

Kaping Pulpa Indirek dengan Material Bioaktif *Mineral Trioxide Aggregate*: Laporan Kasus

Grace Riska¹, Aditya Wisnu Putranto²

¹Peserta Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis, Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

²Staff Pengajar, Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

Email: grace.riska01@ui.ac.id

ABSTRAK

Perawatan pulpa vital bertujuan untuk mempertahankan vitalitas pulpa dengan menghilangkan bakteri dan menstimulasi pembentukan dentin reparatif. Tingkat kesuksesan perawatan kaping pulpa lebih tinggi dengan bahan bioaktif seperti *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA). **Tujuan:** Laporan kasus ini bertujuan menganalisis dua kasus kaping pulpa indirek dengan penggunaan material bioaktif MTA. **Laporan Kasus:** Kasus pertama, pasien pria 25 tahun mengeluhkan gigi kanan bawah berlubang besar dan ngilu jika kemasukan makanan. Kasus kedua pasien wanita 25 tahun mengeluhkan gigi atas kanan tambalan lama lepas dan terasa ngilu jika dipakai minum. Diagnosis kedua kasus adalah pulpitis reversibel dan rencana perawatan yaitu kaping pulpa indirek dengan material bioaktif MTA. Perawatan kaping pulpa indirek dengan material bioaktif MTA dapat menjadi pilihan karena bersifat biokompatibel, bioaktif, hidrofilik, radiopak, dan memiliki *sealing ability* yang baik. **Kesimpulan:** Perawatan kaping pulpa indirek pada kedua kasus dapat dikatakan berhasil karena memenuhi beberapa kriteria keberhasilan antara lain tidak adanya keluhan subyektif, respon positif terhadap tes vitalitas menandakan pulpa tetap vital, tes perkusi tidak peka dan tidak adanya kelainan periapikal dari gambaran radiografis selama 1 dan 3 bulan.

Kata kunci: kaping pulpa indirek, material bioaktif, *mineral trioxide aggregate*

PENDAHULUAN

Perawatan pulpa vital bertujuan untuk mempertahankan vitalitas pulpa dengan menghilangkan bakteri dan menstimulasi pembentukan dentin reparatif.¹ Vitalitas pulpa berperan dalam keberlangsungan gigi jangka panjang dalam rongga mulut.² Terapi pulpa vital mencakup kaping pulpa direk dan indirek. Kaping pulpa direk dilakukan pada kasus tereksposnya pulpa dan kaping pulpa indirek dilakukan pada kasus karies dentin dalam.¹ Pemberian material kaping pulpa berperan penting dalam perawatan pulpa vital.¹ Material yang diperkenalkan sebagai agen kaping pulpa, di antaranya *Zinc Oxide Eugenol* (ZOE), *Glass Ionomer Cement* (GIC), *Resin-Modified Glass Ionomer Cement* (RM-GIC), kalsium hidroksida, dan *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA).³

Material ZOE sebagai material kaping pulpa bersifat sitotoksik dan menunjukkan tanda inflamasi, tidak ada penyembuhan pulpa dan tidak ada pembentukan *dentinal bridge*.³ Material GIC menunjukkan *seal* antibakteri yang baik namun bersifat sitotoksik saat berkontak dengan sel pulpa.³ Material RM-GIC untuk kaping pulpa menunjukkan inflamasi kronis dan tidak terbentuknya *dentinal bridge*.³ Kalsium hidroksida

memiliki riwayat jangka panjang sebagai material standard untuk kaping pulpa indirek karena sifat alkalinitasnya dan kemampuan menghasilkan *dentinal bridge*.⁴ Namun, penelitian terbaru menyatakan kalsium hidroksida memiliki kemampuan *sealing* kurang baik, kelarutan tinggi dan *dentinal bridge* yang dihasilkan memiliki *tunnel defect*.^{3,5}

