



# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v010i1007



## Kullanıma Hazır Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar: Ready-to-Use Calcium Silicate Based Cements: Genel Bakış Overview

Merve Yünük<sup>1\*</sup>

### ÖZET

Son yıllarda geliştirilen ve ek bir ön hazırlık gerektirmeden uygulanma imkanı tanıyan kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanlar, antibakteriyel aktiviteleri ve sızdırmazlık kabiliyetleri sebebiyle diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadır. Kalsiyum silikat esaslı simanların temas ettikleri diş sert dokularına biyoaktif özellik göstermeleri ve nem varlığında sertleşip stabilleşmeleri endodontik tedavilerde kullanımının avantajları arasında sayılabilmektedir. Kolay manipüle edilebilmeleri, ek bir ön hazırlık gerektirmemesi sebebiyle çapraz kontaminasyon riskini azaltmaları, ihtiyaç olunan alan kadar kullanılarak israfın önüne geçilebilmesi gibi klinikte kullanım avantajları bulunmaktadır. Bu derleme kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanları incelemek ve piyasada bulunan güncel kullanıma hazır kalsiyum silikat simanların özelliklerinin karşılaştırmasını amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Diş simanları, Endodontik, Kalsiyum silikat, Tamir materyali.

### ABSTRACT

Pre-mixed calcium silicate-based cements, which have been developed in recent years and allow application without the need for additional preparation, are used in many areas of dentistry due to their antibacterial activities and sealing abilities. The advantages of calcium silicate-based cements in endodontic treatments include their ability to exhibit bioactive properties when they come into contact with the hard dental tissues and to harden and stabilize in the presence of moisture. These cements offer clinical benefits such as easy manipulability, reduction of the risk of cross-contamination due to not requiring additional preparation, and the ability to prevent wastage by using only the necessary amount. This review aims to examine pre-mixed calcium silicate cements and compare the characteristics of currently available pre-mixed calcium silicate cements in the market.

**Keywords:** Dental cements, Endodontic, Calcium silicate, Repair material.

<sup>1</sup>Diş Hekimi., İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

\***Sorumlu Yazar:** Merve Yünük, e-posta: merve.yilmaz.2017@ogr.iu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3398-0423, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

## Giriş

Endodontik tedavinin amacı periapikal hastalıkları önlemek veya iyileştirmektir.<sup>1</sup> Tedavide pulpanın bir kısmı ya da tamamı çıkartılabilir.<sup>2</sup> Kuronal bölgeden periapikal dokulara bakteri invazyonunun önlenmesinde vital pulpa varlığının da büyük önem taşıdığı düşünülmektedir.<sup>3</sup> Ancak uzun dönem başarı oranına bakıldığında vital pulpa tedavilerinin kök kanal tedavilerine oranla daha düşük bulunduğu da görülmektedir.<sup>4</sup> Bu durum, çürük temizlenmesine rağmen çürüğü çevreleyen dentin dokusunda hala bakteri invazyonu bulunmasına veya pulpanın uygulanan materyale verdiği enflamatuvar cevabının derecesine bağlı olabilir.<sup>5,6</sup>

Ek olarak, tedavinin uzun dönem başarısında yapılan tedavinin bakteriyel mikrosızıntıyı ne ölçüde engellediği de önem arz etmektedir. Dolayısıyla tedavinin uzun dönemde başarılı olarak kabul edilmesi için kök kanalı ile çevre dokular arasındaki bağlantı yolları sızdırmaz bir şekilde kapatılmalıdır.<sup>7,8</sup> Bu sebeple endodontik tedavide kullanılacak olan materyallerin belirli özelliklere sahip olması önem taşır. 1993 yılında Mineral Tiroksi Agregat (MTA) ilk kez literatürde tanıtılmıştır.<sup>9</sup> MTA'nın içeriğinde portland simanı ve bizmut oksit bulunmaktadır. Materyal sertleşmesi için neme ihtiyaç duymaktadır ve sertleşme süresi yaklaşık 3 saattir. Kalsiyum silikat esaslı bir siman olan MTA; pulpa kuafajı, apeksogenezis ve apeksifikasyon tedavisi, retrograd dolgu materyali gibi diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadır.<sup>10</sup> Ancak MTA'nın uzun sertleşme süresi, karıştırılarak hazırlanması sebebiyle manipülasyonunun zorluğu, zayıf biyouyumluluğu, dişte renklemeye sebebiyet vermesi ve baskı dayanımı direncinin düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.<sup>11-13</sup> Aynı zamanda sertleşme süresinin uzun olmasının materyalin mekanik direncini olumsuz yönde etkileyebileceği ve seans sayısının artması sebebiyle kontaminasyon riskinin artabileceği bildirilmiştir.<sup>14</sup> Karıştırılarak hazırlanan materyallerde toz/likit oranının değişmesi materyallerin baskı dayanımını, çözünürlüğünü ve bağlanma dayanımlarını etkileyebileceği bildirilmiştir.<sup>15-17</sup> Bu dezavantajları elimine etmek için farklı kalsiyum silikat esaslı materyaller geliştirilmiştir. Son yıllarda geliştirilen kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı materyallerin toz/likit oranının ayarlanma gereksinimi olmadan homojen bir yapıda bulunmaları sayesinde operatöre zaman kazandırması ve ihtiyaç olan miktar kadar kullanılması klinik kullanım avantajları arasında sayılmaktadır.<sup>12,18</sup> Kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı materyaller biyouyumlu olmaları,

yüksek sızdırmazlık kabiliyetleri, doku sıvılarında çözünmeme ve biyoaktif olmaları gibi birçok özelliği sayesinde endodontik tedavilerde klinisyene avantaj sağlamaktadır.<sup>12</sup>

Bu derlemede, PubMed, Web of Science ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında “kullanıma hazır kalsiyum silikat siman”, “biyoseramik siman”, “kök tamir materyali” anahtar kelimelerinin taranmasıyla Türkçe ve İngilizce dillerinde yapılan elektronik arama sonucunda 2023 Eylül ayından itibaren ulaşılan bilimsel veriler dahil edilerek kaynakça oluşturulmuştur. Araştırılan materyallerin karşılaştırmalı çalışmalarına öncelik verilmiş olup makaleye klinik ve laboratuvar verileri bulunan çalışmalar, derlemeler ve alanıyla ilgili yayınlanan kitap bölümleri dahil edilerek 66 makale incelenmiştir. Arama 30 yıllık bir zaman dilimi içerisinde yayınlanan çalışmalarla sınırlandırılmıştır.

## Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar

Biyoseramikler, etki ettikleri sert dokulara benzer özellikler taşıyan inorganik, biyouyumlu ve metalik olmayan materyallerdir.<sup>18</sup>

Biyoseramik materyaller etki mekanizmalarına göre üç sınıfa ayrılırlar.

