

# Semen Reparatif Berbasis Bio-keramik sebagai Bahan Penutupan Apikal pada Molar Kedua

Rachendra Tiara Putri<sup>1</sup>, Citra Kusumasari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Ilmu Konservasi Gigi, Departemen Ilmu Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia.

<sup>2</sup>Staf Pengajar, Departemen Ilmu Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia

Email: <sup>1</sup>rachendra.tiara@ui.ac.id; <sup>2</sup>citra.kusuma02@ui.ac.id

## ABSTRAK

**Tujuan:** Ketiadaan apikal konstriksi mengakibatkan pengisian saluran akar konvensional tidak dapat dilakukan sehingga penutupan apikal menjadi rekomendasi perawatan. Penutupan apikal merupakan tantangan besar dalam perawatan dan prognosis jangka panjang. Laporan kasus ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengelolaan penutupan apikal pada saluran akar distal gigi molar kedua rahang bawah menggunakan semen reparatif berbasis bio-keramik. **Laporan Kasus:** Seorang pasien wanita usia 22 tahun datang dengan keluhan utama nyeri pada gigi molar kedua bawah kanan saat mengunyah. Pemeriksaan klinis menunjukkan tumpatan sementara yang tidak intak pada sisi oklusal, non-vital, dan positif untuk perkusi dan palpasi. Pemeriksaan radiografik menunjukkan obturasi tidak hermetis, radiopak pada saluran akar, kamar pulpa hingga oklusal dan radiolusen pada area periapikal. Setelah perawatan saluran akar ulang dilakukan, penutupan apikal pada saluran akar distal molar kedua bawah dicapai dengan menggunakan semen reparatif berbasis bio-keramik. Penempatan penutupan apikal dibantu dengan magnifikasi diikuti oleh *MTA carrier* dan *gutta percha* yang dimodifikasi. **Kesimpulan:** Penatalaksanaan penutupan apikal berhasil dilakukan dengan menggunakan semen reparatif berbasis bio-keramik. Kesulitan dalam kasus ini dapat diatasi dengan penggunaan magnifikasi dan *gutta percha* yang dimodifikasi.

**Kata kunci:** Penutupan apikal, teknik pengisian saluran alternatif, mineral trioxide aggregate, apeks lebar, resorpsi akar.

## PENDAHULUAN

Penutupan apikal yang adekuat dan dapat diterima oleh area apikal merupakan tantangan besar pada gigi dengan kehilangan apikal konstriksi. Hal ini bertujuan untuk membatasi infeksi bakteri dan menciptakan lingkungan yang baik untuk induksi jaringan kalsifikasi di area apikal.<sup>1</sup>such as the very long treatment time required, the possibility of tooth fracture, and incomplete calcification of the bridge. Use of an apical plug is an alternative treatment for open apices, and this has gained popularity in recent years, employing mineral trioxide aggregate (MTA) Hasil dari penutupan apikal bergantung pada kemampuan sealing dan ketebalan bahan penutupan apikal.<sup>2</sup>

Meskipun beberapa bahan telah direkomendasikan untuk penutupan apikal, mineral trioksida agregat (MTA) dianggap sebagai *gold standard*<sup>3,4</sup> dan menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi bila digunakan sebagai bahan penutupan apikal.<sup>2</sup> Biokompatibilitas, kemampuan dan sifat pengaturan MTA merupakan karakteristik penting dalam meningkatkan keberhasilan perawatan penutupan apikal<sup>1,3,5</sup> hingga 95%.<sup>6</sup> Penggunaan MTA pada

penutupan apikal dinilai sangat efektif dalam menstimulasi regenerasi jaringan apikal.<sup>5</sup>

Namun, MTA memiliki waktu pengerasan yang lama, biaya tinggi, menyebabkan perubahan warna gigi, sulit untuk dimanipulasi, karakteristik *handling* yang buruk dan sifat antibakterinya tidak dapat diprediksi<sup>7,2,3,8,9,10</sup> sehingga bahan reparatif berbasis bio-keramik telah dikembangkan guna memperbaiki kelemahan ini.<sup>8,11,10,6</sup> Semen reparatif berbasis bio-keramik memiliki karakteristik *handling* yang lebih baik, tidak menyebabkan perubahan warna gigi<sup>6</sup>, resistensi fraktur yang lebih tinggi dan menunjukkan kapasitas pelepasan kalsium yang lebih besar pada perawatan penutupan apikal. Sifat hidrolik pada semen reparatif berbasis bio-keramik menghasilkan kapasitas ekspansi dimensi setelah *setting* yang lebih besar dari MTA.<sup>13</sup>

Tujuan laporan kasus ini untuk membahas keberhasilan perawatan penutupan apikal pada gigi molar kedua bawah kanan dengan semen reparatif berbasis bio-keramik dan dilanjutkan dengan perawatan saluran akar ulang.