Studi Nair, dkk menyatakan tingkat kesuksesan perawatan kaping pulpa lebih tinggi dengan bahan bioaktif seperti MTA.⁶ with IRM®, clinically reviewed and extracted after a number of pre-determined intervals (1 week, 1 month and 3 months Studi *systematical review* dan *meta-analysis* oleh Duncan, dkk menemukan tingkat kesuksesan kaping pulpa dengan MTA (86%) lebih tinggi daripada kalsium hidroksida (65%) sesudah 12 bulan.⁷ Menurut Cohen dan Combe, material ideal untuk kaping pulpa harus dapat mempertahankan vitalitas pulpa, menstimulasi pembentukan dentin reparatif, bersifat bakterisidal atau bakteriostatik, menghasilkan *bacterial seal*, memiliki adhesi baik terhadap dentin dan restorasi, mampu menahan gaya dari restorasi di atasnya, steril, dan radiopak.^{1,8} Syarat bahan bioaktif ini dipenuhi oleh

MTA yang bersifat biokompatibel, bioaktif, hidrofilik, radiopak dan memiliki *sealing ability* yang baik.⁹ Oleh karena itu, laporan kasus ini bertujuan untuk menganalisis dua kasus karies pulpa tidak langsung dengan penggunaan material bioaktif MTA.

LAPORAN KASUS

Kasus pertama, pasien pria, usia 25 tahun datang ke klinik Konservasi Gigi FKG UI dengan keluhan gigi belakang kanan bawah berlubang besar. Gigi terasa ngilu jika memasukkan makanan, namun rasa ngilu segera hilang jika makanan dibersihkan. Gigi tersebut tidak ada keluhan nyeri spontan. Pemeriksaan objektif gigi 47 terdapat karies dentin dalam pada oklusal (D5, Site 1 Size 2), tes vitalitas positif, tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pemeriksaan radiografis gigi 47 terdapat radiolusensi lebih dari setengah kedalaman dentin di oklusal, jaringan periodonsium dan lamina dura normal, tidak ada lesi periapiks (gambar 1). Diagnosis gigi 47 pulpitis reversibel.

Rencana perawatan yaitu karies pulpa tidak langsung dengan material bioaktif *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) dan restorasi definitif resin komposit. Perawatan gigi 47 dimulai dengan pemasangan *rubber dam* untuk isolasi area kerja. Ekskavasi karies dengan *diamond round bur* untuk mengangkat enamel yang lemah dan tidak didukung dentin, serta ekskavator dan *metal round bur* untuk mengangkat *infected dentin*. Ekskavasi karies dimulai dari bagian perifer kavitas hingga jaringan dentin sehat dan keras, sedangkan dasar kavitas dilakukan ekskavasi hingga meninggalkan *affected dentin* dengan konsistensi *leathery* (gambar 2). Setelah ekskavasi dan preparasi kavitas, dilakukan desinfeksi kavitas menggunakan 2% chlorhexidine gluconate (CHX). CHX pada *cotton pellet* diletakkan pada kavitas serta ditinggalkan selama satu menit, kemudian diangkat.

Prosedur karies pulpa tidak langsung dengan material bioaktif MTA (PD MTA) diawali dengan manipulasi MTA sesuai instruksi pabrik. MTA diambil dan diletakkan pada dasar kavitas dengan menggunakan MTA carrier (NexMTA carrier) pada area *affected dentin* (gambar 3). Selanjutnya GIC (GIC Fuji IX, GC) yang sudah dimanipulasi diletakkan di atas MTA sebagai basis hingga memenuhi seluruh kavitas (gambar 4). GIC dibentuk sesuai kontur gigi pada dan diaplikasikan Vaseline, lalu dilakukan pengecekan oklusi dan artikulasi.