- ≠ Biyo inert: Biyolojik sistemler ile etkileşime girmeyen materyaller.
- ≠ Biyoaktif: Temas ettiği çevre dokularla etkileşime giren ancak doku sıvılarında minimal derecede çözünerek stabillliğini koruyan materyaller. Bu materyaller temas ettikleri diş sert dokularında mineralizasyonu tetikleyerek pulpa ile materyal arasında bir bariyer oluşturma potansiyeline sahiptirler.
- ≠ Biyoçözünür: Zaman içerisinde çözünebilen veya rezorbe edilebilen ve sonucunda çevre dokuların materyalin yerini aldığı materyaller.<sup>19,20</sup>

Biyoseramik simanlar, kalsiyum silikat esaslı siman (KSS)'lerin tamamını içeren geniş bir tanımdır. KSS'ler temas ettikleri dokularda sert doku oluşumunu indüklediği için biyoaktif sınıfa dahil olmaktadır.<sup>12,19</sup> KSS'ler nem varlığında sertleşip stabilleşmesi sebebiyle ‘hidrolik kalsiyum silikat esaslı siman (HKSS)’lar olarak da adlandırılırlar.<sup>21</sup> HKSS'lerin günümüzde pek çok varyasyonu bulunmaktadır. Bu çeşitliliğin bir sınıflama gereksinimi ortaya çıkarmasıyla Camilleri ve ark.<sup>20</sup> KSS'lerin ana bileşenlerini sınıflamışlardır.

KSS'ler 4 farklı ana bileşenden oluşurlar. Bunlar siman, karıştırma likidi, radyoopasite verici ajan ve içerdiği katkı maddesidir. Bu bileşenlerin farklı

kombinasyonları ise farklı KSS'lerin elde edilmesini sağlar<sup>20</sup> (Tablo 1).

**Tablo 1.** Kimyasal yapılarına göre kalsiyum silikat esaslı simanların sınıflaması<sup>20</sup>

| Tip | Siman                   | Radyoopasite Verici | Katkı Maddesi | Karıştırma Likidi |
|-----|-------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| 1   | Portland                | ✓/×                 | ×             | ✓                 |
| 2   | Portland                | ✓                   | ✓             | ✓                 |
| 3   | Portland                | ✓                   | ✓             | ×                 |
| 4   | Tri/Di-Kalsiyum Silikat | ✓                   | ✓             | ✓                 |
| 5   | Tri/Di-Kalsiyum Silikat | ✓                   | ✓             | ×                 |

KSS'ler içeriğine göre 5 farklı tipte bulunabilir. Tip 5 KSS'ler içeriğinde karıştırma likidi bulunmaması ve ek bir ön hazırlık yapılmadan uygulanması sebebiyle kullanıma hazır simanlar olarak adlandırılmaktadırlar.<sup>20</sup>

#### **Endodontide Kullanılan Kullanıma Hazır Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar**

Kullanıma hazır halde bulunan KSS'lerin günümüzde çeşitleri bulunmaktadır. 2007 yılında Kanadalı araştırma ve ürün geliştirme şirketi (Innovative BioCeramix, Vancouver, Kanada) kullanıma hazır enjekte edilebilen bir kalsiyum silikat esaslı materyal olan iRoot (iRoot SP) kanal patını piyasaya sürmüştür. 2008'den bu yana ise kullanıma hazır

kalsiyum silikat esaslı ürünler Kuzey Amerika'da EndoSequence BC Sealer, EndoSequence BC RRM (Root Repair Material [ERRM]) ve EndoSequence BC RRM-Fast Set Putty (BUSA, Savannah, ABD) olarak İsviçre'de ise Totalfill BC Sealer, TotalFill BC RRM Paste ve TotalFill BC RRM Putty/ Fast Set Putty (FKG, La Chaux-de-Fonds, İsviçre [TRRM]) olarak piyasaya sürülmüştür.<sup>12</sup> Son yıllarda Bio-C Repair (Angelus, Londrina, PR, Brezilya), Well-Root PT (Vericom, Chuncheon, Kore Cumhuriyeti [WRPT]), Endocem MTA Premixed Regular (Maruchi, Wonju, Kore Cumhuriyeti [ECPM]) ve NeoPutty (NuSmile, Houston, TX, ABD) gibi kullanıma hazır KSS'ler piyasaya sürülmüştür. (Tablo 2)

**Tablo 2.** Piyasada bulunan güncel kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanlar.<sup>22-24</sup>

| Kullanıma Hazır Kalsiyum Silikat Esaslı Materyal | Üretici firma                        | İçerik                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TotalFill BC RRM Paste/Putty/Fast Set Putty      | FKG, La Chaux-de-Fonds, İsviçre      | Kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, tantalum oksit, zirkonyum oksit ve doldurucular.                                                                                                            |
| Bio-C Repair                                     | Angelus, Londrina, PR, Brezilya      | Kalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, kalsiyum oksit, zirkonyum oksit, silikon oksit, polietilen glükol, demir oksit.                                                                           |
| Well-Root PT                                     | Vericom, Chuncheon, Kore Cumhuriyeti | Kalsiyum alüminasilikat, kıvam artırıcı ajanlar, zirkonyum oksit ve doldurucular.                                                                                                              |
| Endocem MTA Premixed Regular                     | Maruchi, Wonju, Kore Cumhuriyeti     | Trikalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, kalsiyum sülfat, dimetil sülfoksit, kıvam artırıcı ajanlar (lityum karbonat, hidroksipropil metilselüloz, fillosilikat minerali) ve zirkonyum dioksit. |
| NeoPutty                                         | NuSmile, Houston, TX, ABD            | Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, tantalum oksit, özel organik sıvı ve stabilizatörler.                                                                              |

**Tablo 3.** Kullanım amaçlarına göre kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanların sınıflaması.<sup>20</sup>

| Bölge              | Kullanım Amacı                  |
|--------------------|---------------------------------|
| Koronal Bölge      | Kuafaj Materyalleri             |
|                    | Rejeneratif Endodontik Simanlar |
| Kök Kanalı İçinde  | Kök Kanalı Patları              |
|                    | Apikal Tıkaç Simanları          |
|                    | Perforasyon Tamir Materyalleri  |
| Kök Yüzeyi Dışında | Kök Ucu Dolgu Materyalleri      |
|                    | Perforasyon Tamir Materyalleri  |

Kullanıma hazır KSS'ler; kuafaj materyali, rejeneratif endodontik simanlar, kök kanalı patları, perforasyon tamir materyali, kök ucu ve kök kanalı içi dolgu materyali gibi endodontinin pek çok alanında kullanılmaktadır.<sup>20</sup> (Tablo 3)