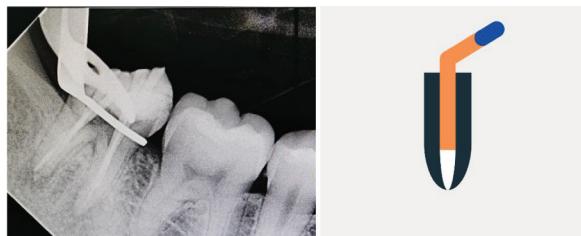
## PENATALAKSANAAN KASUS

Pasien pria berusia 22 tahun ingin melakukan perawatan gigi belakang rahang kanan bawah. Gigi tersebut tidak nyaman apabila digunakan saat mengunyah dan pernah dilakukan perawatan saluran akar 1 tahun yang lalu. Pemeriksaan intra oral terlihat gigi 46 terdapat tumpatan sementara di bagian oklusal yang tidak intak dengan tes vitalitas negatif, palpasi peka, perkusi dan tekan positif (Gambar 1.A). Radiografik periapeks menunjukkan pada gigi 46 terdapat gambaran radioopak pada bagian oklusal di atas kamar pulpa, dasar kamar pulpa serta pada sebagian saluran akar, terputusnya lamina dura dan radiolusen berbatas tidak jelas di periapeks akar mesial dan distal (Gambar 1.B). Berdasarkan pemeriksaan subjektif, objektif dan radiografik diagnosis gigi 46 menurut AAE adalah *previously initiated therapy; abses apikalis kronis*.<sup>14</sup>

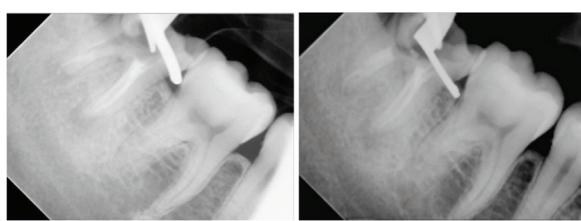
Dilakukan pemeriksaan lengkap, pemasangan isolasi *rubber dam*, pembongkaran tumpatan sementara, pembuangan material pada dasar kamar pulpa dan saluran akar, penjajakan dengan k-file (Dentsply Tulsa Specialties, Tulsa, USA). Kemudian dilakukan preparasi saluran akar dengan teknik *crown down* menggunakan *rotary files* (Protaper Gold - Dentsply Tulsa Specialties, Tulsa, USA) dengan ukuran saluran akar mesiobukal F2/14mm, mesiolingual F2/14mm, distolingual F3/12mm dan distobukal F3/12mm serta dilakukan irrigasi menggunakan NaOCl 2.5% dan EDTA 17% bergantian diselingi dengan aquades serta rekapitulasi tiap pergantian instrument dan diaktifasi dengan *sonic irrigation* (Endoactivator® - Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, USA) kemudian dikeringkan dengan *paper point* lalu dilakukan evaluasi radiografik Kon Gutta-percha Utama (Gambar 2) dan ditempatkan tumpatan sementara dengan medikasi kalsium hidroksida. Selanjutnya pasien sudah tidak ada keluhan subjektif dengan pemeriksaan intra oral didapatkan tes perkusi (-), tekan (-), palpasi tidak peka dan tumpatan sementara masih intak kemudian dilakukan pemasangan isolasi *rubber dam*, pembongkaran tumpatan sementara, irrigasi NaOCl 2.5% dan EDTA 17% bergantian diselingi dengan aquades juga diaktifasi dengan Endoactivator®. Saluran akar dikeringkan dengan *paper point* lalu dilakukan penutupan apikal menggunakan semen reparatif berbasis bio-keramik (Bio-C Repair), dibantu dengan MTA carrier serta kompaksi dengan gutta-percha yang dipotong 4 mm dibagian ujungnya (Gambar 3) kemudian dilakukan obturasi dengan metode *warm obturation* pada akar distal dan *cold obturation* pada akar mesial. Dilakukan pemeriksaan subjektif dan objektif sebagai pemeriksaan kontrol paska obturasi. Kemudian dilakukan preparasi restorasi indirek berupa *endocrown metal* (Gambar 4.A). Pada kunjungan kelima dilakukan percobaan onlay dan