Pasien datang kembali setelah observasi 1 bulan. Pada pemeriksaan subyektif pasien tidak ada keluhan sakit spontan ataupun ngilu pada saat makan. Pemeriksaan obyektif GIC intak, tes vitalitas pulpa positif, tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pemeriksaan radiograf didapatkan tidak ada lesi periapikal, lamina dura dan



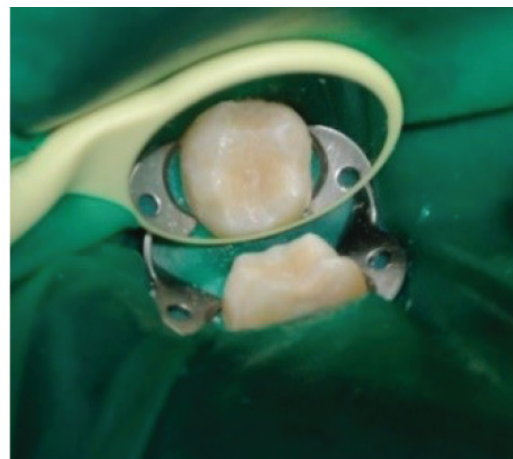
Gambar 1. Foto klinis dan radiografis preoperatif gigi 47



Gambar 2. Gigi 47 sesudah ekskavasi karies



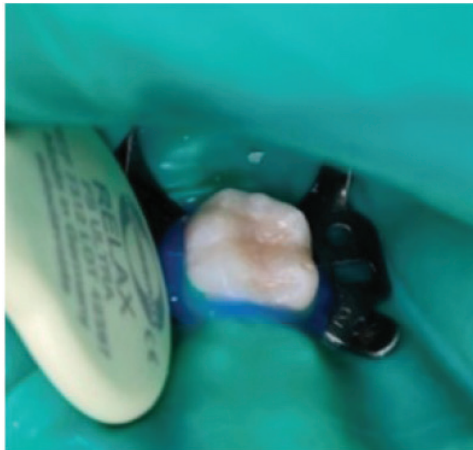
Gambar 3. Aplikasi MTA pada gigi 47



Gambar 4. Basis GIC sesudah aplikasi MTA



Gambar 5. Radiografis paska 1 bulan

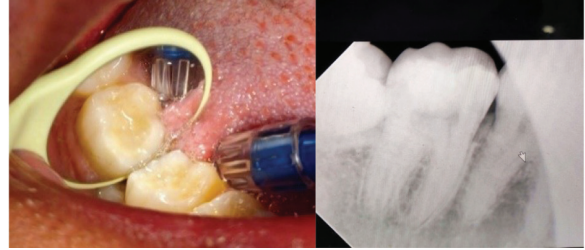


Gambar 6. Restorasi resin komposit gigi 47

ruang periodontal normal (gambar 5). Perawatan dimulai dengan pemasangan *rubber dam* dan pembongkaran GIC hingga menyisakan 2 mm GIC sebagai basis di atas MTA. Restorasi definitif dengan resin komposit menggunakan teknik inkremental dan dilakukan *finishing* dan *polishing* (gambar 6).

Pasien diminta untuk kontrol kembali sesudah 3 bulan. Pemeriksaan subyektif didapatkan pasien tidak memiliki keluhan, gigi dapat digunakan untuk berfungsi secara baik. Pada pemeriksaan obyektif terlihat restorasi resin komposit intak, tes vitalitas pulpa positif, tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pada pemeriksaan radiograf didapatkan tidak ada lesi periapikal, lamina dura dan ruang periodontal normal (gambar 7).

Kasus kedua, pasien perempuan, usia 38 tahun datang ke klinik Konservasi Gigi FKG UI dengan keluhan gigi atas kanan tambalan lama lepas sebagian. Jika minum air dingin gigi terasa agak ngilu. Pemeriksaan objektif gigi 15 terdapat tambalan GIC pada disto-oklusal mencakup setengah struktur gigi yang sebagian terlepas di area servikal distal, tes vitalitas positif, tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pemeriksaan radiografis gigi 15 terdapat tambalan berupa massa radiopak mirip jaringan dentin di distal dengan garis radiolusensi di bagian servikal antara gigi dan tambalan, jaringan periodonsium dan lamina dura