#### **Totalfill BC RRM Paste/Putty/Fast Set Putty - iRoot BP Plus/Endosequence BC RRM/Fast Set Putty (TRRM-ERRM)**

Kullanıma hazır halde üretilen ilk KSS olan TRRM (Resim 1), bükülebilir esnek bir ucu olan bir şırınga içerisinde veya kutu içerisinde bulunmaktadır. Materyalin nemli ortamda büzülme uğramadığı bildirilmiştir. Totalfill BC sealer (FKG, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) ile olan temel farkı içeriğindeki doldurucu partikül miktarının fazla olmasıdır. Aynı zamanda materyal kanal patına göre daha viskoz ve

radioopaktır.<sup>24,25</sup> Üretici firmaya göre TRRM Paste 30 dakikalık bir çalışma süresine sahiptir. Materyalin sertleşmesi ortamdaki nem varlığına bağlıdır ve sertleşme reaksiyonunun bitme süresi yaklaşık olarak 4 saattir. Materyalin sertleşmesi için gerekli olan nem doğal olarak dentin tübüllerinde mevcuttur.<sup>26</sup> Putty formu materyalin paste formuna göre daha viskozdur. Putty formu paste formuna benzer olarak 30 dakikalık bir çalışma ve 4 saatlik sertleşme süresine sahiptir. Fast Set Putty formu ise diğer iki formundan farklı olarak kimyasal yapısındaki değişiklikler sebebiyle hızlandırılmış bir sertleşme reaksiyonuna sahiptir. Sertleşme süresi yaklaşık 20 dakikadır. Materyallerin pH değerleri yaklaşık olarak 12'dir. Materyallerin yüksek alkali pH değeri kalsiyum hidroksite benzer özellik taşımaktadır.<sup>12</sup>

**Resim 1.** Totalfill BC RRM Putty (A), Paste (B), Fast Set Putty (C).<sup>26</sup>

#### **Radyoopasite**

Materyalin içeriğindeki tantalum oksit ve zirkonyum oksit sayesinde yüksek radyoopasiteye sahip olması beklenmektedir. Zirkonyum oksitin, orijinal MTA formülasyonundaki bizmut oksit'e göre biyolojik olarak daha uyumlu olup aynı zamanda daha az sitotoksik özellik taşıdığı bildirilmiştir.<sup>27</sup> Aynı zamanda sodyum hipoklorit (NaOCl) gibi yıkama solüsyonları ile temas ettiğinde dişte renkleşmeye sebebiyet vermediği gözlemlenmiştir.<sup>28</sup> Totalfill BC sealer, TRRM Paste ve TRRM Putty arasında yapılan radyoopasite karşılaştırmasında Totalfill BC

sealer yaklaşık 7,45 mm Al ve TRRM Paste 7,24 mm Al değerinde ölçülüp aralarında anlamlı bir fark bulunmazken TRRM Putty'nin radyoopasitesi yaklaşık 9,17 mm Al değerinde ölçülerek anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.<sup>24</sup>

#### **Dentine Bağlanma Dayanımı ve Sızdırmazlık Kabiliyeti**

Nem ile temas ettikten sonra kök dentini yüzeyinde Ca/P (kalsiyum fosfat) çökeltisi oluşturmasının materyalin sızdırmazlık kabiliyetini artırdığı öne sürülmektedir.<sup>24</sup> ERRM ve ERRM Putty'nin MTA-

Angelus White (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve ProRoot Grey MTA (ProRoot MTA; Dentsply, Tulsa, OK, ABD) gibi diğer KSS'lerle bakteriyel mikrosızıntı açısından karşılaştırmasının yapıldığı çalışmalarda anlamlı bir fark bulunamadığı bildirilmiştir.<sup>29-31</sup> Öte yandan TRRM'nin diğer KSS'lerle bakteriyel mikrosızıntı açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada Paste formunun Putty formuna göre anlamlı derecede yüksek bakteriyel sızıntı gösterdiği bildirilmiştir.<sup>32</sup> NaOCl kullanımının materyalin bağlanma dayanımını arttırdığı gözlemlenmiştir.<sup>33</sup> Ultrasonik yöntemle hazırlanan retrograd kavitelere bağlanma dayanımlarının incelendiği bir çalışmada TRRM'nin MTA (MicroMega, Besançon Cedex, Fransa)'ya kıyasla yüksek bir bağlanma dayanımına sahip olduğu gözlemlenmiştir.<sup>34</sup> Kök ucu dolgu materyali olarak TRRM kullanımının %90 oranında başarılı sonuç verdiği gözlemlenmiştir ve TRRM'nin MTA yerine kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.<sup>35,36</sup>

#### **Biyouyumluluk ve Antibakteriyel Aktivite**

TRRM, ProRoot MTA ile karşılaştırıldığında materyalin benzer ve kabul edilebilir sitotoksik düzeyde olduğu bildirilmiştir.<sup>37,38</sup> İnsan osteoblast hücreleri üzerinde yapılan çalışmada TRRM'nin yüksek biyouyumluluk ve düşük sitotoksik özellikler gösterdiği aynı zamanda temas ettiği hücreleri indükleyerek mineralizasyon alanları oluşturmalarını sağladığı bildirilmiştir.<sup>39</sup> Enterococcus faecalis üzerine yapılan çalışmada TRRM'nin, ProRoot MTA ile benzer özellikte ve iyi bir antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>40</sup>

#### **Bio-C Repair**

2019 yılında piyasaya sürülen bir KSS siman olan Bio-C Repair (Resim 2) herhangi bir ön hazırlık gerektirmeyen bir materyal olup şırınga içerisinde 0,5 gram ağırlığında sunulmaktadır. Üreticiye göre materyalin sertleşme süresi ortamdaki nem varlığına göre değişkenlik gösterse de yaklaşık 120 dakikadır.<sup>41</sup>



**Resim 2.** Bio-C Repair.<sup>41</sup>

#### **Radyoopasite**

İçeriğindeki zirkonyum oksit sayesinde yüksek radyoopasiteye sahip olması beklenmektedir. Üretici firmanın yaptığı testlere göre radyoopasitesi yaklaşık 7 mm Al değerindedir.<sup>41</sup> Bio-C Repair'in Biodentine (Septodont, St. Maur-des-Fossés, Fransa), Bio-C Temp (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve MTA (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ile yapılan radyoopasite karşılaştırmalarında MTA ile benzer radyoopasite değerleri gösterirken çalışmada kullanılan diğer KSS'lerden üstün bulunmuştur.<sup>42,43</sup>