**Gambar 1.A.** Gigi 46 Gambaran Klinis Inisial, **1.B.** Gigi 46 Gambaran Radiograf Inisial.



**Gambar 2.** Gigi 46 Gambaran Radiograf Percobaan Kon Gutta Percha Utama. **Gambar 3.A.** Ilustrasi Kompaksi Vertikal Penutupan Apikal dengan Modifikasi Gutta Percha.



**Gambar 3.B.** Gigi 46 Gambaran Radiograf Hasil Penutupan Apikal pada Saluran Akar Distal. **Gambar 3.C.** Gigi 46 Gambaran Radiograf Hasil Obturasi.



**Gambar 4.A.** Gigi 46 Gambaran Radiograf Percobaan Endocrown Metal. **Gambar 4.B.** Gigi 36 Gambaran Klinis Sementasi Endocrown Metal.

didapatkan keadaan yang adekuat serta dilakukan konfirmasi dengan radiograf. Kemudian dilakukan sementasi dengan semen luting (Gambar 4.B).

## DISKUSI

Penutupan apikal biasanya digunakan dalam perawatan gigi nekrosis dengan apeks terbuka.<sup>15</sup> Teknik ini melibatkan aplikasi kalsium hidroksida jangka panjang atau penempatan penutupan apikal dengan MTA. Meskipun memiliki kemampuan untuk menutup area apikal dan melakukan obturasi, teknik ini tidak

menghasilkan peningkatan panjang atau lebar akar.<sup>16</sup> MTA terdiri dari dikalsium dan trikalsium silikat, trikalsium silikat, bismut oksida, dan kalsium sulfat. Hidrasi bubuk MTA menghasilkan gel kristal halus yang mengeras menjadi struktur keras dalam waktu kurang dari 4 jam.<sup>2,15</sup>

Tingkat keberhasilan perawatan saluran akar ulang menurun hingga 16% dibandingkan dengan perawatan saluran akar primer.<sup>17-20</sup> week 4 Status periapikal sebelum perawatan menentukan tingkat keberhasilan hingga 13-35%.<sup>18,19</sup> Kasus tanpa lesi periapikal memiliki tingkat keberhasilan 28% lebih tinggi dibandingkan dengan kasus dengan lesi periapikal.<sup>17</sup> Keterlibatan ukuran lesi dengan diameter lebih dari 5 mm akan menurunkan tingkat keberhasilan sebesar 5-21%. Meskipun perawatan saluran akar sebelumnya dinilai adekuat, tingkat keberhasilan perawatan saluran akar ulang berpotensi menurun hingga 36%.<sup>19</sup>

