PENGAMBILAN PATAHAN FILE PADA GIGI MOLAR PERTAMA KANAN BAWAH MENGGUNAKAN INSTRUMEN ULTRASONIK

Winasih [1], Citra Kusumasari [2]

[1] Program Spesialis Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Indonesia
[2] Staf Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: Fraktur instrumen endodontik pada saluran akar secara signifikan dapat mempengaruhi prognosis perawatan. Tingkat frekuensi fraktur instrumen yang dilaporkan bervariasi dari 0,7%-13,54% kasus dan 73,4% terjadi pada gigi molar. Pendekatan umum untuk menangani fraktur instrumen endodontik adalah dengan mengeluarkannya. Penggunaan DOM (*Dental Operating Microscope)* dan teknologi ultrasonik secara signifikan dapat meningkatkan prognosis perawatan. Namun, pertimbangan lebih lanjut sesuai kasus tetap diperlukan. **Tujuan:** Untuk menggambarkan manajemen pengambilan instrumen pada saluran akar gigi molar menggunakan DOM dan teknologi ultrasonik. **Laporan Kasus:** Seorang pasien laki-laki berusia 20 tahun dirujuk dari Klinik Integrasi RSKGM FKG UI karena fraktur instrumen pada saluran akar gigi molar pertama bawah kanan belakang. Pemeriksaan radiograf menunjukkan adanya gambaran radiopak tipis sepanjang 2 mm pada sepertiga apikal saluran akar distolingual. Perawatan dimulai dengan pembuatan *staging platform* menggunakan *ultrasonic tip* ET-20 dan ET-25 (Satelec®, Prancis) untuk menciptakan celah di belakang instrumen dan melonggarkannya dari dinding dentin. Selanjutnya, dilakukan aktivasi irigasi dengan larutan 2,5% NaOCl, salin dan 17% EDTA. Setelah fraktur instrumen berhasil diangkat dan panjang kerja definitif sudah tercapai, prosedur selanjutnya yaitu preparasi saluran akar dan diakhiri dengan pembuatan restorasi onlay dengan teknik PIAR *(Posterior Indirect Adhesive Restoration)*. **Diskusi:** Dalam kasus ini, fraktur instrumen endodontik berhasil dikeluarkan menggunakan DOM dan teknologi ultrasonik. Metode ini telah terbukti secara ilmiah efektif dapat mengangkat instrumen patah dalam saluran akar dengan resiko minimal terjadinya kerusakan pada jaringan sehat. **Kesimpulan:** *Dental operating microscope* dan teknologi ultrasonik memberikan solusi yang efektif dan efisien untuk menangani fraktur instrumen endodontik sesuai indikasi. Metode ini mampu meningkatkan prognosis perawatan dan meminimalkan risiko komplikasi. *Follow-up* jangka panjang sangat penting untuk mengevaluasi hasil perawatan.

Kata Kunci: *Fraktur instrumen, Mikroskop, Ultrasonik*

ABSTRACT

***Background**: Fracture of endodontic instruments in the root canal can significantly affect the treatment prognosis. The reported frequency of instrument fractures varies from 0.7% to 13.54% of cases, with 73.4% occurring in molar teeth. The general approach to managing endodontic instrument fractures is by retrieving them. The use of a Dental Operating Microscope (DOM) and ultrasonic technology can significantly improve treatment prognosis. However, further case-specific considerations are still required. **Objective**: To describe the management of instrument retrieval in the root canal of molar teeth using DOM and ultrasonic technology. **Case Report**: A 20-year-old male patient was referred from the RSKGM FKG UI Integration Clinic due to an instrument fracture in the root canal of the lower right first molar. Radiographic examination showed a thin radiopaque image of approximately 2 mm along the apical third of the distolingual root canal. Treatment began by creating a staging platform*

using ultrasonic tips ET-20 and ET-25 (Satelec®, France) to create a gap behind the instrument and loosen it from the dentin wall. Subsequently, irrigation activation was performed with 2.5% NaOCl, saline, and 17% EDTA solutions. After the fractured instrument was successfully removed and the working length was achieved, the next steps involved root canal preparation and the placement of an onlay restoration using the PIAR (Posterior Indirect Adhesive Restoration) technique. ***Discussion****: In this case, the endodontic instrument fracture was successfully removed using DOM and ultrasonic technology. This method has been scientifically proven to be effective in removing fractured instruments from the root canal with minimal risk of damage to healthy tissue.* ***Conclusion****: The Dental Operating Microscope and ultrasonic technology provide an effective and efficient solution for managing endodontic instrument fractures when indicated. This method enhances treatment prognosis and minimizes the risk of complications. Long-term follow-up is crucial to evaluate treatment outcomes.*

Keywords*: Instrument Fracture, Microscope, Ultrasonic*

*) Winasih
E-mail: winasihwin25@gmail.com
Jl. Salemba Raya No. 4, Senen, Jakarta
Pusat, DKI Jakarta, Indonesia
**Submisi : 6 Mei 2025; Revisi : 12 Juni 2025;
Penerimaan 20 Juni 2025**

PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar bertujuan untuk menyembuhkan penyakit pulpa dan periapikal agar gigi bisa berfungsi kembali dan bebas dari infeksi. Perawatan ini melibatkan *cleaning, shaping* dan *obturation*.[1] Keberhasilan prosedur ini sangat bergantung pada penggunaan instrumen endodontik dalam membersihkan saluran akar dengan cara berkontak dan menghaluskan dinding saluran akar.[1] Instrumen nikel-titanium (NiTi), baik instrumen tangan maupun putar digunakan karena fleksibilitas yang lebih baik daripada instrumen *stainless steel.* Namun, dalam beberapa kasus, instrumen *stainless steel* masih digunakan untuk menciptakan *glide path.*[1,2]

Separasi instrumen adalah hal yang mungkin terjadi selama proses perawatan saluran akar, dengan insiden yang bervariasi antara 0,4%-23%.[2-4] Instrumen yang tertinggal di dalam saluran akar dapat menyebabkan berkurangnya prosedur *cleaning* dan *shaping* menjadi tidak optimal karena terhalangnya akses ke apikal dan proses disinfeksi, sehingga mempengaruhi hasil perawatan.[2-4] Selain itu, hasil perawatan juga sangat bergantung pada sejauh mana saluran akar sudah dibersihkan dan dibentuk sebelum instrumen patah dan kondisi gigi apakah terdapat lesi periradikular.