#### **Dentine Bağlanma Dayanımı ve Sızdırmazlık Kabiliyeti**

Bio-C Repair'in dentine bağlanma dayanımı MTA Repair HP (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve Biodentine ile karşılaştırıldığında düşük olarak gözlemlenmiştir.<sup>44</sup> Kullanıma hazır halde üretilen KSS'ler ile toz ve likit şeklinde üretilen KSS'lerin karşılaştırıldığı bir çalışmada; Bio-C Repair ve ERRM'nin MTA-Angelus White ve MTA Repair HP'ye oranla yüksek bağlanma dayanımı gösterdikleri gözlemlenmiştir. Bu durum KSS'lerin içerik farklılarından kaynaklanabileceği gibi, kullanıma hazır üretilen simanların bu özelliğinin dentine bağlanma dayanımını olumlu yönde etkileyebileceği düşünülmüştür.<sup>45</sup> Son dönemde piyasaya sürülen bir materyal olmasından dolayı Bio-C Repair hakkında yapılmış olan araştırmalar oldukça kısıtlıdır. KSS'lerin uygulandıkları dentin yüzeyinde hidroksiapatit yapıda bir tabaka oluşturmasının da sızdırmazlık kabiliyetini artırdığı düşünülmektedir.<sup>24</sup> Bio-C repair içeriğinde MTA'dan farklı olarak bizmut oksit yerine zirkonyum oksit içermesiyle öne çıkar. Zirkonyum oksit radyoopasite verici özelliğinin yanı sıra materyalin içerisinde boyutsal stabilitesini koruduğu için uzun dönemde bakteriyel mikrosızıntıyı azaltacağı öne sürülmektedir ancak materyalin doğrudan sızdırmazlık kabiliyetini ölçen bir çalışma bulunmamaktadır.<sup>46</sup>

#### **Biyouyumluluk ve Antibakteriyel Aktivite**

Bio-C Repair'in, MTA Repair HP'ye benzer seviyede biyomineralizasyon kabiliyeti, biyouyumluluk ve sitotoksosite özelliği gösterdiği bildirilmiştir.<sup>47</sup> Periodontal ligament kaynaklı kök hücreler üzerinde yapılan çalışmada Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve Bio-C Repair'in benzer pH değerlerine sahip oldukları ve Bio-C Repair'in hücre canlılığı ve biyomineralizasyon açısından daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Materyalin insan pulpa hücreleri üzerinde de ProRoot MTA ve Biodentine'e benzer şekilde düşük sitotoksosite sonuçları verdiği bildirilmiştir.<sup>48</sup> Bio-C Repair'in



sitotoksitesi ve genotoksitesi üzerine yapılan bir başka çalışmada ise Bio-C Repair yine MTA Repair HP'ye benzer özellikte düşük sitotoksite gösterirken, yedi günün sonunda MTA Repair HP'ye oranla genotoksitesinin arttığı gözlemlenmiştir.<sup>49</sup> KSS'ler kalsiyum ve hidroksil iyonları salmalarının sonucu yüksek alkali pH oluşturmaları sayesinde temas ettikleri alanda antibakteriyel etkinlik göstermektedirler. Aynı zamanda antimikrobiyal aktivitenin bir diğer sebebinin salınan kalsiyum iyonunun dokulardaki anaerobik bakterilerin kullandığı karbondioksit ile etkileşime girmesi olduğu düşünülmektedir.<sup>50</sup> Bio-C Repair de yaklaşık 12 olan alkali pH'a sahip olmasıyla antibakteriyel aktivite gösterdiği düşünülebilir ancak materyalin tek başına antibakteriyel aktivitesi ile ilgili yeterince çalışma bulunmamaktadır.<sup>51</sup>

### **Well-Root PT (WRPT)**

Son yıllarda piyasaya sürülen ve kullanıma hazır halde üretilen bir kalsiyum alüminasilikat esaslı siman olan WRPT (Resim 3) 0,25 gramlık 10 adet kapsülden oluşmaktadır. Kapsüllerin ucunda ise özel bir aplikatörü bulunmaktadır. Üretici firmaya göre sertleşme süresi yaklaşık 45 dakikadır.<sup>52</sup>



Resim 3. Well-Root PT<sup>52</sup>

### **Radyoopasite**

İçerisinde radyoopasite verici olarak zirkonyum oksit bulunmaktadır. Üretici firmanın yaptığı testlere göre materyalin radyoopasitesi yaklaşık 5,4 mm Al değerindedir.<sup>52</sup> KSS'lerde  $\geq 3$  mm Al değeri kabul edilebilir olarak görülmektedir.<sup>53</sup>

### **Dentine Bağlanma Dayanımı ve Sızdırmazlık Kabiliyeti**

WRPT'nin MTA Biorep (Itena Clinical, Paris, Fransa) ve Biodentine ile baskı dayanımları ve elastikiyet modülü karşılaştırmasında WRPT ve Biodentine benzer oranlarda baskı dayanımı gösterirken MTA Biorep'in baskı dayanımı anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Aynı zamanda çalışmada X-ışınli tomografi ile yüzey analizi yapılan materyallerde

MTA Biorep'e kıyasla WRPT ve Biodentine yüksek yüzey porozitesi göstermiştir.<sup>54</sup> WRPT'nin farklı yıkama solüsyonları kullanıldıktan sonra dentine bağlanma dayanımını ölçen çalışmada yıkama solüsyonlarının bağlanma dayanımına etkileri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. WRPT'nin Biodentine'e kıyasla dentine bağlanma dayanımının daha düşük bulunduğu bildirilmiştir. Dentine bağlanma dayanımı materyalin porozitesi, partikül boyutu, sıcaklığı, nemi ve homojenitesi gibi birçok faktöre bağlı olabileceğinden WRPT'nin de uygun bir perforasyon materyali olarak kullanılabilirliği düşünülmüştür.<sup>55,56</sup> WRPT'nin 3 boyutlu dijital görüntü korelasyon analizi yöntemiyle deformasyon alanlarının incelendiği çalışmada Biodentine'e oranla düşük seviyelerde deformasyon gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durumun materyalin küçük partikül boyutu ve hızlı sertleşme süresi ile ilgili olabileceği bildirilmiştir.<sup>57</sup> Bakteriyel mikrosızıntı karşılaştırması çalışmasında WRPT'nin, Biodentine'e kıyasla benzer ve kabul edilebilir bir sızdırmazlık kabiliyeti gösterdiği bildirilmiştir.<sup>58</sup> WRPT ve MTA Angelus'un kullanıldığı açık apeksli ve geri dönüşümsüz pulpa iltihabı olan 30 daimi molar üzerinde yapılan çalışmada, 12 aylık sürecin sonunda 93,3% başarı oranı sağlayarak bakteriyel mikrosızıntı ve biyoaktivite açısından materyalin klinikte MTA Angelus yerine kullanılabilir bir alternatif olabileceği bildirilmiştir.<sup>59</sup>