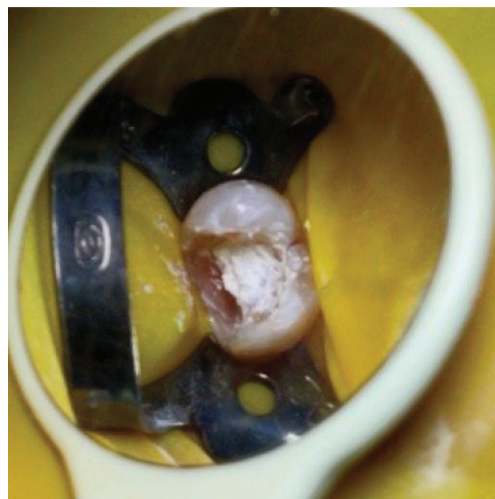
Gambar 7. Foto klinis dan radiografis kontrol 3 bulan gigi 47



Gambar 8. Foto klinis dan radiografis preoperatif gigi 15



Gambar 9. Gigi 15 sesudah pembongkaran tambalan lama dan ekskavasi karies



Gambar 10. Aplikasi MTA pada gigi 15



Gambar 11. Basis GIC sesudah aplikasi MTA



Gambar 13. Restorasi onlay ceramagge gigi 15



Gambar 12. Preparasi onlay ceramagge gigi 15



Gambar 14. Foto radiografis pasca restorasi

normal, tidak ada lesi periapiks (gambar 8). Diagnosis gigi 15 pulpitis reversibel.

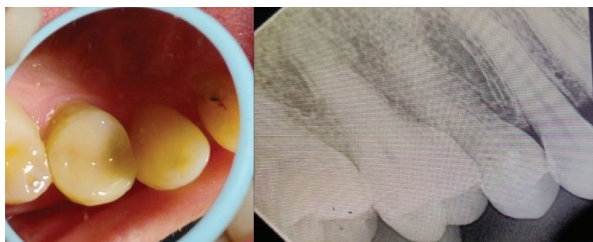
Rencana perawatan yaitu kaping pulpa indirek dengan material bioaktif *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) dan restorasi definitif onlay ceramagge. Perawatan gigi 15 dimulai dengan pemasangan *rubber dam* dan pembongkaran restorasi lama GIC. Selanjutnya dilakukan ekskavasi karies sekunder di area servikal distal hingga didapatkan jaringan dentin yang sehat dan keras di sekeliling perifer kavitas (gambar 9). Sesudah ekskavasi dan preparasi kavitas, dilakukan desinfeksi kavitas menggunakan 2% chlorhexidine gluconate (CHX).

Prosedur kaping pulpa indirek dengan material bioaktif MTA (PD MTA) diawali dengan manipulasi MTA, kemudian diambil dan diletakkan pada dasar kavitas dengan menggunakan MTA carrier (NexMTA carrier, Revoden) (gambar 10). Selanjutnya GIC diletakkan di atas MTA sebagai basis hingga memenuhi seluruh kavitas (gambar 11). GIC dibentuk sesuai kontur gigi

dan diaplikasikan Vaseline lalu dilakukan pengecekan oklusi dan artikulasi.

Pasien datang kembali sesudah observasi 1 bulan. Pemeriksaan subyektif didapatkan pasien tidak ada keluhan sakit spontan ataupun ngilu pada saat minum. Pemeriksaan obyektif terlihat GIC intak, tes vitalitas pulpa positif, serta tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pada hasil pemeriksaan radiograf didapatkan tidak ada lesi periapikal, lamina dura dan ruang periodontal normal. Perawatan dimulai dengan pemasangan *rubber dam* dan pembongkaran GIC hingga menyisakan 2 mm GIC sebagai basis di atas MTA. Selanjutnya dilakukan preparasi gigi 15 untuk restorasi definitif onlay ceramagge, pencetakan dan pengiriman ke lab dental (gambar 12). Onlay ceramagge yang sudah jadi dari lab dental kemudian disementasi dengan semen resin (gambar 13) dan dievaluasi dengan foto radiograf (gambar 14).