Separasi instrumen lebih sering ditemukan pada penggunaan instrumen putar dibandingkan instrumen tangan.[3] Insidensi separasi instrumen putar NiTi dalam beberapa dekade terakhir dilaporkan antara 1,3-10%, sedangkan pada instrumen tangan *stainless steel* mencapai 0,25-6%.[2-4] Selain itu, separasi instrumen biasanya terjadi di gigi molar yang memiliki insidensi tertinggi sebesar 77-89% dengan risiko lebih besar pada rahang bawah dibandingkan rahang atas 50-55%.[2,3,4]Berdasarkan lokasi separasi paling sering terjadi pada sepertiga apikal (41-82,7%) disusul sepertiga tengah (14,8-32%) dan paling jarang ditemukan di sepertiga koronal (2,5-20%).[4] Secara klinis separasi instrumen biasanya terjadi pada saluran akar yang berdiameter kecil atau sempit, akses yang sulit dan melengkung.[2-6,11-13]

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya separasi instrumen yaitu teknik penggunaan instrumen yang kurang tepat, kelelahan material, serta variasi morfologi saluran akar.[6] Diagnosis separasi instrumen dapat ditegakkan melalui hilangnya patensi panjang kerja atau melalui pemeriksaan radiograf. Keberadaan separasi instrumen yang tidak dapat diangkat berpotensi menghambat penyembuhan karena dapat menghalangi proses pembersihan debris secara optimal.[5-8] Negosiasi terhadap instrumen tersebut juga meningkatkan kompleksitas prosedur, khususnya pada saluran sempit dan melengkung.[6] Strategi perawatan pada kasus separasi instrumen perlu mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain lokasi dan panjang

fragmen, jenis instrumen, tingkat infeksi di bawah fragmen, morfologi saluran akar, keterampilan operator, ketersediaan alat bantu seperti *Dental Operating Microscope* (DOM) dan *ultrasonic tip*, serta motivasi pasien.[6-8] Perawatan untuk separasi instrumen dibagi menjadi *non-surgical* dan *surgical.* Pendekatan *non-surgical* meliputi upaya *retrieval* fragmen, *bypass* atau melanjutkan preparasi dan obturasi terbatas hingga bagian koronal fragmen (*leave in situ).*[6] Pemilihan metode tersebut harus memperhitungkan potensi kerusakan struktur gigi yang tersisa, karena dapat menurunkan integritas gigi dan meningkatkan risiko perforasi.[6-9] Laporan kasus ini membahas mengenai metode *retrieval* sebagai tatalaksana separasi instrumen endodontik dalam saluran akar pada gigi molar satu rahang bawah menggunakan *ultrasonic tips* dan *dental operating microscope* sebagai solusi minimal invasif dengan prognosis baik.

LAPORAN KASUS

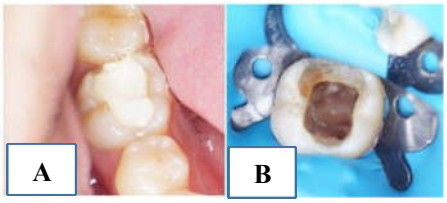
Seorang Laki-laki usia 22 tahun rujukan dari Klinik Integrasi Rumah Sakit Kesehatan Gigi Mulut Universitas Indonesia, terdapat patah instrumen pada salah satu saluran akar gigi bawah kanan belakang. Riwayat pada gigi tersebut berlubang sejak 7 tahun yang lalu. Gigi tersebut pernah sakit berdenyut spontan pada 2 tahun yang lalu, kemudian hilang sendiri tanpa minum obat antinyeri. Saat ini gigi tersebut tidak sakit, namun pasien merasa tidak nyaman karena belum dilakukan penambalan. Pasien menyangkal adanya riwayat bengkak. Pasien menyikat gigi 2 kali sehari. Pasien menyangkal kebiasaan menggunakan benang gigi dan obat kumur.

Gambar 1. Foto profil pasien

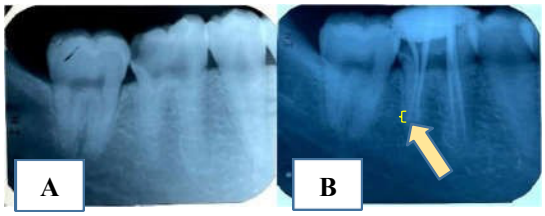
Pasien dilakukan pemeriksaan objektif yang terdiri dari pemeriksaan ekstraoral dan intraoral. Pada pemeriksaan ekstraoral (gambar 1) terlihat wajah pasien simetris, bibir sehat, kelenjar getah bening submandibular kanan dan kiri tidak teraba dan tidak sakit. Pada pemeriksaan intraoral (gambar 2) terdapat debri, plak, kalkulus, perdarahan papilla interdental dan hiperemi gingiva di regio 1,2,3,4. Mukosa sehat, palatum dan dasar mulut normal, hubungan molar kanan dan kiri kelas 1.

Gambar 2 Foto *Intra Oral* 5 sisi

Keluhan utama pasien yaitu pada gigi 46 yang sudah dilakukan prosedur perawatan saluran akar, namun belum selesai. Pada pemeriksaan objektif mengenai keluhan utama pasien, secara klinis terdapat kavitas oklusal yang meluas hingga dasar kamar pulpa. Dilanjutkan pemeriksaan termis pada gigi 46 (tidak peka), perkusi (-), palpasi (-), gingiva normal, poket bukal mesial distal dan lingual 2 mm. Foto klinis gigi 46 sebelum dan setelah pembongkaran tambalan sementara (Gambar 3). Pada pemeriksaan radiograf awal (saat pasien dirujuk) terlihat pada gambar 4A dan 4B. Gambar 4A menunjukan adanya kalsifikasi di 1/3 apikal saluran akar distobukal dan lingual. Gambar 4B menunjukan adanya separasi instrumen sepanjang 2 mm di saluran akar distolingual dan diketahui dari operator sebelumnya bahwa instrumen yang patah yaitu *C+ file #8.*

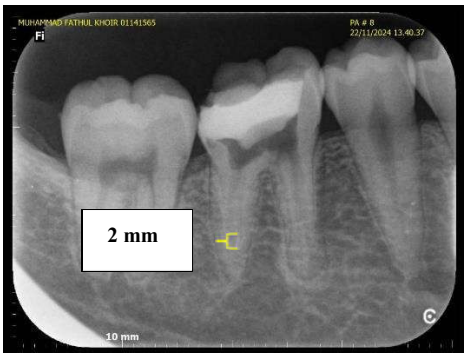


Gambar 3. (3A) Foto klinis #46 saat dirujuk, terdapat tambalan sementara. (3B) Foto klinis #46 setelah tumpatan sementara di bongkar.