### **Biyoyumluluk ve Antibakteriyel Aktivite**

Materyalin biyolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada WRPT'nin düşük konsantrasyonlarda hücre canlılığı açısından başarılı bulunarak düşük sitotoksite özelliği gösterdiği bildirilmiştir. Aynı zamanda hücrelerde odontoblastik farklılaşmayı tetiklemeyle sert doku oluşumunu indüklediği dolayısıyla biyoaktif özellik gösterdiği bildirilmiştir.<sup>23</sup> WRPT'nin Enterococcus faecalis üzerinde antibakteriyel aktivitesinin ölçüldüğü çalışmada Biodentine'e benzer derecede iyi antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>51</sup>

### **Endocem MTA Premixed Regular (ECPM)**

Son yıllarda piyasaya sürülen ve Endocem MTA (Maruchi, Wonju, Kore Cumhuriyeti)'nin kullanıma hazır versiyonu olan ECPM (Resim 4), plastik bir şırınga içerisinde 2 gram ağırlığında sunulmaktadır. Aynı zamanda materyali uygulamak için 20 ve 22 gauge boyutunda iki farklı uç içermektedir. Üretici firmaya göre sertleşme süresi yaklaşık olarak 3 ile 5 dakika arasındadır. Üretici firma talimatına göre materyal en az 3 mm kalınlığında uygulanmalı, uygulandıktan sonra üzerine steril nemli bir pamuk

pelet konulup 3 dakika beklenmeli ve ardından nemli pamuk ile materyale hafifçe baskı uygulanmalıdır.<sup>60</sup>



Resim 4. Endocem MTA Premixed Regular<sup>60</sup>

### **Radyoopasite**

İçeriğinde radyoopasite verici olarak zirkonyum oksit bulunmaktadır. Üretici firmanın yaptığı testlere göre materyalin radyoopasitesi yaklaşık 8,5 mm Al değerindedir.<sup>60</sup>

### **Dentine Bağlanma Dayanımı ve Sızdırmazlık Kabiliyeti**

Materyalin ProRoot MTA ile dentine bağlanma dayanımı karşılaştırması yapıldığı çalışmada aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır ve ECPM'nin kök ucu dolgu materyali olarak klinikte ProRoot MTA yerine alternatif olabileceği düşünülmüştür. Kalsiyum silikat esaslı bir materyal olan ECPM, dentin yüzeyinde hidroksiapatit çökeltisi oluşturması ve içeriğindeki zirkonyum oksidin materyalin stabilitesini olumlu etkilemesi sonucunda sızdırmazlık kabiliyetinin artabileceği öne sürülmektedir ancak hakkında yapılan doğrudan bir sızdırmazlık kabiliyeti çalışması bulunmamaktadır.<sup>46</sup>

### **Biyouyumluluk ve Antibakteriyel Aktivite**

ECPM'nin, kemik iliği kök hücreleri üzerinde yapılan çalışmada ProRoot MTA'ya benzer seviyede biyouyumluluk ve osteojenik aktivite gösterdiği bildirilmiştir.<sup>61</sup> Materyalin hücre canlılığı açısından erken dönemde ProRoot MTA ve ERRM'ye göre daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Çalışmada materyalin mineralizasyon potansiyelinin de diğer KSS'lere benzer oranda olduğu bildirilmiştir.<sup>62</sup> Materyalin insan pulpa kök hücreleri üzerinde yapılan sitotoksisite çalışmasında ise kabul edilebilir derecede düşük sitotoksisite gösterdiği bildirilmiştir.<sup>63</sup> Antibakteriyel aktivite karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada ECPM'nin; WRPT, Endocem MTA Zr (Maruchi, Wonju, Kore Cumhuriyeti) ve Retro MTA (BioMTA, Seul, Kore Cumhuriyeti)'ya oranla anlamlı derecede yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Antibakteriyel aktivitenin yüksek pH ile bağlantılı olmasının yanı sıra materyalin içeriğine göre de

artabileceği düşünülmektedir. ECPM'nin içeriğindeki dimetil sülfoksite bağlı yüksek konsantrasyonlarda sülfür iyonu bulundurmasının materyalin güçlü antibakteriyel aktiviteye sahip olmasını sağladığı öne sürülmektedir.<sup>23,64</sup>

### **NeoPutty**

2020 yılında piyasaya sürülen NeoPutty (Resim 5), plastik bir şırınga içerisinde 0,65 veya 1,2 gram ağırlığında sunulmaktadır. Üretici firmaya göre sertleşme süresi ortamdaki nem miktarına göre değişkenlik gösterse de yaklaşık 4 saattir. Sertleşmesi için gereken nem doğal olarak dentin tübüllerinde mevcuttur.<sup>65</sup>



Resim 5. NeoPutty<sup>65</sup>

### **Radyoopasite**

İçeriğinde radyoopasite verici olarak tantalum oksit bulunmaktadır. Üretici firmanın yaptığı testlere göre materyalin radyoopasitesi yaklaşık 8,4 mm Al değerindedir.<sup>65</sup>

### **Dentine Bağlanma Dayanımı ve Sızdırmazlık Kabiliyeti**

Materyalin MTA Repair HP ve Biodentine ile karşılaştırıldığı dentine bağlanma dayanımı çalışmasında, NeoPutty ve MTA Repair HP arasında anlamlı bir fark bulunamazken Biodentine'in dentine bağlanma dayanımının anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir.<sup>66</sup> Farklı yıkama solüsyonları kullanılarak dentine bağlanma dayanımı karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmada Biodentine'in, NeoPutty ve WRPT'ye göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği bildirilmiştir. Farklı yıkama solüsyonlarının kullanımının materyallerin dentine bağlanma dayanımlarını etkilemediği bildirilmiştir.<sup>56</sup> Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

yöntemiyle NeoPutty, Biodentine ve Theracal PT (BISCO Dental Products, Schaumburg IL, ABD) arasındaki mikrosızıntı karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada NeoPutty ve Biodentine'in değerleri arasında anlamlı fark bulunamazken, Theracal PT'nin mikrosızıntı değerlerinin anlamlı derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. NeoPutty'nin Biodentine'e yakın ve düşük mikrosızıntı değerleri göstermesiyle materyalin pulpa kuafaj materyali olarak kullanılabilceği öne sürülmüştür.<sup>67</sup>