Pasien diminta untuk kontrol kembali sesudah 3 bulan. Pemeriksaan subyektif didapatkan pasien tidak memiliki keluhan, gigi dapat digunakan untuk berfungsi secara baik. Pada pemeriksaan obyektif terlihat onlay ceramagge intak, tes vitalitas pulpa



Gambar 15. Foto klinis dan radiografis kontrol 3 bulan gigi 15

positif, tes perkusi dan palpasi tidak peka. Pada hasil pemeriksaan radiograf didapatkan tidak ada lesi periapikal, lamina dura dan ruang periodontal normal (gambar 15).

DISKUSI

Perawatan pulpa vital mencegah perubahan struktur dan biologis yang dapat melemahkan gigi, menghentikan penetrasi bakteri dan mempertahankan kemampuan regeneratif kompleks dentin-pulpa. Perawatan pulpa vital juga menghindari perawatan saluran akar yang lebih invasif dan mahal.³ Pada perawatan kaping pulpa, kesuksesan bergantung pada vitalitas dan kesehatan jaringan pulpa. Pada karies dalam, bakteri dan toksinnya mampu melewati tubulus dentin untuk menginduksi respon inflamasi pulpa. Oleh karena itu pada gigi dengan karies mencapai $\frac{3}{4}$ kedalaman dentin¹ atau ketebalan dentin tersisa kurang dari 0,5 mm sebaiknya dilapisi dengan material kaping pulpa.^{4,9,10} Pada kasus ini, keluhan pasien terbatas ngilu ketika ada rangsangan (menandakan diagnosis pulpitis reversibel) sehingga merupakan indikasi perawatan kaping pulpa.² Ekskavasi karies meliputi pengangkatan *infected dentin* (dentin demineralisasi yang struktur kolagennya terdenaturasi dan tidak dapat remineralisasi) dan meninggalkan *affected dentin* (dentin demineralisasi, namun masih memiliki struktur *cross-linkage* kolagen dan memiliki potensi remineralisasi). Prosedur dilakukan dalam satu kunjungan untuk mengurangi resiko tersisanya jaringan karies, menghemat waktu dan kenyamanan pasien.⁴ Ekskavasi dimulai dengan mengangkat enamel yang tidak terdukung dentin, bagian perifer kavitas diekskavasi hingga didapatkan dentin sehat dan keras untuk menciptakan *peripheral seal zone*.¹¹ Ekskavasi pada dinding pulpa hingga didapatkan *leathery, affected dentin* untuk menghindari eksposur pulpa.¹¹ Ekskavasi dengan teknik *selective removal to leathery dentin* dilakukan di bawah magnifikasi lup untuk mencapai prosedur yang *minimal invasive*.¹¹ Sesudah itu dilakukan desinfeksi dengan 2% CHX karena memiliki sifat antibakteri dan menghambat matrix metalloproteinase yang berperan dalam demineralisasi dan berkontribusi merusak *interface* sistem adhesif.⁴ Pendekatan *deep caries removal end points* dapat mengkombinasikan

penggunaan *caries detecting dye/laser fluorescence* untuk mengetahui batas ekskavasi karies ideal yang mendukung retensi dan resistensi restorasi adhesif.

Material kaping pulpa tidak hanya memiliki fungsi untuk *sealing*, namun memiliki sifat bioaktif sehingga menstimulasi pembentukan dentin reparatif. Material kalsium hidroksida menjadi *gold standard* pada abad 20 karena sifat antibakteri dan kemampuan menghasilkan *dentinal bridge*. Namun kalsium hidroksida memiliki kekurangan karena bersifat larut, *sealing* dan adhesi yang kurang baik serta menyebabkan *tunnel defect* pada lapisan *dentin bridge* yang terbentuk di bawah kalsium hidroksida.³ Perkembangan kedokteran gigi memperkenalkan MTA sebagai material kaping pulpa.^{4,12-15}