Gambar 4. Foto dental awal sebelum dirujuk. (4A) menunjukan obliterasi di 1/3 apikal distobukal dan distolingual, (4B) Lokasi separasi instrumen

Selanjutnya dilakukan foto rontgen dental kembali untuk melihat detail kondisi gigi 46 (gambar 5). Interpretasi radiograf tersebut pada mahkota terdapat gambaran radiopak pada oklusal meluas hingga kamar pulpa, pada saluran akar terdapat gambaran radiopak 2 mm (file C+ #8) di 1/3 apikal saluran akar distolingual, lamina dura menebal dan ruang periodontal melebar serta periapeks terdapat radiolusen berbatas jelas.



Gambar 5. Foto dental digital lokasi separasi instrumen gigi 46

Berdasarkan pemeriksaan lengkap tersebut gigi 46 di diagnosis *Previously initiated therapy; Periodontitis apikalis asimptomatik* berdasarkan *American Association of Endodontists* (AAE), Periodontitis apikalis asimptomatik et causa Nekrosis pulpa berdasarkan Grossman. Diagnosis banding gigi 46 Nekrosis pulpa; Abses apikalis kronis (AAE), Abses apikalis asimptomatik et causa Nekrosis Pulpa (Grossman). Rencana perawatan gigi 46 yaitu Perawatan saluran akar non vital dengan restorasi onlay dan prognosis baik.

Tatalaksana pada gigi 46 diawali dengan pembongkaran tambalan sementara menggunakan *scaler,* diikuti dengan isolasi menggunakan *rubber dam*. Akses diperbaiki menggunakan *Acteon Newtron ® Booster EndoSuccess Canal Access Prep Kit* yaitu *CAP1 Tip* (*Acteon, France).* Irigasi dilakukan dengan larutan NaOCl 2,5% pada kamar pulpa, kemudian dikeringkan. Ditemukan empat orifis mesiobukal, mesiolingual, distobukal, distolingual. Persiapkan magnifikasi dengan menggunakan *Dental Operating Microscope* (DOM) untuk visualisasi lebih jelas. Akses *straight line* ke fragmen dibuat menggunakan *Gates Glidden #3* tanpa mengubah terlalu banyak struktur gigi agar kekuatan tetap terjaga. Gunakan *ultrasonic tip ET-20* untuk pembuatan *staging platform* dikoronal fragmen. Kemudian dilanjutkan trepanasi menggunakan *ultrasonic tip ET-25* disekitar fragmen agar longgar dan mudah diangkat. Lakukan irigasi dengan NaOCl 2,5% dan aktivasi dengan *Ultra X EndoActivator* (*Eighteeth, China).* Saat diperiksa dengan mikroskop fragmen sudah tidak terlihat di saluran akar. Kemudian konfirmasi pengambilan instrumen yang patah menggunakan *K-file #8 (Dentsply Sirona,Germany)* dan radiograf digital *Nanopix (Eighteeth, China)*.

Gambar 6. Konfirmasi separasi instrumen sudah terangkat

Penjajakan dengan *K-file ISO #10 (Dentsply Sirona, Germany)* sepanjang kerja estimasi pada saluran akar mesiobukal dan mesiolingual. Pada saluran akar distobukal dan distolingual dilakukan negosiasi dengan *file C+ #8 (Dentsply Sirona, Germany)*. Pastikan *file* telah mencapai panjang kerja definitif dengan

apex locator root ZX3 (Morita ,Japan) yaitu Mesiobukal (MB), Mesiolingual (ML), Distobukal (DB) 21 mm dan Distolingual 18 mm. Selanjutnya dilakukan penentuan file awal, didapatkan *K-file ISO #15 (Dentsply Sirona, Germany)*. Preparasi saluran akar dengan *Protaper Gold (Dentsply Sirona, Germany)* hingga MB,ML,DB F3/21 mm dan DL F3/18 mm. Irigasi NaOCl 2,5% dan aktivasi dengan *Ultra X EndoActivator* (*Eighteeth, China)* tiap pergantian alat. Evaluasi KGU *(Dentsply Sirona, Germany)* dengan rontgen digital *Nanopix (Eighteeth, China)* (Gambar 7). Kemudian irigasi NaOCl 2,5%, EDTA 17% aktivasi ultrasonik 20 detik persiklus dan dilakukan 3 siklus, kemudian irigasi NaOCl 2,5% selama 30 detik bilas dengan *saline*. Keringkan saluran akar dengan *paper point (Dentsply Sirona, Germany)*. Medikasi $Ca(OH)_2$ dan tumpat sementara.

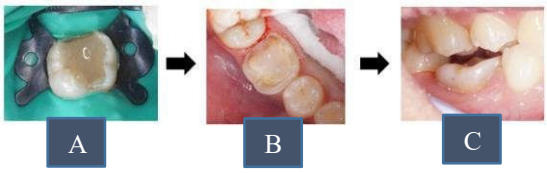
Gambar 7. Foto dental KGU #46

Pada kunjungan kedua dilakukan pembongkaran tumpatan sementara dengan *scaler* dan pemasangan *rubber dam.* Irigasi saluran akar dengan NaOCl 2,5%, *saline, EDTA 17%* untuk membersihkan medikamen $Ca(OH)_2$. Aktivasi ultrasonik selama 30 detik, irigasi kembali dengan *saline*, keringkan saluran akar dengan *paper point.* Obturasi dengan teknik *single cone* menggunakan *NeoSealer Flo Bioceramic Sealer* (Gambar 8). Evaluasi pengisian dengan foto radiograf dental digital *nanopix (Eighteeth, China).* Basis resin komposit dan tumpat sementara menggunakan tumpatan sementara (*Caviton, GC Japan).*

Gambar 8. Foto obturasi #46

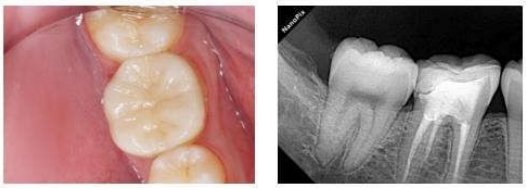
Pada kunjungan ketiga dilakukan pembongkaran tumpatan sementara dan isolasi menggunakan *rubber dam.* Aplikasi etsa pada email selama 15 detik bilas dengan air, keringkan dengan *cotton pellet.* Aplikasi *bonding* pada mahkota, *light cure* 10 detik. Lakukan *Core build-up* dengan *dual cure resin cement (Dentocore body, Itena), Light cure* selama 40 detik. Preparasi *fully onlay* gigi 46 dengan material *lithium disilicate.* Preparasi indirek gigi 46 menggunakan teknik *Posterior Indirect Adhesive Restorations* (PIAR) dengan *design* seperti gambar 10. Selanjutnya pemilihan *shade* warna gigi terlebih dahulu. Reduksi oklusal sebanyak 1,5 mm. Preparasi dengan margin akhir *buttjoint.* Pastikan tidak ada *undercut,* haluskan permukaan kavitas dan bulatkan tepi yang tajam (gambar 10). Cetak *rubber base* pada rahang bawah, alginat pada rahang atas serta pembuatan catatan gigit. Aplikasi etsa dan *bonding* pada satu titik, buatkan onlay sementara dengan bahan resin *light-cured temporary (Ezi-crown, mediclus).* Lalu cek oklusi dan artikulasi, pastikan sudah sesuai.