### ***Biyouyumluluk ve Antibakteriyel Aktivite***

NeoPutty'nin NeoMTA Plus (NuSmile, Houston, TX, ABD) ve MTA Angelus ile sitotoksosite karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada NeoPutty'nin MTA ile benzer derecede düşük sitotoksosite ve yüksek hücre canlılığı sonuçları verdiği bildirilmiştir.<sup>68</sup> NeoPutty ve ERRM Putty'nin biyouyumluluk ve sitotoksosite karşılaştırmasında iki materyalin de biyouyumluluğunun yüksek olduğu bildirilirken NeoPutty'nin ERRM Putty'ye göre daha az sitotoksik olduğu bildirilmiştir.<sup>22</sup> NeoPutty, ProRoot MTA, MTA Angelus, Biodentine, ERRM Paste ve NeoMTA ile Streptococcus mutans ve Enterococcus faecalis üzerinde yapılan antibakteriyel etkinlik karşılaştırmasında NeoPutty'nin diğer materyallerle benzer oranda antibakteriyel etkinlik gösterdiği ve kabul edilebilir derecede biyouyumlu olduğu bildirilmiştir.<sup>69</sup>

### ***Kullanıma Hazır Kalsiyum Silikat Esaslı Simanların Birbiri ile Karşılaştırma Çalışmaları***

Prado ve ark.<sup>45</sup>, ERRM Putty ve Bio-C Repair'in bağlanma dayanımlarını karşılaştırmış ve materyallerin bağlanma dayanımı arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Kim ve ark.<sup>62</sup>, ERRM Putty ve ECPM'yi inceledikleri çalışmada ECPM'nin erken dönemde hücre canlılığı açısından daha başarılı sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Sun ve ark.<sup>22</sup>, ERRM Putty ve NeoPutty'yi karşılaştırdıkları çalışmada iki materyalin biyouyumluluğunu yüksek bulurken NeoPutty'nin sitotoksitesinin anlamlı derecede daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda çalışmada materyallerin açıldıktan sonra hava ile teması sonrasındaki raf ömrünü karşılaştırmışlar ve NeoPutty'nin ERRM Putty'ye kıyasla daha uzun süreyle kullanım imkanı tanıdığıı bildirmişlerdir.<sup>22</sup> Song ve ark.<sup>70</sup>, ERRM Fast Set Putty, ECPM ve WRPT'nin sertleşme süresi, pH değişiklikleri, radyoopasite değerleri, mikrosertliklerini ve biyouyumluluklarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada en uzun sertleşme süresine sahip materyal ERRM Fast Set Putty (552 ± 27 dakika) olarak gözlemlenmiştir.

Radyoopasitesi en yüksek materyalin WRPT (6.20 ± 0.54 mm Al) olduğunu bildirmişlerdir. ECPM'nin materyaller arasında en yüksek mikrosertlik değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Tüm materyallerin yüksek alkali pH'a sahip olduğunu ve benzer derecede biyouyumlu olduğunu bildirmişlerdir.<sup>70</sup> Joo ve ark.<sup>71</sup>, WRPT ve ECPM kullanarak süt molarlarında yaptıkları pulpotomi çalışmasında bir yıllık takip sonucunda materyallerin başarı oranlarını karşılaştırmışlardır. Klinik ve radyografik incelemeler sonucunda WRPT'nin %84,9 ve ECPM'nin %82 oranla başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.<sup>71</sup>

### **Sonuç**

1. Kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanlar karıştırılarak hazırlanan simanlar ile benzer fizikokimyasal ve biyolojik özellik göstermektedirler.
2. Antibakteriyel aktiviteleri ve sızdırmazlık kabiliyetleri sayesinde endodontik tedavilerde de kullanımları uygundur.
3. Materyallerin homojen bir şekilde üretilmiş olması, manipülasyonunu ve ulaşılması güç alanlara kondanse edilmesi işlemlerini kolaylaştırabilir.
4. Materyaller ek bir ön hazırlık gerektirmediğinden pedodontik, endodontik ve restoratif işlemlerde operatöre zaman kazandırabilir, çapraz kontaminasyon riskini azaltabilir.

Tüm bu avantajların sonucunda kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı simanların klinikte kullanımının yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.

### **Finansal Kaynak**

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların çıkar çatışması olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.



## Kaynaklar

- Siqueira JR, JF, Rôas IN. Microbiology of endodontic infections. In: Berman LHB, Hargreaves KM, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 12th ed. Elsevier; 2020.
- Eren B, Onay EO, Ungor M. Assessment of alternative emergency treatments for symptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *Int Endod J*. 2018 Apr 1;51:e227–37.
- Barthel CR, Rosenkranz B, Leuenberg A, Roulet JFO. Pulp Capping of Carious Exposures: Treatment Outcome after 5 and 10 Years: A Retrospective Study. 2000.
- Ward J. Vital pulp therapy in cariously exposed permanent teeth and its limitations. *Australian Endodontic Journal*. 2002 Apr;28(1):29–37.
- Al-Hiyasat AS, Barrieshi-Nusair KM, Al-Omari MA. The radiographic outcomes of direct pulp-capping procedures performed by dental students: A retrospective study. *Journal of the American Dental Association*. 2006;137(12):1699–705.
- Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: A randomized controlled trial. *Int Endod J*. 2008 Feb;41(2):128–50.
- Ricucci D, Siqueira JF, Li Y, Tay FR. Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *J Dent*. 2019 Jul 1;86:41–52.
- Matsuura T, Ziauddin SM, Kawata-Matsuura VKS, Sugimoto K, Yamada S, Yoshimura A. Long-term clinical and radiographic evaluation of the effectiveness of direct pulp capping materials: A meta-analysis. Vol. 40, *Dental Materials Journal*. Japanese Society for Dental Materials and Devices; 2021. p. 1–7.
- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod*. 1993 Nov;19(11):541–4.
- Steffen R, van Waas H. Understanding mineral trioxide aggregate/Portlandcement: A review of literature and background factors. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2009 Jun 27;10(2):93–7.
- Camilleri J, Montesin F, Juszczak A, Papaioannou S, Curtis R, Donald F, et al. The constitution, physical properties and biocompatibility of modified accelerated cement. *Dental Materials*. 2008 Mar;24(3):341–50.
- Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. Vol. 30, *Giornale Italiano di Endodonzia*. Masson SpA; 2016. p. 70–80.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *J Endod*. 2010 Mar;36(3):400–13.
- Kang JY, Lee BN, Son HJ, Koh JT, Kang SS, Son HH, et al. Biocompatibility of Mineral Trioxide Aggregate Mixed with Hydration Accelerators. *J Endod*. 2013 Apr;39(4):497–500.
- Al-Hiyasat AS, Alfirjani SA. The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Dent*. 2019 Oct;89:103169.
- Duque JA, Fernandes SL, Bubola JP, Duarte MAH, Camilleri J, Marciano MA. The effect of mixing method on tricalcium silicate-based cement. *Int Endod J*. 2018 Jan 30;51(1):69–78.
- Bortoluzzi EA, de Araújo TC, Corrêa Nêis AC, dos Santos MC, Garcia L da FR, Mendes Souza BD, et al. Effect of different water-to-powder ratios on the dimensional stability and compressive strength of mineral aggregate-based cements. *Eur Oral Res*. 2019 May 31;53(2).
- Ree M, Schwartz R. Clinical applications of bioceramics materials in endodontics. *Endod Pract*. 2015;7:32–40.
- Motwani N, Ikhar A, Nikhade P, Chandak M, Rathi S, Dugar M, et al. Premixed bioceramics: A novel pulp capping agent. *Journal of Conservative Dentistry*. 2021;24(2):124.
- Drukteinis S, Camilleri J. Bioceramic materials in clinical endodontics. *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*. Springer; 2021. 1–101 p.
- Darvell BW, Wu RCT. MTA - An Hydraulic Silicate Cement: Review update and setting reaction. Vol. 27, *Dental Materials*. 2011. p. 407–22.
- Sun Q, Meng M, Steed JN, Sidow SJ, Bergeron BE, Niu L na, et al. Manoeuvrability and biocompatibility of endodontic tricalcium silicate-based putties. *J Dent*. 2021 Jan 1;104.
- Jang YJ, Kim YJ, Vu HT, Park JH, Shin SJ, Dashnyam K, et al. Physicochemical, Biological, and Antibacterial Properties of Four Bioactive Calcium Silicate-Based Cements. *Pharmaceutics*. 2023 Jun 9;15(6):1701.
- Zamparini F, Siboni F, Prati C, Taddei P, Gandolfi MG. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clin Oral Investig*. 2019 Jan 8;23(1):445–57.
- Primus CM, Tay FR, Niu L na. Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. Vol. 96, *Acta Biomaterialia*. Acta Materialia Inc; 2019. p. 35–54.
- FKG; TotalFill BC RRM broşür. Erişim 08.2023. Retrieved from [https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG\\_TotalFill\\_Brochure\\_EN\\_WEB\\_202201.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG_TotalFill_Brochure_EN_WEB_202201.pdf).
- Silva GF, Bosso R, Ferino R V., Tanomaru-Filho M, Bernardi MIB, Guerreiro-Tanomaru JM, et al. Microparticulated and nanoparticulated zirconium