MTA merupakan semen hidraulik yang *setting* pada kondisi yang lembab. Komponen utama MTA (trikalsium dan dikalsium silikat serta trikalsium aluminat) yang mengalami hidrasi akan terpecah menjadi kalsium silikat hidrat dan kalsium hidroksida.⁷ Kalsium silikat hidrat akan membentuk gel koloid yang akan tersolidifikasi menjadi struktur kristalin.¹³ Kalsium hidroksida terpecah menjadi ion kalsium dan ion hidroksil. Ion kalsium akan menurunkan permeabilitas kapiler, menurunkan laju serum dan level *inhibitory pyrophosphatase* sehingga menghasilkan mineralisasi.¹ Sedangkan ion hidroksil akan menetralkan asam, memiliki efek antibakteri dan menyediakan pH optimal untuk aktivitas pirofosfatase sehingga menaikkan level *calcium ion-dependent pyrophosphatase* dan menghasilkan mineralisasi.¹ pH MTA tetap tinggi karena adanya rilis ion kalsium dari MTA dan pembentukan kalsium hidroksida.¹³

MTA merupakan material yang biokompatibel, tidak sitotoksik dan mampu meregulasi berbagai sitokin dan *biologic marker* yang berperan dalam penyembuhan.¹⁴ Aplikasi MTA akan membentuk lapisan hidroksiapatit (atau *carbonated apatite*) dan menghasilkan seal biologis.^{13,15} Hidroksiapatit yang terbentuk dapat mengisi celah pada *interface* dan berinteraksi dengan dentin pada saat deposisi apatit intrafibrillar.¹³ Pembentukan lapisan hidroksiapatit menghasilkan ikatan kimia antara MTA dan dinding dentin.¹⁴ Pembentukan apatit menjadi salah satu ciri material bioaktif yaitu mampu membentuk jaringan keras dan meningkatkan *seal* fisikokimia yang rapat dengan dentin sehingga membentuk *barrier* yang tidak larut dan dapat mencegah kebocoran mikro.^{14,16} Pada studi Nair, dkk ditemukan sampel dengan aplikasi MTA terdapat pembentukan jaringan keras secara lengkap sesudah 1 bulan.¹⁴

Sifat fisik MTA dipengaruhi manipulasi yang tepat sesuai instruksi pabrik.¹³ Ketebalan minimal 1,5 mm MTA direkomendasikan untuk diletakkan di atas area eksposur.¹ MTA memiliki keterbatasan yaitu

waktu *setting* yang lama. MTA tradisional (ProRoot MTA) memiliki waktu setting 2-4 jam.¹⁴ Hal ini menjadi alasan aplikasi MTA tidak diselesaikan dalam 1 pertemuan.¹³ Proses etsa dan pembilasan dapat menggeser MTA yang belum *setting* sehingga restorasi resin komposit harus ditunda minimal 96 jam.¹³ Sesudah aplikasi MTA, diletakkan basis GIC karena memiliki sifat mekanis yang cukup baik, relatif tidak larut, melepas fluoride, bersifat antibakteri dan remineralisasi.^{2,19} Peletakan GIC di atas MTA tidak mengubah sifat dan interaksi kedua material^{10,19}.

Ekskavasi karies yang ideal dan pembentukan *peripheral seal zone* akan menghasilkan ikatan bonding untuk restorasi adhesif yang baik dan tahan lama.¹¹ *Tensile bond strength* pada *dentinoenamel junction* (DEJ) diharapkan dapat mencapai 51,5 MPa.¹¹ Hanya *bonding* ke dentin sehat yang dapat mencapai nilai ini, oleh karena itu ekskavasi karies pada bagian perifer harus mencapai dentin yang sehat dan keras.^{1,11} Ikatan adhesif ke dentin yang mengalami karies berkurang hingga 25%-50%.¹¹ *Bond strength* pada dinding pulpa (ikatan ke *leathery dentin*) mencapai 30 MPa.¹¹ Asam dari proses karies dapat mengaktifkan MMP yang dapat mereduksi *bond strength* hingga 25%-30%.¹¹ Oleh karena itu penggunaan CHX sesudah ekskavasi karies akan membantu mendeaktivasi MMP.^{11,20} Sistem adhesif yang masih menjadi *gold standard* dengan memberikan ikatan paling baik pada enamel dan dentin adalah *three-step total etch* atau *two step self-etch*.^{1,8} Restorasi akhir resin komposit pada karies dalam harus dilakukan secara inkremental untuk menghindari *polymerization shrinkage*.¹