Gambar 9. *Design indirect restoration,* warna hijau *ridge coverage,* ungu *hollow chamfer,* pink *butt joint,* biru *proximal box.*



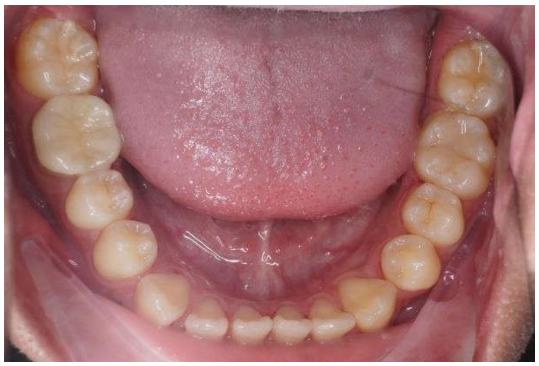
Gambar 10 A. *Core build-up,* B dan C. Preparasi restorasi indirek teknik PIAR

Pada kunjungan keempat dilakukan pelepasan *onlay* sementara. Profilaksis gigi 46 dengan pasta dan *brush*. *Try in onlay*, cek retensi, margin, warna dan oklusi. Periksa titik kontak dengan *dental floss* (terdapat tahanan ringan), evaluasi dengan foto radiograf (gambar 11). Selanjutnya pemasangan *rubber dam.* (Gambar 12) Aplikasi asam hidrofluorik pada intaglio *onlay* selama 90 detik, bilas dan keringkan. Aplikasikan *silane* pada intaglio *onlay*, diamkan 60 detik lalu keringkan. Aplikasi etsa pada gigi selama 15 detik, bilas dengan air, keringkan dengan *cotton pellet*, biarkan lembab. Aplikasikan *bonding*, *light cure* selama 10 detik. Aplikasi *self adhesive dual cure resin cement* (Bisco) pada intaglio *onlay* dan gigi. Insersikan *onlay, tack cure* 3 detik, buang kelebihan semen. *light cure* 20 detik pada masing-masing sisi. Periksa oklusi dan artikulasi, kemudian poles. Evaluasi dengan radiograf.



Gambar 11. *Try in onlay lithium disilicate*

Gambar 12. Sementasi *onlay lithium disilicate*



Gambar 13. Foto klinis setelah perawatan gigi 46

DISKUSI

Pada kasus ini, pasien laki-laki usia 22 tahun dilakukan perawatan di klinik konservasi gigi. Berdasarkan pemeriksaan subjektif dan objektif, gigi 46 pasien ini didiagnosis *previously Initiated Therapy* menurut *American Association of Endodontists (AAE).* Gigi tersebut sudah pernah dilakukan proses perawatan saluran akar, namun belum selesai hingga pengisian. Kasus pasien ini merupakan rujukan dari klinik integrasi RSKGM FKG UI dengan kasus separasi instrumen.[10-12]Intrumen yang patah pada saluran akar distolingual yaitu *C+ file* dengan bahan *stainless steel.* Kejadian separasi instrumen dapat memperburuk peluang keberhasilan perawatan saluran akar 10-20%, karena dapat menghalangi pembersihan dan pembentukan saluran akar menjadi tidak optimal.[7-9] Bahan ini memiliki sifat tidak elastis sehingga rentan mengalami distorsi dan patah, berbeda dengan nikel-titanium yang bersifat fleksibel.[8-9] *C+ file* merupakan alat endodontik yang digunakan untuk menemukan *orifice* saluran akar dan mengatasi saluran akar yang mengalami kalsifikasi. *Taper* pada *C+ files* dapat bervariasi tergantung pada produsen dan desain produk. Terdapat *taper* standar 2%, *variable taper* dan *taper* khusus. *Variable taper* memberikan daya penetrasi yang lebih agresif dan lebih efektif dalam membuka saluran akar yang terkalsifikasi atau sulit diakses, serta memberikan ketahanan lebih terhadap pembengkokan (*bucking)* saat digunakan dalam saluran akar yang sempit.[8-9]

C+ memiliki berbagai fitur yaitu (1) *active pyramid-shaped tip* untuk memudahkan penetrasi dan memotong dentin, (2) *square section* untuk resistensi terhadap distorsi dan meningkatkan *safety,* (3) *calibration rings* untuk memudahkan penentuan kedalaman dan (4) *highly polished* untuk menghilangkan debris dan *smooth insertion* ke dalam saluran akar.[8-9,11-12]

Pada sebuah penelitian yang dilakukan Sang-Woon Kwak et al (2014), membandingkan *mechanical properties (buckling resistance, bending stiffness, ultimate torsional strength, fracture angle)* berbagai instrumen *(C+ file, M access K-file, Mani K-file, NitiFlex K-File)* untuk mengeksplorasi saluran akar dan *glide-path preparations*. Hasil studi menunjukan bahwa *bending stiffness* dan *torsional resistance* memiliki kecendrungan yang berlawanan. *C+* (CP) adalah instrumen yang paling kaku diantara yang diuji, sedangkan *NiTiFlex* (NT) yang paling fleksibel. *C+* memiliki *taper* instrumen yang lebih besar yaitu 4% di 4 mm dari ujung apikal dan 2% *along the rest of the shaft.* Hal ini menjelaskan mengapa *C+* memiliki *bending stiffness* dan *torsional resistance* yang tertinggi, karena memiliki area penampang terbesar sekitar 0,045 μm^2. *C+* juga memiliki *fracture angle* terkecil, yang menunjukan sedikit *angular distortion* sebelum mengalami kerusakan. Instrumen konvensional *stainless steel K-File* dan NT lebih baik dari CP dalam hal ketahanan terhadap *angular distortion* yang dapat dianggap sebagai faktor *safety* selama rotasi instrumen oleh dokter gigi. *C+ file* memiliki *buckling resistance* yang lebih tinggi dibandingkan NiTi, hal ini menyebabkan NiTi menjadi lebih fleksibel dan memiliki modulus elastisitas lebih rendah dibandingkan dengan *C+ file.*[8-13]