- oxide added to calcium silicate cement: Evaluation of physicochemical and biological properties. *J Biomed Mater Res A*. 2014 Dec 1;102(12):4336–45.
28. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig*. 2015 Dec 1;19(9):2201–9.
29. Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior C V., Dessaune-Neto N, Alves FRF, Rôças IN, et al. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *Int Endod J*. 2016 Oct 1;49(10):960–5.
30. Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: An in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2011 Aug;112(2).
31. Rencher B, Chang AM, Fong H, Johnson JD, Paranjpe A. Comparison of the sealing ability of various bioceramic materials for endodontic surgery. *Restor Dent Endod*. 2021;46(3).
32. Lertmalapong P, Jantarat J, Srisatjaluk RL, Komoltri C. Bacterial leakage and marginal adaptation of various bioceramics as apical plug in open apex model. *J Investig Clin Dent*. 2019 Feb 1;10(1):e12371.
33. Alsubait SA. Effect of sodium hypochlorite on push-out bond strength of four calcium silicate-based endodontic materials when used for repairing perforations on human dentin: An in vitro evaluation. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2017;18(4):289–94.
34. Kadić S, Baraba A, Miletić I, Ionescu A, Brambilla E, Ivanišević Malčić A, et al. Push-out bond strength of three different calcium silicate-based root-end filling materials after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Clin Oral Investig*. 2018 Apr 1;22(3):1559–65.
35. Zhou W, Zheng Q, Tan X, Song D, Zhang L, Huang D. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and iRoot BP Plus Root Repair Material as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery: A Prospective Randomized Controlled Study. *J Endod*. 2017 Jan 1;43(1):1–6.
36. Shinbori N, Grama AM, Patel Y, Woodmansey K, He J. Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *J Endod*. 2015 May 1;41(5):607–12.
37. Lee GW, Yoon JH, Jang JH, Chang HS, Hwang YC, Hwang IN, et al. Effects of newly-developed retrograde filling material on osteoblastic differentiation in vitro. *Dent Mater J*. 2019;38(4):528–33.
38. Edrees HY, Abu Zeid STH, Atta HM, AlQriqi MA. Induction of osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells by bioceramic root repair material. *Materials*. 2019 Jul 1;12(14).
39. Sheela S, Nassar M, Alghalban FM, Gorduysus MO. In Vitro Cytotoxicity and Mineralization Potential of an Endodontic Bioceramic Material. *Eur J Dent*. 2022 Jul 8;
40. Lovato KF, Sedgley CM. Antibacterial activity of EndoSequence root repair material and ProRoot MTA against clinical isolates of *enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2011 Nov;37(11):1542–6.
41. Angelus; Bio-C Repair Broşür. Erişim 08.2023. Retrieved from <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2020/10/BIO-C%C2%AE-REPAIR-Technical-Scientific-Profile-ENGLISH.pdf>.
42. Oliveira LV, de Souza GL, da Silva GR, Magalhães TEA, Freitas GAN, Turriani AP, et al. Biological parameters, discoloration and radiopacity of calcium silicate-based materials in a simulated model of partial pulpotomy. *Int Endod J*. 2021 Nov 1;54(11):2133–44.
43. Campi LB, Rodrigues EM, Torres FFE, Reis JM dos SN, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Physicochemical properties, cytotoxicity and bioactivity of a ready-to-use bioceramic repair material. *Braz Dent J*. 2023 Feb;34(1):29–38.
44. Rodrigues MNM, Bruno KF, Alencar AHG de, Silva JDS, Siqueira PC de, Decurcio D de A, et al. Comparative analysis of bond strength to root dentin and compression of bioceramic cements used in regenerative endodontic procedures. *Restor Dent Endod*. 2021;46(4).
45. Prado M, Martiniano K, Pereira A, Cortellazzi K, Marciano M, Abuna G, et al. Do intracanal medications used in regenerative endodontics affect the bond strength of powder-to-liquid and ready-to-use cervical sealing materials? *Journal of Conservative Dentistry*. 2021 Sep 1;24(5):464–9.
46. Espir CG, Guerreiro-Tanomaru JM, Spin-Neto R, Chávezandrade GM, Berbert FLCV, Tanomaru-Filho M. Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. *Journal of Applied Oral Science*. 2016 Mar 1;24(2):121–5.
47. Benetti F, Queiroz ÍO de A, Cosme-Silva L, Conti LC, de Oliveira SHP, Cintra LTA. Cytotoxicity, biocompatibility and biomineralization of a new ready-for-use bioceramic repair material. *Braz Dent J*. 2019 Jul 1;30(4):325–32.
48. Ghilotti J, Sanz JL, López-García S, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A, et al. Comparative surface morphology, chemical composition, and cytocompatibility of Bio-C repair, biodentine, and proroot MTA on hDPCs. *Materials*. 2020 May 1;13(9).
49. Abrão SMS, Gregorio D, Azevedo MKC De, Mori GG, Poli-Frederico RC, Maia LP. Cytotoxicity and genotoxicity of Bio-C Repair, Endosequence BC Root Repair, MTA Angelus and MTA Repair HP. *Braz Dent J*. 2023 Mar;34(2):14–20.
50. Bueno CRE, Valentim D, Marques VAS, Gomes-Filho

