncinde azalmaya neden olduğunu bildirilmiştir<sup>42</sup>.

#### Isı Uygulanması

Kuter in<sup>43</sup> yaptığı çalışmada kondanse edilebilen geleneksel cam iyonomer siman Fuji IX ve seramikle güçlendirilmiş geleneksel cam iyonomer siman Amalomer CR, ısı kaynağı olarak elektrikli, metal uçlu havya ile muamele edilmiştir. Cam iyonomer simanların başlangıç sertleşme süresinin bitiminin ardından 2 dakika süre ile 80±20 °C sıcaklık uygulanmıştır. Sonuç olarak, ısı uygulamasının geleneksel cam iyonomer simanın mikrosertlik ve mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Isı uygulanması, materyallerin radyopasitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır.

#### Lazer Kullanımı

Katleen ve ark. Erbiyum: Yttriyum-Aluminyum-Garnet lazer ( Er-YAG lazer ) ile ve frezler ile hazırlanan sınıf V kavitelelerde 4 çeşit geleneksel cam iyonomer siman ile bir rezin modifiye cam iyonomer simanın

mikrosızıntı miktarlarını karşılaştırmıştır. Aynı zamanda kaviteleler % 25 poliakrilik asit içeren materyal ile ön hazırlık yapılanlar ve yapılmayanlar olarak ikiye ayrılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda hiçbir prosedürün tamamıyla mikrosızıntıyı elimine etmediği ve sınıf V kavitelelerde gingival marjindeki mikrosızıntının okluzal marjindeki mikrosızıntıdan fazla olduğu görülmüştür. RMCİS diğer dört geleneksel simana göre en az mikrosızıntıyı göstermiştir. Lazer uygulaması mikrosızıntıyı azaltmazken lazer ile hazırlanan kavitelelerde en fazla mikrosızıntı Ionofil Molar Quick kullanıldığında görülmüştür<sup>44</sup>.

#### Cam İyonomer Simanların Sertleşme Sırasındaki Ortamı

Abduo ve Swain in yapmış oldukları çalışmalarında, cam iyonomer siman örnekleri su, hava ve Dentocal (casein phosphoprotein-amorphous calciumphosphate- containing solution) içinde 21 gün sertleşmeye bırakılarak, biaksiyel eğilme direncine bakılmış ve Dentocal içindeki örneklerin su içinde saklananlardan, su içine bırakılanların da hava ortamına bırakılanlardan daha dirençli oldukları belirtilmiştir. Aynı zamanda bu tamir edici veya güçlendirici-ilerletici mekanizmanın polialkenat zincirleri ve cam partikülleri arasında devam eden çapraz bağlantı ile olduğu bunun da Dentocal içindeki fosfat ve kalsiyum iyonları yardımı ile olduğu düşünülmektedir<sup>45</sup>.

#### **Cam İyonomer Simanların Antibakteriyel Özelliklerini Arttırmak İçin Yapılan Çalışmalar**

##### Antibakteriyel Ajanların Eklenmesi

Dental materyal içerisinde antibiyotik bulunması oral patojenler üzerine etkili olsa da klinik uygulamadan önce mekanik ve biyolojik özellikleri değerlendirilmelidir. Örneğin; odontoblastlar pulpanın iyileşmesi üzerinde önemli rol oynamaktadır ve odontoblastlara gelebilecek bir zarar apoptozis mekanizmasını indükleyerek iyileşmeyi bozabilir. Bu nedenle antibakteriyel ajan tercihen toksik olmamalıdır<sup>44-48</sup>.

Tetrasiklinin dentindeki yıkımdan sorumlu olan metalloproteinazların (mmps) salınımını engellediği bildirilmiştir<sup>49</sup>. Odontoblast benzeri hücrelerde herhangi bir toksik etki yaratmadan ve dental materyalin mekanik özelliğini bozmadan farklı doksisisiklin hyclate konsantrasyonlarından hangisinin daha etkili olduğu tartışma konusudur. % 3 lük konsantrasyonunun uygun olduğu bildirilmiştir<sup>50</sup>.