Pada penelitian yang dilakukan Helio et al (2011) membandingkan *torsional properties C-pilot, C+ files, K-type instruments (KCC).* KCC dan *C-pilot* memiliki *taper 0,02 mm/mm* pada batang helikalnya yang artinya ukuran instrumen menipis dengan tingkat 0,02 mm untuk setiap millimeter panjangnya. Sedangkan *C+ files* memiliki *taper 0,04 mm*/*mm* pada 4 mm pertama dari ujung instrumen kemudian *taper*-nya berkurang menjadi 0,02 mm/mm sepanjang sisa batang helikalnya. Hal ini menunjukkan *C+* memiliki konus yang lebih besar di bagian ujungnya dan lebih kecil di bagian sisa batangnya. Berdasarkan beberapa penelitian mengenai *mechanical properties* pada *C+ files* menunjukkan bahwa *file* ini rentan terjadinya patah. Pada kasus ini, selain terjadi separasi instrumen, pada beberapa saluran akar juga terjadi kalsifikasi. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang baik mengenai teknik dan indikasi saat menggunakan instrumen ini.[8-9,14-16]

Secara umum separasi instrumen endodontik terjadi melalui beberapa mekanisme utama yaitu *cyclic fatigue, torsional failure* maupun kombinasi keduanya.[6] Penyebab separasi instrumen pada kasus ini diperkirakan akibat *cyclic fatigue* karena penggunaan instrumen yang berulang, teknik instrumentasi yang salah dan jumlah prosedur sterilisasi instrumen yang berulang. Penggunaan yang berulang dapat menyebabkan aus pada permukaan instrumen akibat interaksi dengan dentin dan cairan irigasi selama instrumentasi sehingga mempengaruhi sifat mekanis instrumen.[1-7] Disisi lain, *torsional failure* mungkin juga bisa menjadi penyebab pada kasus ini. *Torsional failure* terjadi saat ujung atau bagian lain dari instrument terikat ke dinding saluran akar, sedangkan leher *file* yang digerakkan oleh *handpiece* terus berputar. Saat kondisi ini terjadi dan kekuatan maksimum maupun batas elastisitas material terlampaui, separasi instrumen bisa terjadi.[6,7] Pada *torsional failure*, separasi instrumen menunjukan deformasi yang bervariasi seperti *unwinding, straightening, reverse winding,* dan *twisting*. Berbeda dengan *cyclic fatigue*, terjadinya *torsional failure* lebih bergantung pada faktor operator.[6] Penggunaan instrumen endodontik dengan *taper* besar pada saluran akar sempit yang belum dipreparasi atau saluran akar dengan anatomi yang kompleks dapat meningkatkan beban torsional yang berisiko menyebabkan *torsional failure.*[1-7] Secara klinis, *cyclic fatigue* terjadi lebih sering pada saluran akar yang bengkok. Sedangkan *torsional failure* dapat terjadi bahkan pada saluran akar yang lurus.[6,11,13] Penggunaan instrumen yang tidak adekuat merupakan

penyebab utama terjadinya separasi instrumen. Hal tersebut mencakup beberapa faktor, meliputi preparasi akses yang tidak adekuat, tidak adanya *glide path,* penggunaan instrumen yang berlebihan, tekanan ke apikal yang berlebihan saat instrumentasi, ukuran atau *taper* yang lebih besar pada saluran akar yang tipis dan bengkok, irigasi tidak adekuat, kurangnya pengalaman operator, proses pembuatan pabrik yang tidak baik, desain instrumen dan teknik instrumentasi, penggunaan instrumen dengan torsi atau kecepatan yang tidak tepat, jenis gerakan rotasi (gerakan *continuous* atau resiprokal), jumlah siklus sterilisasi instrumen yang telah dilakukan, perawatan endodontik sebelumnya, jenis gigi, geometri saluran akar, serta potongan melintang saluran akar.[6,12,14-16]

Pilihan perawatan untuk separasi instrumen terdapat beberapa pendekatan yaitu pendekatan *surgical* dan *non-surgical.*[6,7,11-14]Pendekatan *non-surgical* seperti *bypass, retrieval* dan *leave in situ.* Pendekatan *surgical* yaitu dengan mengambil fragmen instrumen secara langsung melalui prosedur pembedahan.[11] Pilihan terbaik adalah mengambil fragmen, karena dengan begitu saluran akar bisa dibersihkan dengan maksimal dan infeksi bisa diatasi. Pada kasus ini, operator memutuskan mengangkat fragmen menggunakan teknik ultrasonik dengan bantuan DOM, agar bisa membersihkan bagian saluran yang lebih dalam dari lokasi patahnya fragmen, sehingga panjang kerja definitif dapat tercapai.[13-18] Pengangkatan separasi instrumen sangat penting, terutama jika ada lesi periradikular. Jika ada alat yang patah dan tidak ditangani, PSA bisa gagal sembuh dengan baik.[6,19] Mengangkat serpihan alat akan membantu mengontrol panjang kerja dengan tepat, membentuk dan menutup saluran akar dengan baik. Kemungkinan keberhasilan dalam mengangkat instrumen patah bagi dokter gigi bervariasi antara 53-93%.[4,6,7] Variasi besar ini terjadi karena banyak faktor yang mempengaruhi yaitu letak, panjang, jenis dan bahan instrumen yang patah, jenis gigi, kemampuan operator dan alat-alat yang tersedia seperti *dental operating microscope, ultrasonic tip* khusus untuk mengangkat *broken file.* Selain teknik ultrasonik yang telah terbukti keberhasilannya melalui penelitian, terdapat teknik lain yaitu teknik *grasping* untuk mengangkat separasi instrumen dalam saluran akar. Namun belum banyak bukti ilmiah yang mendukung keefektivitasnya. Akibatnya, dokter gigi sulit menilai seberapa efektif alat-alat *grasping* dibandingkan dengan teknik lain. Pada studi kasus lain menyebutkan tidak ada satu teknik atau alat yang pasti cocok untuk semua kasus. Semua kasus harus dinilai dulu dengan baik sebelum memilih metode pangangkatan yang tepat.[17-20]

