

The use of reciprocating file system in root canal curvature preparation

Penggunaan *reciprocating file system* dalam preparasi kurvatura saluran akar

¹Hendra Wahyudi Rumagit, ²Afniati Rachmuddin

¹Resident, Conservative Dentistry Department, Faculty of Dentistry, Universitas Hasanuddin

²Conservative Dentistry Department, Faculty of Dentistry, Universitas Hasanuddin
Makassar, Indonesia

Corresponding author: Afniati Rachmuddin, e-mail: afniatirachmuddin@unhas.ac.id

ABSTRACT

One of the important steps in endodontic treatment is root canal preparation using files. Instrumentation difficulties in significantly curved root canals increase with increasing curvature angles, so adequate equipment is needed to handle them. In root canal preparation using a machine, there are two types of file movements commonly used: continuous rotation (CR) motion and reciprocating motion. The CR has several drawbacks, including the risk of file fracture due to interlocking and the need for multiple file sizes, which prolongs treatment time. The Reciprocating File System (RFS) is of interest because it can use a single file and has good resistance to torsional failure and cyclic fatigue. This study examines the effectiveness and efficiency of RFS in root canal curvature preparation. It is concluded that RFS is nearly as effective as CR but more efficient because it can use a single file and, specifically, has resistance to interlocking in the root canal as it does not easily lock.

Keyword: canal curvature, curved canal, reciprocating file, single-file

ABSTRAK

Salah satu tahapan penting pada prosedur perawatan endodontik adalah preparasi saluran akar dengan menggunakan *file*. Kesulitan instrumentasi pada saluran akar yang melengkung secara signifikan meningkat seiring dengan peningkatan sudut kurvatura sehingga diperlukan peralatan yang memadai. Pada preparasi saluran akar dengan menggunakan mesin terdapat dua jenis gerakan *file* yang umum digunakan, yaitu *continuous rotation motion* dan *reciprocating motion*. *Continuous rotation* memiliki beberapa kelemahan, salah satunya berisiko terjadi *file* patah karena risiko *interlocking* dan terdiri dari beberapa tahapan ukuran *file* sehingga memperpanjang waktu perawatan. *Reciprocating file system* (RFS) menjadi menarik untuk dibahas karena dapat menggunakan *single-file* dan memiliki ketahanan yang baik terhadap kegagalan torsional dan kelelahan siklik. Kajian ini membahas efektivitas dan efisiensi dari RFS pada preparasi kurvatura saluran akar. Disimpulkan bahwa RFS dinilai memiliki efektivitas yang hampir mirip dengan CR namun lebih efisien karena dapat menggunakan *single-file* serta khususnya memiliki ketahanan terhadap *interlocking* pada saluran akar karena tidak mudah terkunci.

Kata kunci: canal curvature, curved canal, reciprocating file, single-file

Received: 10 August 2024

Accepted: 1 February 2025

Published: 1 August 2025

PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar (PSA) dilakukan untuk mempertahankan gigi selama mungkin dalam rongga mulut. Dalam melakukan PSA ada 3 tahap utama yang menentukan keberhasilannya yang meliputi instrumentasi yang memadai, desinfeksi dan pengisian saluran akar yang hermetis.¹

Pada dasarnya sistem saluran akar adalah suatu lingkungan kompleks yang tidak mudah dibersihkan maupun dibentuk. Umumnya saluran akar gigi memiliki kurvatura menuju satu atau beberapa bidang dalam derajat yang bervariasi. Kesulitan instrumentasi untuk lintasan kurvatura saluran akar secara signifikan akan meningkat seiring dengan peningkatan sudut kelengkungan sehingga diperlukan instrumen yang memadai untuk hal ini. Secara tradisional teknik yang digunakan untuk kurvatura saluran akar adalah teknik *step-back*, yaitu teknik menggunakan instrumen dengan panjang kerja bertahap menurun dengan peningkatan ukuran instrumen. Instrumen yang lebih besar dan kurang fleksibel, perlu dimundurkan milimeter demi milimeter ke arah koronal, sehingga secara mekanis hanya bekerja di bagian sepertiga tengah dan koronal saluran yang lebih besar dan lurus. Singkatnya, penggunaan instrumen secara berurutan dari yang terkecil hingga yang terbesar memberikan bentuk saluran yang lebih taper dan dianggap lebih sesuai karena risiko kejadian iatrogenik dan kecelakaan prosedur dapat lebih dikontrol. Selain itu, teknik *step-back* efektif mengelola saluran akar melengkung.²

Perkembangan PSA modern lebih difokuskan pada penggunaan file dengan sistem motor dibanding dengan instrumen tangan manual untuk preparasi saluran akar karena hal ini dianggap lebih efektif dan efisien. Dari segi gerakan perputaran pada mesinnya, dibedakan atas kontinu, bolak-balik simetris, bolak-balik asimetris, dan gabungan dari rotasi dan bolak-balik asimetris.³

Perawatan dengan menggunakan file bolak-balik atau *reciprocating file system* (RFS) yang saat ini mulai menjadi pilihan karena tidak membutuhkan banyak file.⁴ Kajian pustaka ini mengeksplorasi efektivitas dari penggunaan RFS pada preparasi pada kurvatura saluran akar.