Geleneksel cam iyonomer simanın içine klorheksidin diasetat/cetrimit içeren cam iyonomer simanların karşılaştırılmasıyla yapılan bir çalışmada klorheksidin içeren simanlar streptococcus mutans'a karşı daha etkili olurken cetrimit içeren simanlar lactobasillus casei'ye karşı etkili bulunmuştur. Klorheksidin diasetat, klorheksidin diglukonat, klorheksidin dihidroklorit eklenmesiyle birlikte antibakteriyel etkinlikte artış görülmesine karşın, yüzey mikrosertliğinde önemli derecede azalma görülebileceği bildirilmiştir<sup>51</sup>. Eklenen klorheksidin diglukonatin yüzdesi sıklıkla %10 veya %18 dir<sup>52,53</sup>.

Antibakteriyel etkinliği arttırmak için eklenen bir diğer materyal gümüş zeolittir. Çınar ve ark. yaptığı *in vitro* çalışmada, gümüş zeolitin ART teknik için geliştirilen Fuji IX ve ChemFlex camiyonomer simanların tozuna eklenmesiyle süt dişi ve cam iyonomer siman arasında meydana gelmesi muhtemel mikrosızıntının değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın sonucunda iyi bir antibakteriyel ajan olan gümüş zeolitin Fuji IX ve ChemFlex ile birlikte kullanılabilmesi ancak üretici firmaların oluşturdukları içerik ve uygulama farklılıklarına bağlı olarak farklı mikrosızıntı değerleri gösterdiği saptanmıştır. Okluzal kenarda; Fuji IX+gümüş zeolit en düşük mikrosızıntı değerlerini verdiği, en yüksek mikrosızıntı değerlerini ise ChemFlex'in gösterdiği izlenmiştir. Gingival kenarda; en düşük mikrosızıntı değerlerini FujiIX'un, en yüksek mikrosızıntı değerlerini ise ChemFlex+ gümüş zeolit'in gösterdiği saptanmıştır<sup>54</sup>.

Sonuç olarak;

Cam iyonomer simanlar süt dişlerinin daimi restorasyonlarında ve daimi dişlerin geçici restorasyonlarında rezin kompozitlere iyi bir alternatif olmakla birlikte mekanik ve fiziksel özelliklerinin artırılması amacıyla yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Cam iyonomer simanlar, restoratif materyal olarak sınıf II restorasyonlarda kullanıldığında marjinal kırıklar sık görülmektedir. Bu komplikasyonun önüne geçilebilmesi için yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar tercih edilmelidir. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini arttırmak için yapılan çalışmalar incelendiğinde ısı uygulaması klinikte uygulanması en mümkün olan yoldur.

## KAYNAKLAR

1. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. Br Dent J 1972;132:133-5.
2. Köroğlu A, Ekren O, Kurtoğlu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2012; 22:205-16.
3. McLean JW. The clinical use of glass ionomer cements. Dental Clinic of North America 1992; 36:693-711.
4. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass -ionomer cements to dentin. J Dent Res 1992;71:1836-41.
5. Van de Voorde A, Gerdt GJ, Murchinson DF. Clinical application area for glass ionomer cements: literature review. Quintessenz. 1988 Nov;39:1903-16.
6. Hume WR, Mount GJ. In vitro studies on the potential for pulpal cytotoxicity of glass-ionomer cements. J Dent Res 1988;67:915-8.
7. Wiegand A, BuchallaW, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. Dent Mater 2007;23:343-62.
8. Lacefield WR, Reindl MC, Retief DH. Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. J Prosthet Dent 1985;53:194-8.
9. Nicholson JW. Glass-ionomers in medicine and dentistry. Proc Inst Mech Eng 1998;212:121-6.
10. McCabe JF. Applied Dental Materials, 9th Edition. New Jersey, Wiley Blackwell, 2008: 285-6.
11. Sidhu SK. and Watson TF. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. Am J Dent 1995;8:59-67.
12. Croll TP , Helpin ML. Class II vitremer restoration of primary molars. J Dent Child 1995;62:17-21
13. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature, Pediatric Dent 2002;24:423-9.
14. McLean JW, Gasser O. Glass-cermet cements. Quintessence Int. 1985;16:333-42.
15. McLean JW, Gasser O. Glass- cermet zements I : Quintessenz 1985;36:2059-68.