Pada tahun 1950, pengambilan separasi instrumen menggunakan teknik konvensional yaitu *K-file, barbed broach* atau modifikasi *Gates-Glidden* drill serta alat seperti *Masserann Kit.* Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa visibilitas yang rendah, risiko kehilangan struktur dentin yang signifikan dan tingkat keberhasilan yang terbatas. Sekarang dengan teknik modern kebanyakan *file* bisa diambil dengan aman. *Ultrasonic* diperkenalkan dalam bidang endodontik oleh Richman tahun 1957.[6] *Ultrasonic* lebih sederhana dan *minimal invasive* dibandingkan teknik lain. *Ultrasonic tip* bisa masuk ke bagian saluran yang lebih dalam karena desain *counter-angled*. Tingkat keberhasilan penggunaan *ultrasonic tip* dalam mengambil instrumen patah yaitu 55-79%.[6,7,17] Ultrasonik menggunakan gelombang dengan frekuensi minimal 25 kHz dengan dua teknologi *transducer* utama yaitu *magnetostrictive* dan *piezoelectric* yang digunakan untuk menggetarkan perangkat ultrasonik dengan fokus pada efisiensi *piezoelectric* dalam menghasilkan gerakan *linear* dan mengurangi panas. Keunggulan *piezoelectric* menghasilkan gerakan linear yang lebih presisi, meminimalkan panas dan lebih hemat energi. Hal ini mendukung perawatan yang lebih konservatif dan akurat, terutama dalam prosedur bedah. Sedangkan *magnetostrictive* memiliki gerakan elips yang kurang ideal untuk endodontik dan cenderung menghasilkan panas berlebih.[12,17]

Langkah-langkah *retrieval* fragmen dalam saluran akar diawali dengan mengevaluasi radiograf terlebih dahulu untuk menentukan lokasi, panjang dan kelengkungan saluran akar tempat fragmen instrumen berada.

Sebenarnya CBCT direkomendasikan karena memberikan gambaran yang lebih detail untuk menilai kondisi saluran akar dan fragmen instrumen. Namun pada kasus ini, fragmen bisa jelas terlihat dengan menggunakan teknik SLOB periapikal. Selanjutnya mengekspos instrumen yang patah dengan membuka akses *straight line* ke fragmen menggunakan *Gates Glidden* no 2 lalu *ultrasonic tip* digunakan untuk melepaskan fragmen instrumen dari dinding saluran akar, terakhir larutan EDTA diaktifkan menggunakan *ultrasonic* untuk membantu melonggarkan fragmen dan mengeluarkannya ke ruang pulpa.[1-7]

Bekerja dalam kondisi kering tanpa cairan lebih baik untuk visibilitas di bawah mikroskop, sehingga meminimalkan kesalahan prosedur. Tapi, getaran ultrasonik menghasilkan panas yang bisa meningkatkan suhu lebih dari 100°C di permukaan akar yang berpotensi merusak jaringan periodontal. Oleh karena itu, penggunaan EDTA saat aktivasi ultrasonik dipertimbangkan untuk mengurangi panas dan meningkatkan kebersihan dinding saluran akar. *Ultrasonic tips* yang digunakan pada kasus ini yaitu *ET-20* dan *ET-25* dari *Acteon Newtron ® Booster EndoSuccess Retreatment Kit* berbahan titanium niobium dengan lapisan *diamond* sehingga lebih abrasif. *ET-20* diputar berlawanan arah jarum jam di sepertiga koronal dan *ET-25* digunakan dibagian 1/3 tengah akar dengan tujuan memberi efek *unscrewing.*[1-7,12-17]

Dalam prosedur *cleaning* dan *shaping,* sterilisasi saluran akar dapat dicapai menggunakan larutan irigasi dan medikamen intrakanal karena preparasi secara mekanis tidak dapat menjangkau iregularitas pada saluran akar.[11-13] Pada 83% akar mesial gigi molar mandibular, ditemukan *isthmus* di sepertiga tengah dan sepertiga apikal saluran akar yang dapat menjadi kolonisasi bakteri dan produk metabolismenya.[11-13,20] Natrium hipoklorit (NaOCl) dapat menghilangkan debris dari saluran akar, melarutkan jaringan vital dan nekrosis, serta memiliki aksi antimikroba dan lubrikasi. NaOCl dengan konsentrasi 2,5% memiliki aktivitas antibakteri dan dapat melarutkan jaringan serta potensi toksisitas yang lebih rendah daripada konsentrasi 5,2%.[11-13,20]Kelemahan NaOCl adalah tidak mampu menghilangkan jaringan anorganik sehingga dibutuhkan larutan irigasi EDTA. EDTA 17% digunakan sebagai agen *chelating* untuk menghilangkan *smear layer* yang dihasilkan oleh preparasi mekanis saluran akar. [11-13,20] EDTA bekerja dengan mengikat ion kalsium dalam *smear layer,* sehingga memungkinkan pengangkatan lapisan tersebut dan meningkatkan akses NaOCl ke jaringan yang terkontaminasi. Konsentrasi EDTA 17% telah terbukti efektif dalam waktu aplikasi singkat (kurang dari 1 menit) tanpa meningkatkan risiko kerusakan dentin. Penggunaan EDTA yang tidak berlebihan juga membantu mencegah pengurangan efisiensi NaOCl akibat interaksi kimia antar larutan. *Saline* dapat digunakan sebagai larutan bilas netral untuk menyeimbangkan efek samping potensial, seperti pelemahan stuktur dentin jika NaOCl digunakan dalam durasi panjang atau konsentrasi tinggi. Aktivasi irigasi menggunakan *Ultra-X* meningkatkan kinerja NaOCl dengan menghasilkan kavitasi dan aliran mikro yang meningkatkan penetrasi larutan ke area sulit dijangkau seperti saluran lateral atau biofilm. [11-13,17-20]

Setelah separasi instrumen terangkat, dilakukan negosiasi dengan menggunakan *C+ file* pada saluran akar yang mengalami kalsifikasi.[8,9,11] *C+ file* dibuat dari *stainless steel* yang telah diproses khusus untuk memberikan kekakuan dan kekuatan ekstra. Hal ini penting agar *file* tetap stabil saat digunakan pada saluran akar yang keras atau sempit. [8,9] *C+* memiliki desain dan material yang lebih kuat yang dapat lebih mudah menembus saluran akar yang mengalami kalsifikasi. [8,11] Selanjutnya dilakukan preparasi saluran akar menggunakan *protaper gold* dengan teknik *crown down. Protaper gold* menggunakan *gold-wire NiTi alloy,* hasil dari proses *heat treatment*. Perlakuan panas ini mengubah struktur kristal *NiTi,* menghasilkan fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan *NiTi* konvensional atau *M-Wire*. [8,9,11,14] Memori elastisitas lebih rendah, sehingga *file* mudah mengikuti kontur saluran melengkung. Ketahanan *cyclic fatigue* meningkat sehingga menurunkan risiko fraktur. Desainnya mirip dengan *ProTaper* universal, dengan *taper* progresif dan *cross-section convex triangular.*