Dalam laporan kasus ini, lesi periapikal yang terjadi pada akar distal berukuran 2 mm dan pada akar mesial berukuran 6 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan perawatan yang dimiliki hanya 26,8%, dihasilkan dari perhitungan tingkat keberhasilan perawatan saluran akar ulang 78%, dikurangi restorasi oklusal yang tidak intak 24% dan keterlibatan lesi lebih dari 5 mm sebesar 28%. Meskipun beberapa bahan telah direkomendasikan untuk penutupan apikal, mineral trioksida agregat (MTA) dianggap sebagai *gold standard*<sup>3,4</sup> dan menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi bila digunakan sebagai bahan penutupan apikal.<sup>2</sup> Biokompatibilitas, kemampuan dan sifat pengaturan MTA merupakan karakteristik penting dalam meningkatkan keberhasilan perawatan penutupan apikal<sup>1</sup> such as the very long treatment time required, the possibility of tooth fracture, and incomplete calcification of the bridge. Use of an apical plug is an alternative treatment for open apices, and this has gained popularity in recent years, employing mineral trioxide aggregate (MTA)<sup>3,5</sup> hingga 95%.<sup>6</sup> Penggunaan MTA pada penutupan apikal dinilai sangat efektif dalam menstimulasi regenerasi jaringan apikal.<sup>5</sup> Komponen utama komposisi kimia MTA antara lain trikalsium silikat, trikalsium aluminat, trikalsium oksida dan silikat oksida. Tinjauan sistematis baru-baru ini menunjukkan MTA beradaptasi dengan baik pada dinding dentin dibandingkan dengan bahan pengisi lainnya pada kavitas *root-end*, memiliki kemampuan *sealing* dan sifat biokompatibilitas yang baik.<sup>3</sup> MTA juga memberikan skor deposisi tulang tertinggi pada periode evaluasi 3 bulan dibandingkan *nano-filled resin modified glass ionomer* yang dapat dijelaskan oleh sifat yang menguntungkan dari MTA yakni kandungan oksida mineral, non sitotoksik, kompatibilitas biologis yang baik, stimulasi perbaikan yang memungkinkan adhesi seluler, pertumbuhan dan proliferasi jaringan di permukaannya.<sup>3</sup> Kekuatan ikatan sebagian besar *dental material* berkang secara signifikan oleh kontaminasi kelembaban dari

jaringan, sedangkan MTA membutuhkan keberadaan air untuk mencapai *setting* sehingga dapat memperoleh kekuatan yang optimal dan menghasilkan kemampuan *sealing* yang sangat baik dengan adanya kelembaban.<sup>21</sup> Setelah hidrasi MTA, kristalisasi hidrat membentuk massa yang saling mengunci meliputi pembentukan *cubic crystal* dan *needle-like crystal*. MTA memiliki *compressive strength* terendah (40 MPa pada 24 jam) dan meningkat hingga 67 MPa setelah 21 hari. Tronstad mengemukakan bahwa sitotoksitas tertinggi untuk sebagian besar bahan gigi terjadi selama periode *setting* dan selaras dengan temuan Tronstad dan Saidon bahwa terdapat protein terdenaturasi dan sel-sel mati di area tepat di bawah *fresh* MTA dalam studi kultur sel serta jumlah total sel yang tumbuh pada *fresh* MTA secara signifikan lebih rendah daripada *preset* MTA diduga disebabkan oleh pH 10.2 yang dimiliki *fresh* MTA dan meningkat hingga 12.5 selama *setting*. MTA diyakini memiliki kemampuan *sealing* yang sangat baik selaras dengan pengenalan sebagai bahan *root-end fillings*. Torabinejad dkk. membandingkan kemampuan *sealing* MTA, amalgam dan Super EBA pada tambalan ujung akar dan menunjukkan bahwa kebocoran MTA secara signifikan lebih sedikit.<sup>21</sup> Namun, MTA memiliki waktu pengerasan yang lama, biaya tinggi, menyebabkan perubahan warna gigi, sulit untuk dimanipulasi, karakteristik *handling* yang buruk dan sifat antibakterinya tidak dapat diprediksi<sup>7,2,3,8,9,10</sup> sehingga semen reparatif berbasis bio-keramik telah dikembangkan guna memperbaiki kelembahan ini.<sup>8,11,10,6</sup> Semen reparatif berbasis bio-keramik memiliki karakteristik *handling* yang lebih baik, tidak menyebabkan perubahan warna gigi<sup>6</sup>, resistensi fraktur yang lebih tinggi dan menunjukkan kapasitas pelepasan kalsium yang lebih besar pada perawatan penutupan apikal. Sifat hidrolik pada semen reparatif berbasis bio-keramik menghasilkan kapasitas ekspansi dimensi setelah *setting* yang lebih besar dari MTA.<sup>13</sup>