Kesuksesan kaping pulpa indirek ditentukan oleh ketebalan dentin tersisa dan material kaping pulpa.^{1,3} Ketebalan dentin tersisa 2 mm-0,5 mm memiliki prognosis baik karena sekresi dentin reaksioner lebih banyak.^{1,3} Jika ketebalan dentin tersisa 0,25 mm-0,5mm maka dentin reaksioner akan berkurang karena penurunan aktivitas odontoblastik.¹ Dentin diproduksi paling cepat sesudah 1 bulan dari kaping pulpa indirek lalu kecepatan deposisi berkurang dan stabil.¹ Kebocoran mikro dan kontaminasi bakteri menentukan keberhasilan jangka panjang dan keberlangsungan vitalitas pulpa.²⁴

Oleh karenanya, kesuksesan perawatan pulpa vital juga ditentukan oleh restorasi definitif.³ Pada kasus pertama, resin komposit dipilih karena dapat mempertahankan sisa struktur gigi, memiliki sifat fisik yang baik, dapat mengembalikan fungsi dan estetika gigi.¹ Pada kasus kedua, restorasi onlay dipilih untuk menyatukan dinding bukal palatal untuk mencegah fraktur. Material ceramag dipilih karena estetis, memiliki modulus elastisitas yang sama dengan dentin sehingga bersifat biomimetik dengan gigi. Kemajuan teknologi adhesif menunjukkan di bawah lapisan hibrida resin terdapat zona tahan asam-basa yang dapat meningkatkan resistensi dentin terhadap karies rekuren.¹¹ Lapisan

yang disebut *super dentin* ini terbentuk ketika penetrasi monomer dan polimerisasi terjadi dan menunjukkan kemampuan untuk menghambat karies.¹¹ Peningkatan kekuatan sistem restorasi adhesif menunjukkan bahwa restorasi adhesif dapat melengkapi perawatan pulpa vital.¹¹

Standar baku evaluasi status pulpa adalah analisis histopatologis.³ Namun, analisis ini tidak praktis untuk kepentingan klinis. Evaluasi keberhasilan terapi pulpa vital berdasarkan pemeriksaan subyektif, obyektif dan radiografis.² Pada kasus sesudah observasi 1 dan 3 bulan tidak ada gejala nyeri spontan, tes vitalitas pulpa normal yang menandakan pulpa tetap vital, tes perkusi tidak peka serta tidak adanya radiolusensi atau lesi di periapeks pada pemeriksaan radiografis. Salah satu tanda kesuksesan kaping pulpa indirek adalah terbentuknya ketebalan dentin tersier. Leye Benoist, dkk menemukan ketebalan *dentin bridge* sesudah 3 bulan yaitu 0,121 mm dan sesudah 6 bulan yaitu 0,235 mm sesudah aplikasi MTA.^{2,10} Pada kasus ini sebaiknya dilanjutkan observasi hingga 6 dan 12 bulan untuk memastikan kesuksesan jangka panjang.

KESIMPULAN

Perawatan kaping pulpa indirek dengan material bioaktif MTA dapat menjadi pilihan karena bersifat biokompatibel, bioaktif, hidrofilik, radiopak, dan memiliki *sealing ability* yang baik. Perawatan kaping pulpa indirek pada gigi 47 dan 15 berhasil memenuhi beberapa kriteria keberhasilan antara lain tidak adan keluhan subyektif, tes vitalitas positif menandakan pulpa tetap vital, tes perkusi tidak peka dan tidak adanya kelainan periapikal dari gambaran radiografis. Observasi hingga 6 dan 12 bulan disarankan untuk menilai pembentukan *dentinal bridge* dan evaluasi kesuksesan perawatan jangka panjang.