Kombinasi ini menghasilkan *cutting efficiency* tinggi pada dentin, mengurangi ekstrusi debris karena kemampuan mengangkat dentin secara efisien, desain *non*-cutting tip yang aman. [6,8,9,11,14] Selain itu *protaper gold* memiliki *centric ability* yang baik yaitu kemampuan *file* tetap berada di tengah saluran akar selama preparasi.[11-14] Kemampuan ini penting untuk menghindari transportasi saluran akar, mencegah preforasi lateral dan mempertahankan bentuk asli saluran akar. Preparasi akhir diselesaikan sampai F3 pada semua saluran akar.[1-14] Selanjutnya penggunaan pasta $Ca(OH)_2$ (*Calcipex II, Nishika, Japan*) digunakan sebagai medikamen dalam kasus ini untuk mengatasi infeksi periradikular pada gigi 46.[11-13] Kalsium hidroksida memiliki sifat antibakteri, biokompatibilitas, kemampuan melarutkan jaringan dan dapat memicu pembentukan jaringan mineral. [11-13] Medikamen kalsium hidroksida bekerja dengan cara berkontak langsung dengan jaringan dan melepaskan ion kalsium serta hidroksil. Ion kalsium berperan dalam perbaikan dan pembentukan jaringan keras, sedangkan ion hidroksil berperan sebagai antibakteri dan penghambat aktivitas osteoklas. Kalsium hidroksida memiliki pH basa, yaitu 12,5 dan bersifat bakterisidal di awal waktu aplikasi. Kalsium hidroksida paling efektif digunakan sebagai medikamen selama 2 minggu untuk aktivitas bakterisidalnya. Setelah 4 minggu, pH-nya menurun menjadi 9-10 dan bersifat bakteriostatik. [11-13]

Dua minggu setelah preparasi, pasien tidak melaporkan adanya keluhan, sehingga dilakukan obturasi saluran akar dengan teknik *hydraulic condensation obturation with bioceramic sealer.*[21] Material *bioceramic* merupakan generasi kedua yang dikembangkan untuk memperbaiki kelemahan MTA generasi pertama (kontaminasi unsur logam berat dan aluminium dari *Portland cement). Trace elements* bisa berbahaya bagi jaringan tubuh dalam jangka panjang. Material baru *bioceramic* berbasis *tricalcium cilicate* memiliki sifat murni, *inert* dan biokompatibel. Namun perlu diingat bahwa secara definisi ilmiah, istilah "*bioceramics*" sebenarnya terlalu luas. "*Ceramics*" secara umum berarti bahan anorganik non logam tahan panas dan di kedokteran gigi *ceramic* bisa berarti kaca, zirconia, porcelain, dan lainnya. [21-23] Maka, sebenarnya istilah ini kurang tepat untuk spesifik menyebutkan bahan endodontik ini. Oleh karena itu, istilah yang lebih akurat adalah *Hydraulic calcium silicates* (artinya bahan berbasis kalsium silicate yang mengeras melalui reaksi dengan air). Keunggulan *sealer* ini tidak melepaskan *trace elements* berbahaya, radiopasitas tetap baik tanpa risiko perubahan warna gigi, menyediakan ion fosfat dan ion kalsium yang merangsang proses biomineralisasi, penyajian lebih praktis (ada bentuk *paste/putty/sealer* yang siap pakai. Beberapa bahan menambahkan *silicon oxide* sebagai *filler* untuk meningkatkan kekuatan jangka panjang dengan mendorong reaksi tambahan antara *calcium hydroxide* dan *silicone oxide* menghasilkan lebih banyak *calcium silicate hydrate*. [21-23]

Bioceramics memiliki dua karakteristik utama yaitu sifat hidrolik (butuh air untuk mengeras) dan reaktif (menghasilkan kalsium hidroksida ketika kontak dengan cairan). [21-25] Oleh karena itu saluran akar tidak boleh terlalu kering, perlu memperhatikan kelembapan. *Bioceramics* menempel ke dentin dengan mekanisme yang disebut *alkaline etching*. Terbentuk zona infiltrasi mineral di *interface* dentin dengan material. [21-24] Dengan mikroskop konfokal ditemukan ada *sealer tags* yang masuk ke tubulus dentin dan ada zona mineralisasi terbentuk. Namun peneliti lain tidak menemukan bukti jelas adanya zona infiltrasi mineral ini dengan *electron probe microanalyses*. [21-24] Efek samping *bioceramics* ke dentin dapat melembekkan kolagen di dentin dan menurunkan kekuatan lentur dari gigi. Teknik obturasi *single cone* direkomendasikan ketika memakai *sealer* ini, karena *bioceramics sealer* sebagai bahan utama pengisi, sedangkan *cone gutta-percha* hanya sebagai *carrier.* Pada jarak 1 dan 5 mm dari apikal, baik teknik *single cone* maupun *warm vertical compaction* menghasilkan penetrasi *sealer* ke tubulus dentin yang mirip. Penetrasi ke tubuli dentin ini penting untuk mengeliminasi bakteri dan meningkatkan retensi *sealer.* Teknik *single-cone* menghasilkan ikatan ke dentin yang lebih kuat dibanding *warm vertical compaction*. *Endosequence BC* (*bioceramic sealer*)

performanya lebih bagus dibanding *sealer* berbasis *Mineral Trioxide Aggregate*. Jika menggunakan panas berlebih saat *warm vertical compaction* dengan *bioceramic sealer*, maka air dalam *sealer* bisa menguap, hal ini akan merusak sifat fisik *bioceramic*, akhirnya mengganggu keberhasilan jangka panjang. [21-24]