- JE, Cintra LTA, Jacinto RC, et al. Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. *Braz Oral Res.* 2016;30(1).
51. Ashi T, Mancino D, Hardan L, Bourgi R, Zghal J, Macaluso V, et al. Physicochemical and Antibacterial Properties of Bioactive Retrograde Filling Materials. *Bioengineering.* 2022 Nov 1;9(11).
52. Vericom; Well-Root PT Broşür. Erişim 08.2023. Retrieved from [https://www.vericom.co.kr/eng/product/view.html?down=3695853062\\_QzyLVuTM\\_20200824071811.jpg&file\\_name=Well-RootPT.jpg&size=2836461&board\\_name=upload/producteng](https://www.vericom.co.kr/eng/product/view.html?down=3695853062_QzyLVuTM_20200824071811.jpg&file_name=Well-RootPT.jpg&size=2836461&board_name=upload/producteng).
53. Sen HG, Helvacioğlu-Yigit D, Yılmaz A. Radiopacity evaluation of calcium silicate cements. *BMC Oral Health.* 2023 Dec 1;23(1):491.
54. Ashi T, Richert R, Mancino D, Jmal H, Alkhouri S, Addiego F, et al. Do the Mechanical Properties of Calcium-Silicate-Based Cements Influence the Stress Distribution of Different Retrograde Cavity Preparations? *Materials.* 2023 Apr 1;16(8).
55. de Paula Telles Pires Lucas C, Viapiana R, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical properties and dentin bond strength of a tricalcium silicate-based retrograde material. *Braz Dent J.* 2017;28(1):51–6.
56. İlisulu SC, Gürcan AT, Sismanoglu S. Effects of different irrigation protocols on push-out bond strength of pre-mixed calcium silicate-based cements. *Journal of the Australian Ceramic Society.* 2023 Jul 8;
57. Nikitović A, Pešić D, Kolak V, Lalović M, Milošević M, Trajković I, et al. 3D Digital Image Correlation Analysis of Local Deformation Field of Different Endodontic Calcium Silicate Cements. *Applied Sciences (Switzerland).* 2023 Feb 1;13(3).
58. Jang E, Lee J, Nam S, Kwon T, Kim H. Comparison of Microleakage and Compressive Strength of Different Base Materials. *THE JOURNAL OF THE KOREAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY.* 2021 May 31;48(2):168–75.
59. Alnassar I, Altinawi MK, Rekab MS, Alzoubi H, Katbeh I. Evaluation of Bioceramic Putty in Pulpotomy of Immature Permanent Molars With Symptoms of Irreversible Pulpitis. *Cureus.* 2022 Nov 23;
60. Maruchi; Endocem MTA Premixed Regular Broşür. Erişim 08.2023. Retrieved from [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0343/3958/6180/files/5\\_Endocem\\_MTA\\_Premixed\\_Regular\\_Catalog\\_lower.pdf?v=168558104](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0343/3958/6180/files/5_Endocem_MTA_Premixed_Regular_Catalog_lower.pdf?v=168558104).
61. Kim HM, Lee D, Kim SY. Biocompatibility and osteogenic potential of calcium silicate-based cement combined with enamel matrix derivative: Effects on human bone marrow-derived stem cells. *Materials.* 2021 Dec 1;14(24).
62. Kim Y, Lee D, Kye M, Ha YJ, Kim SY. Biocompatible Properties and Mineralization Potential of Premixed Calcium Silicate-Based Cements and Fast-Set Calcium Silicate-Based Cements on Human Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells. *Materials.* 2022 Nov 1;15(21).
63. Yune JY, Lee D, Kim SY. The Combined Effects of Hydraulic Calcium Silicate Cement and Enamel Matrix Derivative Regarding Osteogenic and Dentinogenic Differentiation on Human Dental Pulp Stem Cells. *Materials.* 2023 Jun 1;16(11).
64. Weld JT, Gunther A. THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SULFUR. *Journal of Experimental Medicine.* 1947 May 1;85(5):531–42.
65. Avalon Biomed; NeoPutty broşür. Erişim 08.2023. Retrieved from <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0605/6729/0045/files/NeoPUTTY-Product-Sheet.pdf?v=1663792814>.
66. İpek İ, Ünal M, Güner A, Candan M. Push-out bond strength of Biodentine, MTA repair HP, and a new pre-mixed NeoPutty bioactive cement: scanning electron microscopy energy dispersive X-ray spectroscopy analysis. *Journal of the Australian Ceramic Society.* 2022 Feb 1;58(1):171–9.
67. Yavuz Y, Kotanlı S, Doğan MS, Doğan K. Comparisons of Microleakage and Scanning Electron Microscope SEM Analyzes of The Use of Different Pulp Coverage Materials. *Makara Journal of Health Research.* 2022;
68. Lozano-Guillén A, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Sanz JL, Lozano A, Llena C, et al. Comparative cytocompatibility of the new calcium silicate-based cement NeoPutty versus NeoMTA Plus and MTA on human dental pulp cells: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022 Dec 1;26(12):7219–28.
69. Hondares TC. An Evaluation of the in vitro Antibacterial, Biocompatibility, and Mineralization Properties of Six Calcium Silicate-Based Pulp Capping Materials. [Birmingham, Alabama]: The University of Alabama at Birmingham; 2022.
70. Song M, Lee SM, Bang JY, Kim RH, Kwak SW, Kim HC. Chemomechanical Properties and Biocompatibility of Various Premixed Putty-type Bioactive Ceramic Cements. *J Endod.* 2023 Sep;
71. Joo Y, Lee T, Jeong SJ, Lee JH, Song JS, Kang CM. A randomized controlled clinical trial of premixed calcium silicate-based cements for pulpotomy in primary molars. *J Dent.* 2023 Oct;137:104684.