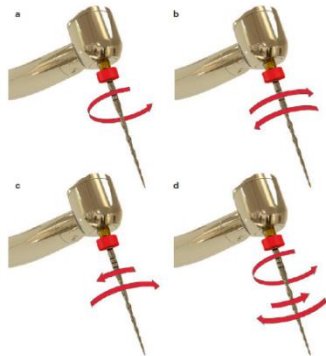
TINJAUAN PUSTAKA

Reciprocating file system

Instrumentasi sistem saluran akar yang digerakkan oleh mesin endodontik bertujuan untuk mengurangi waktu preparasi dan menyederhanakan instrumentasi saluran akar. Meskipun demikian, pada era awal instrumen yang digerakkan oleh mesin, tinggi risiko patah instrumen jika dibandingkan dengan instrumen tangan. Patahnya instrumen dari gerakan rotasi kontinu NiTi dapat terjadi karena torsi, kelelahan siklik atau kombinasi dari kedua gaya tersebut.⁵

Peralatan endodontik pertama yang tersedia secara komersial diperkenalkan pada tahun 1925 dan diberi nama Endocursor (W&H, Burmoos, Austria) memungkinkan penggunaan *K-file stainless steel* (SS) atau reamer konvensional dengan gerakan berputar 360° yang dikom-

binasi dengan gerakan vertikal.⁶ Masalah utama dari instrumen SS adalah kekakuan intrinsiknya yang tidak memungkinkan untuk diputar secara kontinu hingga mencapai panjang kerja tanpa kesalahan prosedur.⁷ Dalam faktanya, rotasi kontinu yang terkait dengan instrumen SS tidak akan pernah aman digunakan sehingga kinematika RFS menggunakan sudut yang sama di kedua arah diperkenalkan. Jenis resiprokasi simetris ini, juga disebut sebagai resiprokasi berosilasi lengkap (Gbr. 1), menyerupai gerakan jam tangan klasik yang menggunakan file SS manual.⁸



Gambar 1 Representasi gerakan aktivasi yang berbeda dari instrumen NiTi untuk preparasi saluran akar; **a** gerakan rotasi, **b** resiprokasi simetris, **c** resiprokasi asimetris, **d** gerakan gabungan-rotasi dan resiprokasi asimetris.⁹

Ketika instrumen NiTi konvensional diputar di dalam saluran akar, instrumen tersebut akan mengalami kelelahan struktur yang jika terus berlanjut akan mengalami fraktur.¹⁰ Kegagalan torsi dan kelelahan siklik adalah dua alasan utama terjadinya fraktur.^{11,12} Fraktur torsi terjadi ketika sebagian file kandas di dalam saluran akar sementara gagangnya terus berputar, yang menyebabkan deformasi plastis, dan fraktur. Di sisi lain, fraktur fatik siklik terjadi pada titik kelengkungan maksimal saluran akar; instrumen mengalami siklus tegangan dan kompresi bergantian yang dihasilkan pada titik fleksi maksimal instrumen.¹³⁻¹⁶ Fraktur karena kelelahan lentur (tegangan lentur) terjadi ketika instrumen yang telah dilemahkan oleh kelelahan logam ditempatkan terus di bawah tekanan. Yared mempelajari gerakan RFS, yang menggunakan instrumen ProTaper F2 (Dentsply/Maillefer) dalam gerakan RFS. Pengurangan tahapan preparasi saluran akar, dan penggunaan instrumen tunggal akan mengurangi risiko kontaminasi silang dan patahnya instrumen. Oleh karena itu, RFS meminimalkan jumlah instrumen yang diperlukan untuk pembersihan dan pembentukan agar mengurangi kemungkinan kontaminasi dan kecemasan operator.^{17,18}

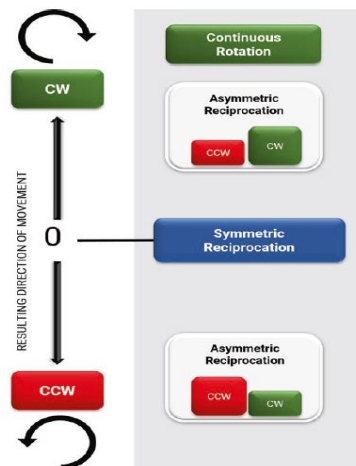
Diakui bahwa resiprokasi instrumen NiTi memiliki keunggulan dibandingkan rotasi kontinu yaitu pengikatan instrumen ke dinding dentin saluran akar lebih jarang terjadi, serta mengurangi tegangan puntir, dan pengurangan jumlah siklus dalam saluran akar selama preparasi yang menyebabkan pengurangan tekanan lentur pada instrumen. De-Deus dkk mengatakan bahwa sudut pemotongan lebih besar dari sudut relief, dan pergeseran kinematika meningkatkan resistensi terhadap CF ketika gerakan asimetris RFS area kritis stres bergerak secara

progresif ke lokasi baru selama perubahan sudut secara berkala, sehingga mendistribusikan area stres secara efektif ke titik-titik instrumen mengurangi kerusakan dan meningkatkan masa pakai instrumen.^{19,20}