Restorasi akhir pada kasus ini yaitu *onlay fully capping* dengan material *lithium disilicate*. Gigi nonvital pasca perawatan saluran akar rentan terjadi fraktur akibat hilangnya atap kamar pulpa.[24] Oleh karena itu, diperlukan *cuspal coverage* untuk menyediakan resistensi yang adekuat terhadap gaya oklusal maupun lateral. *Onlay* dipilih sebagai restorasi akhir karena bersifat konservatif dengan tetap mempertahankan stuktur jaringan gigi sehat sebanyak mungkin. [22-24] Pendekatan restorasi yang digunakan pada kasus ini adalah restorasi adesif indirek posterior (PIAR) yang dilakukan dengan teknik adesif dan material dengan penyusutan rendah. Material *lithium disilicate* dipilih karena resistensi aus, estetika dan kekuatan yang sangat baik. Keramik berbasis silikat ini memiliki stuktur kristal dengan kandungan silika tinggi (SiO_2).[23,24] Permukaanya mengandung gugus silanol (Si-OH) yang dapat berinteraksi dengan senyawa lain. Pada saat proses sementasi restorasi akhir, digunakan *silane* sebagai salah satu bahan adesif untuk melekatkan material ke permukaan gigi dan *core. Silane* memiliki dua bagian utama yaitu bagian silanol (bereaksi dengan permukaan *lithium disilicate)* dan bagian metakrilat (bereaksi dengan bahan resin komposit). Ikatan antara *silane* dan *lithium disilicate* terutama terjadi melalui ikatan kovalen Si-O-Si, yang meningkatkan adhesi dengan bahan resin. [23,24] Diharapkan dengan kemajuan bahan adesif dapat meningkatkan keawetan restorasi jangka panjang. Selanjutnya diperlukan evaluasi pasca perawatan untuk menilai keberhasilan prosedur *retrieval* separasi instrumen pada pasien ini, baik secara klinis maupun radiograf.

KESIMPULAN

Pada kasus ini, gigi 46 dengan diagnosis *previously initiated therapy; periodontitis apikalis asimptomatik* telah berhasil ditangani melalui prosedur *non-surgical* yaitu pengangkatan separasi instrumen (*retrieval)* dan dilanjutkan dengan perawatan saluran akar. Separasi instrumen berhasil diangkat menggunakan *Dental Operating Microscope* (DOM) dan *Ultrasonic Tip*, sehingga memungkinkan akses ke area apikal lebih optimal. Keberhasilan prosedur ini didukung oleh eliminasi infeksi secara efektif, teknik pengisian yang akurat dengan material pengisian yang memiliki kemampuan meregenerasi jaringan dan kooperatif pasien yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Glii, W. *et al.* Broken File Retrieval in the Lower Left Second Molar Using the Ultrasonic Technique. *Mathews J. Dent.* 7, (2023).
2. Malentacca A, Zaccheo F, Rupe C, Lajolo C. Endodontic Clinical Outcome after Separated Instrument Removal Using a Spinal Needle Technique: A Retrospective Study of Thirty Years of Clinical Experience. Journal of Endodontics. 2023 Aug;49(8):980–9.
3. Vouzara T, El C, Lyroudia K. Separated instrument in endodontics: Frequency, treatment and prognosis. Balkan J Dent Med. 2018;22(3):123–32.
4. Meidyawati, R., Suprastiwi, E. & Setiati, H. D. Broken File Retrieval in the Lower Right First Molar Using an Ultrasonic Instrument and Endodontic Micro Forceps. *Case Rep. Dent.* 2019, 1–4 (2019).
5. Terauchi, Y., Ali, W. T. & Abielhassan, M. M. Present status and future directions: Removal of fractured instruments. *Int. Endod. J.* 55, 685–709 (2022).
6. Lakshmaiah, D., Raj Kumar, J., Sakthi, N., Karunakaran, J. & Vishwanath, S. The Management of Fractured Dental Instruments: A Case Series. *Cureus* (2023) doi:10.7759/cureus.49132.
7. Ruchika Gupta. A comparison of different hand and rotary endodontic glide path files for buckling resistance: An in vitro study©2021

Endodontology | Published by Wolters Kluwer – Medknow.
8. Nešković J, Jovanović-Medojević M, Grga Đ, Popovic B, Živković S. Microbiological status of root canal after unsuccessful endodontic treatment. Serbian Dental Journal. 2018 Dec 1;65(4):195–204.
9. Cohen S. Cohen's pathways of the pulp. Eleventh edition. Hargreaves KM, Berman LH, Rotstein I, editors. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016. 907 p.
10. Torabinejad M, Fouad AF, Shabahang S. Endodontics: Principles and Practice. Sixth edition. London New York Oxford Philadelphia St Louis Sydney: Elsevier; 2021. 507 p
11. Grossman LI. Grossman's endodontic practice. 14th edition. Gopikrishna V, editor. Gurgaon: Wolters Kluwer Health (India); 2021.
12. Pillay M, Vorster M, Van Der Vyver PJ. Fracture of endodontic instruments - Part 1: Literature review on factors that influence instrument breakage. S Afr dent j. 2020 Nov 1;75(10):553–63.
13. Kasuga Y, Kimura S, Maki K, Unno H, Omori S, Hirano K, et al. Phase transformation and mechanical properties of heat-treated nickel-titanium rotary endodontic instruments at room and body temperatures. BMC Oral Health. 2023 Oct 30;23(1):825.
14. Fu, M., Huang, X., Zhang, K. & Hou, B. Effects of Ultrasonic Removal of Fractured Files from the Middle Third of Root Canals on the Resistance to Vertical Root Fracture. Journal of Endodontics 45, 1365–1370 (2019).
15. Sachdeva, N., Nikhil, V. & Jha, P. Effect of ultrasonic root-end cavity preparation on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomography study. J Conserv Dent 22, 362 (2019).
16. Duncan, H. F. et al. Treatment of pulpal and apical disease: The European Society of Endodontology (ESE) S3-level clinical practice guideline. Int Endodontic J 56, 238–295 (2023).
17. Gunes, B., Yeter, K. Y. & Altay, Y. Impact of different activation procedures on sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after endodontic retreatment via confocal laser scanning microscopy. BMC Oral Health 24, 1103 (2024).
18. Camilleri, J. Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Curr. Oral Health Rep.* 4, 228–238 (2017).
19. Camilleri, J., Atmeh, A., Li, X. & Meschi, N. Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. Int Endodontic J 55, 710–777 (2022).
20. Garrib, M. & Camilleri, J. Retreatment efficacy of hydraulic calcium silicate sealers used in single cone obturation. Journal of Dentistry 98, 103370 (2020).
21. Fahed-Alakabani, T., Faus-Llacer, V. & Faus-Matoses, V. Evaluation of the time required to perform three retreatment techniques with dental microscope and ultrasonic activation for removing filling material from the oval root canal. J Clin Exp Dent 0–0 (2018) doi:10.4317/jced.55100.
22. Hawwash, M. M. A. Efficacy of retreatment in single-rooted mandibular premolars obturated with a novel Bioceramic sealer with two different filling techniques (A comparative in-vitro https://doi.org/10.21203/rs.3.pex-2634/v1 (2024).
23. Ferraris F. Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. Int J Esthet Dent. 2017;12(4):482-502.
24. Fuchs, F. *et al.* Influence of the Application Time of Silane for the Bonding Performance between Feldspar or Lithium Disilicate Ceramics and Luting Resin Composites. *J. Funct. Biomater.* 14, 231 (2023).