Terdapat 3 kelompok pada klasifikasi biomaterial yakni *bioinert*, *biodegradable* dan *bioaktif*. *Bioinert* merupakan material yang apabila ditempatkan di tubuh manusia akan memiliki interaksi minimal dengan jaringan sekitarnya, mempunyai lapisan oksida pada permukaannya dan tidak berikatan secara kimia maupun biologis sehingga sistem pelekatannya hanya secara mekanis. *Biodegradable* merupakan material yang dapat terserap dan dirancang untuk dapat diresorpsi secara perlahan dalam jangka waktu tertentu dan menggantikan jaringan alamiah baru. *Bioaktif* merupakan material yang dapat berinteraksi dengan jaringan sekitarnya baik jaringan keras maupun jaringan lunak dan didefinisikan sebagai suatu material yang mengeluarkan respon biologis spesifik pada pertemuan permukaan material dengan jaringan, dengan hasil berupa pembentukan ikatan<sup>22</sup> dimana material *bioaktif* dapat memicu terjadinya respon biologis regenerasi jaringan lunak dan jaringan keras tubuh yang melibatkan sinyal molekuler, *cell-*

*instructive* dan *growth factor* yang akan meregulasi terjadinya proliferasi, migrasi, diferensiasi, protein *expression* dan proses mineralisasi. Material bioaktif umumnya berbasis kalsium silikat dan memiliki kandungan partikel hidrofilik yang bersifat bioaktif serta mampu menghasilkan hidroksipatit (HA). Biokeramik adalah biomaterial berbahan dasar kalsium silikat yang memiliki struktur nano, tidak mudah larut, radiopak dan bebas aluminium. Biokeramik bersifat biokompatibel dan hidrofilik serta merupakan material bioaktif non-metal dengan karakteristik menyerupai jaringan keras yang akan diganti atau diperbaiki. Biokeramik didesain secara spesifik untuk keperluan dental dan medis yang dapat bereaksi dengan cara membentuk hidroksipatit diantara material dan jaringan keras atau biologi. Kandungan biokeramik yaitu *bioactive glass*, *glass ceramics*, *alumina*, *zirconia*, *coating*, komposit, hidroksipatit, *radiotherapy glasses* dan kalsium fosfat yang dapat teresorbsi.<sup>33</sup> Biokeramik dapat mengantikan jaringan atau menyerap serta mendorong terjadinya regenerasi jaringan normal. Biokeramik memiliki kemampuan untuk membentuk endapan serupa hidroksipatit, bersifat antibakteri karena memiliki pH yang tinggi (12,8) selama proses pengerasan, dan kemampuan penutupan yang sangat baik. Ukuran partikelnya 1,5-4,0  $\mu\text{m}$  dan tidak mengalami *shrinkage* pada saat proses pengerasan dan mempunyai *compressive strength* 50 – 70 Mpa.<sup>27</sup> Setting time dari biokeramik sekitar 4 jam pada suhu kamar dan akan memanjang pada kondisi kering.<sup>28-30</sup> Adapun pada laporan kasus ini digunakan bahan bioaktif reparatif berbasis bio-keramik berdasarkan keuntungan yang dimiliki yakni sifat biokompatibilitas yang sangat baik karena kemiripannya dengan hidroksipatit biologis, kapasitas osteoinduktif intrinsik karena kemampuannya menyerap zat osteoinduktif jika ada proses penyembuhan tulang di dekatnya, berfungsi sebagai *regenerative scaffold* dari jaring-jaring yang dapat diserap yang menyediakan kerangka kerja yang akhirnya larut saat tubuh membangun jaringan kembali, kemampuannya untuk mencapai *seal/ hermetic* yang sangat baik serta membentuk ikatan kimia dengan struktur gigi, sifat antibakteri dan memiliki radiopasitas yang baik.<sup>26</sup> Salah satu sediaan semen bioaktif reparatif berbasis bio-keramik adalah MTA BIOREP® yang merupakan semen reparatif bio-keramik endodontik dengan plastisitas tinggi yang diindikasikan untuk perawatan saluran akar dan perforasi furkasi yang disebabkan oleh karies atau lesi iatrogenik serta perawatan perforasi akar, *pulp capping*, pulpotomi, apeksogenesis, penutupan apikal, apeksifikasi atau bedah periapikal dengan pengisian *retrograde*. MTA BIOREP® memperbaiki karakteristik konsistensi fisik berupa “*sandy*” pada MTA yang menjadi penyulit saat manipulasi, pencampuran dan peletakan pada kavitas. Formula baru pada MTA BIOREP® mempertahankan semua sifat kimia dan biologi dari MTA asli, yang tetap menjaga tingkat keberhasilan perawatan dan memberikan kemudahan saat penanganan fisiknya

sehingga dihasilkan produk dengan plastisitas yang lebih besar, manipulasi yang lebih sederhana dan peletakan pada kavitas yang lebih mudah.<sup>31</sup>