REFERENSI

1. Gopikrishna V, Chandra BS. Grossman 's Endodontic Practice. 2014.
2. Lucia C, Raluca D, Levente C. Clinical and radiographic evaluation of indirect pulp capping with MTA and calcium hydroxide for permanent teeth. Rom J Med Dent Res. 2019;8(3):35–45.
3. Hilton TJ. Keys to Clinical Success with Pulp Capping: A Review of the Literature. Oper Dent. 2009;34(5):615–25.
4. Alex G. Direct and Indirect Pulp Capping: A Brief History, Material Innovations, and Clinical Case Report. Compend Contin Educ Dent [Internet]. 2018;39(3):182–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29493248>
5. Suhag K, Duhan J, Tewari S, Sangwan P. Success of Direct Pulp Capping Using Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide in Mature

- Permanent Molars with Pulp Exposed during Carious Tissue Removal: 1-year Follow-up. J Endod [Internet]. 2019;45(7):840–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.025>
6. 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;41(2):128–50.
7. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Chua P, Elamin AD, Clarke M, et al. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2021;54(4):556–71.
8. Hargreaves K, Berman L. Cohen's Pathways of the Pulp. Elsevier; 2016.
9. Vural UK, Kiremitci A, Gokalp S. Randomized clinical trial to evaluate MTA indirect pulp capping in deep caries lesions after 24-months. Oper Dent. 2017;42(5):470–7.
10. Leye Benoist F, Gaye Ndiaye F, Kane AW, Benoist HM, Farge P. Evaluation of mineral trioxide aggregate (MTA) versus calcium hydroxide cement (Dycal®) in the formation of a dentine bridge: A randomised controlled trial. Int Dent J. 2012;62(1):33–9.
11. Alleman DS, Magne P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. Quintessence Int [Internet]. 2012;43(3):197–208. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22299120>
12. Chowdhury D, Mazumdar P, Chatterjee S, Maiti N. Direct pulp capping with bioactive materials – A case series. IP Indian J Conserv Endod. 2020;5(2):79–82.
13. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. J Endod [Internet]. 2010;36(2):190–202. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.010>
14. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. J Endod [Internet]. 2010;36(3):400–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.009>
15. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. J Endod [Internet]. 2010;36(1):16–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.006>
16. Gurunathan D, Vasantharajan MS, Sciences T, Sciences T, Lecturer S, Sciences T, et al. Characteristics of Surface Interface between Glass Ionomer Cement with MTA and Biodentine. 2018;120(5):605–16.
17. Giraud T, Jeanneau C, Rombouts C, Bakhtiar H, Laurent P, About I. Pulp capping materials modulate the balance between inflammation and regeneration. Dent Mater [Internet]. 2019;35(1):24–35. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.09.008>
18. Careddu R, Duncan HF. How does the pulpal response to biodentine and proroot mineral trioxide aggregate compare in the laboratory and clinic? Br Dent J. 2018;225(8):743–9.
19. Patil A, Aggarwal S, Kumar T, Bhargava K, Rai V. The evaluation of interfaces between MTA and two types of GIC (conventional and resin modified) under an SEM: An in vitro study. J Conserv Dent. 2016;19(3):254–8.
20. Hashem D, Manocci F, Patel S, Manoharan A, Watson T, Banerjee A. Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: a randomised controlled clinical trial-2 year results. Clin Oral Investig. 2018;
21. Arshad E, Gyanendra K, Dhillon JK. Comparative evaluation of clinical outcome of indirect pulp treatment with calcium hydroxide, calcium silicate and er:cr:YSGG laser in permanent molars. Laser Ther. 2019;28(2):123–30.
22. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus biodentine: Review of literature with a comparative analysis. J Clin Diagnostic Res. 2017;11(8):ZG01–5.
23. Suprastiwi E, Putranto AW, Maharti ID. The ability of biodentine™ of guided tissue remineralization (GTR): Analysis using SEM, EDX and TEM. Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr. 2019;19(1).
24. Zanini M, Hennequin M, Cousson PY. A Review of Criteria for the Evaluation of Pulpotomy Outcomes in Mature Permanent Teeth. J Endod [Internet]. 2016;42(8):1167–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.05.008>