16. McLean JW, Gasser O. Glass- cermet zements II : Quintessenz 1985;36:2275-84.
17. McKinney JE, Antonucci JM, Rupp NW. Wear and microhardness of a silver-sintered glass ionomer cement. J Dent Res 1988;67:831-5.
18. Walls AWG, Adamson J, McCabe JF, Murray JJ. The properties of a glass polyalkenoate(ionomer) cement incorporating sintered metallic particles. Dent Mater 1987;3:113-6.
19. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. The comparative strengths of commercial glass ionomer cements with and without metal additions. Br Dent J 1992;172:437.
20. Fross H, Seppa L. Prevention of enamel demineralisation adjacent to glass ionomer filling materials. Scand J Dent Res 1990;98:173-8.
21. Thornton JB, Retief DH, Bradley EL. Fluoride release from and tensile bond strength of Ketac Fil and Ketac Silver to enamel and dentin. Dent Mater 1986;2:241-5.
22. Hickel R, Voss A. A comparison of glass cermet cement and amalgam restorations in primary molars. J Dent Child 1990;57:184-8.
23. Engelsmann U, Kocher TH, Albers HK. Comparative long-term studies on Ketac Fil and amalgam in deciduous teeth. 1988;43:291-4.
24. Krämer N, Kunzelmann KH, Pollety T, Pelka M, Hickel R. Long-term results with Cermet cement filling in class I/II cavities. Dtsch Zahnärztl Z 1994;49:905-9.
25. Donovan TE, Daftary F. Clinical uses of glass ionomer as restorative materials. Compend Contin Educ Dent 1987;8:180-8.
26. Gluggenberger R, May R, Stefan KP. New trends in glass ionomer chemistry. Proceedings of the 1st European Union Conference on glass-ionomers, Coventry 1996.
27. Forsten L. Short- and long-term fluoride release glass ionomers and other fluoride-containing materials in vitro. Scand J Dent Res 1990;98:179-85.
28. Krämer N, Pelka M, Kautetzky P, Sindel J, Petschelt A. Wear resistance of compomers and condensable glass ionomer cements. Dtsch Zahnärztl Z 1997;52:186-9.
29. Burke FJT, Fleming GJP, Owen FJ and Watson DJ. Materials for restoration of primary teeth:2. Glass ionomer derivatives and compomers. Dent Update Jan-Feb 2002;29:10-4, 16-7.
30. Baloch FA, Mirza AJ, Baloch D. An in-vitro study to compare the microhardness of glass ionomer cement set conventionally versus set under ultrasonic waves. International Journal of Health Sciences 2010;4:149-55.
31. Towler MR, Bushby AJ, Billington RW, Hill RG. A preliminary comparison of the mechanical properties of chemically cured and ultrasonicallycured glass ionomer cements, usingnano-indentation techniques. Biomaterials 2001; 22: 1401-6.
32. Towler MR, Crowley CM, Hill RG. Investigation into the ultrasonic setting of glass ionomer cements. Part I Postulated modalities. J Mater Sci Letters 2003;22:539-41.
33. Moshaverinia A, Ansari S, Roohpour N, Reshad M, Schricker SR, Chee WW. Effects of N-vinylcaprolactam containing polyelectrolytes on hardness, fluoride release and water sorption of conventional glass ionomers. J Prosthet Dent 2011;105:323-31.
34. Moshaverinia A, Chee WW, Brantley WA, Schricker SR. Surface properties and bond strength measurements of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer cements. J Prosthet Dent. 2011;105:185-93.
35. Moshaverinia A, Brantley WA, Chee WW, Rohpour N, Ansari S, Zheng F, Heshmati RE, Darr JA, Schricker SR, Rehman IU. Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of NVC containing glass ionomer dental cements. Dental Materials 2010; 26: 1137-43.
36. Disney JA, Graves RC, Stamm JW, Bohannon HM, Abernathy JR, Zack DD. The University of North Carolina Caries Risk Assessment study: further developments in caries risk prediction. Community Dentistry and Oral Epidemiology 1992;20:64-75.
37. Ahovuo-Saloranta A, Hiiri A, Nordblad A, Mäkelä M, Worthington H. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. Cochrane Database of Systematic Reviews 2008;8:CD001830.