Semen reparatif berbasis bio-keramik dengan MTA memiliki *setting time* yang lebih cepat yakni hanya 15 menit serta tidak menyebabkan perubahan warna pada gigi. *Setting expansion* yang terkontrol yang dimiliki dinilai sangat baik guna menghasilkan *marginal seal* yang rapat, menghambat migrasi mikroorganisme dan cairan ke dalam saluran akar. Lingkungan saluran akar dan periapikal yang basah tidak mengubah sifat fisik yang dimiliki pada semen reparatif berbasis bio-keramik dengan MTA.<sup>31</sup> Penggunaan bahan bioaktif reparatif berbasis biokeramik, perawatan saluran akar yang adekuat dan aktivasi cairain irrigasi diketahui mampu memfasilitasi proses penyembuhan lesi yang terjadi. Resorpsi tulang disebabkan oleh aktivasi osteoklas dan proses penyembuhan dimulai segera setelah peradangan dimulai. Ketika iritan dan bakteri telah berhasil dikeluarkan dari sistem kanal, mediator inflamasi tidak lagi diproduksi di jaringan periapikal. Waktu penyembuhan bervariasi, dan dapat berkisar dari 3 bulan hingga 4 tahun. Adapun proses penyembuhan yang terjadi dapat berupa perbaikan/ *repair* dan penggantian oleh sel/jaringan yang berbeda atau regenerasi oleh sel/jaringan yang sama. Fase *repair* ligamen peridental, sementum dan tulang alveolar diawali dengan homeostasis, proliferasi, *remodeling* dan maturasi jaringan sedangkan fase regenerasi dimulai dengan proliferasi sel PDL dalam proses *remodeling* dan maturase kemudian sementum akan menghasilkan ECM dan GFs yang menginduksi proliferasi, migrasi, adhesi dan diferensiasi sel punca multipotent pada PDL menjadi *cementoblast-like cell* dimana tulang alveolar bergantung pada aktivitas sel osteoblas yang berasal dari sel punca masenkim menjadi osteoprogenitor dan GFs menginduksi diferensiasi, proliferasi, dan kematoksis sel osteoprogenitor untuk aposisi tulang alveolar.<sup>32</sup>