38. Leon H, Prentice, Martin J, Tyas, Michael F, Burrow. The effect of ytterbium fluoride and barium sulphate nanoparticles on the reactivity and strength of a glass ionomer cement. *Dental Materials* 2006;22:746-51.
39. Friedl K, Hiller KA, Friedl KH. Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: A retrospective cohort study. *Dental Materials*. 2001; 27 : 1031-7.
40. Chen X, Du MQ, Fan MW, Mulder J, Huysmans MC, Frencken JE. Caries preventive effect of sealants produced with altered glass ionomer materials, after 2 years. *Dental Materials* 2012;28:554-60.
41. H. Koenraads, G. Van der Kroon, J.E. Frencken. Compressive strength of two newly developed glass ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities. *Dental Materials* 2009;25:551-6
42. Yli-Urpo, H., Lassila, L.V., Närhi, T., Vallittu, P.K. Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent. Mater.* 2005;21: 201-209.
43. Kuter B. Isı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Pedodonti AD. Doktora Tezi, Ege Üniv. Diş Hek Fak. İzmir: 2006.*
44. Delmè KI, Deman PJ, De Bruyne MA, Nammour S, De Moor RG. Microleakage of glass ionomer formulations after erbium: yttrium-aluminium-garnet laser preparation. *Lasers Med Sci* 2010;25:171-80.
45. Abduo J, Swain M. Self-reparability of glass-ionomer cements: an in vitro investigation. *Eur J Oral Sci* 2011;119: 187-91
46. Arana-Chavez VE, Massa LF. Odontoblasts: the cells forming and maintaining dentine. *Int J Biochem Cell Biol* 2004;36:1367-73.
47. Costa CA, Edwards CA, Hanks CT. Cytotoxic effects of cleansing solutions recommended for chemical lavage of pulp exposures. *Am J Dent* 2001;14:25-30.
48. Souza PP, Aranha AM, Hebling J, Giro EM, Costa CA. In vitro cytotoxicity and in vivo biocompatibility of contemporary resin-modified glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2006;22:838-44.
49. Tjäderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto VJ, Larmas M, Salo T. The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *J Dent Res* 1998;77:1622-9.
50. de Castilho AR, Duque C, Negrini Tde C, Sacono NT, de Paula AB, Sacramento PA, de Souza Costa CA, Spolidorio DM, Puppim-Rontani RM. Mechanical and biological characterization of resin-modified glass-ionomer cement containing doxycycline hyclate. *Arch Oral Biol.* 2012;57:131-8
51. Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro AV, Ebisu S, Frencken JE, Tay FR. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dent Mater* 2006;22:647-52.
52. Türkün LS, Türkün M, Ertuğrul F, Ates, M, Brugger S. Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthetic Rest Dent* 2008;20:29-44.
53. Marcel M. Farreta, Eduardo Martinelli de Limab, Eduardo G. Motac, Hugo M. S. Oshimac, Valdir Barthd, Silvia D. de Oliveirae. Can we add chlorhexidine into glass ionomer cements for band cementation? *Angle Orthodontist* 2011;81:496-502
54. Çağdaş Çınar "Atravmatik restoratif teknikle çürük tedavisinde zeolit kullanımının in vitro değerlendirilmesi" (Tez Yöneticisi: Prof.Dr.Tezer ULUSU). Gazi Üniversitesi 2005.

#### Yazışma Adresi

Dr. Resmîye Ebru TİRALİ  
Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Pedodonti Anabilim Dalı 11. Sokak No:26  
06490 Bahçelievler/ANKARA  
Tel: 0 312 215 13 36/202  
Fax: 0 312 215 29 62  
Cep: 0 505 474 33 14  
ebru\_aktepe@hotmail.com