## KESIMPULAN

Penggunaan semen reparatif berbasis bio-keramik, eliminasi sumber iritan dan medikamen *intracanal* berupa kalsium hidroksida berhasil dalam perawatan penutupan apikal dan saluran akar gigi molar kedua rahang bawah kanan. Restorasi *endocrown metal* digunakan untuk mengembalikan kontur, titik kontak, dan anatomi oklusal sehingga restorasi dapat mendistribusikan beban kunyah secara merata. Evaluasi 14 hari menunjukkan tidak terdapat keluhan subjektif dan pada pemeriksaan objektif dinyatakan baik. Gambaran radiograf periapikal menunjukkan mengecilnya diameter lesi radiolusen, peningkatan densitas radioopasitas, perbaikan tulang alveolar, jaringan periodontal dan lamina dura yang menandakan terjadinya proses penyembuhan berupa *repair*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ghaziani P, Aghasizadeh N, Sheikh-Nezami M. Endodontic treatment with MTA apical plugs: a case report. *J Oral Sci.* 2007;49(4):325–9.
- Adel M, Nima MM, Shivaie Kojoori S, Norooz Oliae H, Naghavi N, Asgary S. Comparison of Endodontic Biomaterials as Apical Barriers in Simulated Open Apices. *ISRN Dent.* 2012;2012:1–5.
- Adel A. Histologic Evaluation of Artificial Floors Under MTA and Nano-Filled Resin-Modified Glass Ionomer Used to Repair Furcation Perforations in Dogs. *Eur Endod J.* 2020;
- Pereira IR, Carvalho C, Paulo S, Martinho JP, Coelho AS, Paula AB, et al. Apical sealing ability of two calcium silicate-based sealers using a radioactive isotope method: An in vitro apexification model. *Materials (Basel).* 2021;14(21).
- Floratos SG, Tsatsoulis IN, Kontakiotis EG. Apical barrier formation after incomplete Orthograde MTA apical plug placement in teeth with open apex - Report of two cases. *Braz Dent J.* 2013;24(2):163–6.
- Tataro T. Endodontic treatment of the immature permanent necrotic teeth with open apices. *Univ Calif San Fr.* 2021;(September 3, 2021).
- Giovarruscio M, Uccioli U, Malentacca A, Koller G, Foschi F, Mannocci F. A technique for placement of apical MTA plugs using modified Thermafil carriers for the filling of canals with wide apices. *Int Endod J.* 2013;46(1):88–97.
- Torres F. A micro-computed tomographic study using a novel test model to assess the filling ability and volumetric changes of bioceramic root repair materials. *Restor Dent Endod.* 2020;
- Toubes K. Bio-C Repair - A New Bioceramic Material for Root Perforation Management: Two Case Reports. *Braz Dent J.* 2021;
- Ghasemi N, Janani M, Razi T, Atharmoghaddam F. Effect of different mixing and placement methods on the quality of MTA apical plug in simulated apexification model. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(3):e351–5.
- Benetti F. Cytotoxicity, biocompatibility and biominerization of a new ready-for-use Bioceramic Repair material. *Braz Dent J.* 2019;
- Guo Y. Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. *BMC Oral Health.* 2016;
- A V, FM R, A Jr V, Ragazzoni F. Second-Generation Bioceramics in the Treatment of Immature Permanent Teeth: Systematic Review of the Literature. *Acta Sci Dent Scieneces.* 2021;5(8):65–72.
- de Endodoncia AA. Recommended Guidelines of the American Association of Endodontists for the Treatment of Traumatic Dental Injuries. Chicago [2013][acessado em 30 Agosto 2017] Disponível em <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/traumaguidelines/index.php>. 2004;
- Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, Nunn M. Retrospective Analysis of Open Apex Teeth Obturated with Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2008;34(10):1171–6.
- Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A Retrospective Evaluation of Radiographic Outcomes in Immature Teeth With Necrotic Root Canal Systems Treated With Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod.* [Internet]. 2009;35(10):1343–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.021>
- Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: A systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2008;41(12):1026–46.
- Elelman RF, Pretty I. Comparison of the Success Rate of Endodontic Treatment and Implant Treatment. *ISRN Dent.* 2011;2011:1–8.
- Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *J Endod.* 2009;35(7):930–7.
- Alberdi J. Endodontic retreatment: a conservative and predictable therapy. 2020;
- Clauder T. Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action. *Endod Top.* 2009;
- Suprastiwi E. Material Bioaktif dalam Ruang Lingkup Perawatan Konservasi Gigi. 2018;
- Hench L. The Story of Bioglass. *J Mater Sci.* 2006;
- Plasse N. Physico-Chemical Properties. *Mol Nutr Food Res.* 2010;
- Kim J. Interfacial Characteristic of Biodentine and MTA with Dentine in Simulated Body Fluid. *J Dent.* 2015;
- Raghavendra S. Bioceramics in Endodontics - A Review. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;
- Luo Z. Effect of Biodentine on The Proliferation, Migration and Adhesion of Human Dental Pulp Stem Cells. *J Dent.* 2014;
- No Title [Internet]. Available from: <http://www.septodontusa.com/product/biodentine>
- Malhotra S. Bioceramic Technology in Endodontics. *Br J Med Med Res.* 2014;
- Jain P. The Rise of Bioceramics in Endodontics. *Int J Pharma Bio Sci.* 2015;
- Mta L, Min T, Cette MTAB, Biorep MTA, Biorep LMTA, Biorep LMTA, et al. Fabricant / Manufacturer / Fabricante Non stérile / Non-sterile / Non sterile Ne pas réutiliser / Do not re-use Irritant / Irritant / Irritante / Irritante / Irritante / For prescription use only / Solo para uso con Dispositif médical / Medical device Conserver au sec / Keep in dry place Numéro de lot / Lot number / Lotto numero /.
- Tadjudin L. Periapical Bone Healing Following Endodontic Treatment on the Right Lower Premolar. *Sci Dent J.* 2022;