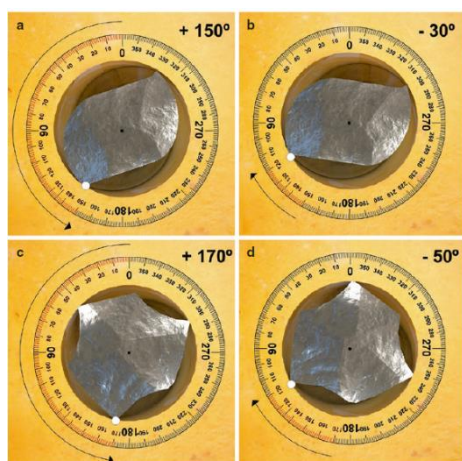
Berbagai jenis handpiece RFS mulai diproduksi sejak tahun 1960 antara lain Giromatic (MicroMega, Prancis), yang dirancang untuk dengan gerakan bolak-balik pada 90°, dan yang serupa seperti handpiece Intra-Endo 3 LD (KaVo, Jerman), yang bekerja dengan gerakan rotasi 80° bolak-balik, dan Dynatrak (Dentsply-DeTrey, Jerman). Biasanya, motor-motor ini bekerja pada kecepatan yang lebih tinggi (3.000-6.000 osilasi/menit) untuk efisiensi yang lebih besar. Dalam beberapa dekade terakhir, handpiece lain digunakan dengan SS manual dalam gerakan RFS diluncurkan untuk preparasi saluran akar, termasuk M4 safety handpiece (30°) (Sybron Endo/Kerr, USA), Endo-Gripper (45°) (Moyco/Union Broach, AS) dan NSKTEP-E10R (90°) (Nakanishi Inc., Jepang). Meskipun ada beberapa handpiece RFS simetris di pasaran, hasil keseluruhan mengenai kemampuan pembentukannya adalah mirip dengan preparasi konvensional dengan sistem manual; namun insiden kesalahan iatrogenik yang lebih tinggi diamati sehingga membatasi penggunaannya pada fase awal preparasi saluran akar untuk meminimalkan efek buruk dari file SS terutama ketika menggunakan instrumen yang lebih besar dan kaku.¹⁹

Dengan hadirnya instrumen NiTi, muncul pertanyaan: *mengapa tidak menggunakan instrumen NiTi dalam gerakan osilasi simetris untuk meningkatkan keselamatan yang dijawab karena dalam gerakan simetris, instrumen ini tidak memiliki kemampuan pemotongan yang efektif untuk membentuk saluran akar dengan benar.* Menghadapi keterbatasan ini, RFS diusulkan.⁹

Untuk mengurangi kelemahan dari sistem rotasi kontinu, misalnya terkunci, fraktur karena kelelahan instrumen, diperkenalkan WaveOne dan Reciproc yang memiliki lancip konstan dari D0 ke D3 dan lancip regresif va-



Gambar 2 Bagan aktivasi gerakan yang berbeda dari instrumen NiTi; arah gerakan searah jarum jam (CW) atau berlawanan arah jarum jam (CCW). Resiprokasi simetris, juga disebut sebagai lengkap resiprokasi berosilasi, mengacu pada CW dan angulasi CCW. Timbal balik asimetris menggunakan CW dan angulasi CCW yang berbeda. Dengan demikian, efek rotasi diamati setelah beberapa siklus dari gerakan timbal balik yang tidak sama. Gerakan timbal balik motor endodontik saat ini dapat melakukan rotasi kontinu gerakan, tetapi juga simetris dan/atau RFS asimetris.⁸



Gambar 3 Ilustrasi skematik **a,b** gerakan RFS yang dikonfigurasi dalam perangkat lunak motor listrik VDW untuk instrumen Reciproc (program RECIPROCALL) dan **c,d** pada motor listrik Dentsply untuk instrumen WaveOne (program WAVE ONE ALL). Gerakan Reciproc pada awalnya bekerja dengan **a** 150° CCW untuk memotong dentin, **b** 30° CW (gerakan bantuan), sedangkan Wave One dimulai dengan **c** 170° CCW untuk memotong dentin, **d** 50° CW (gerakan relief). Untuk kedua pengaturan, setelah masing-masing siklus gerakan CCW dan CW, perbedaan 120° dicapai yang sesuai dengan kemajuan pemotongan ke depan yang efektif. Perbedaan 120° ini berarti putaran penuh rotasi 360° terjadi setelah tiga siklus. Meskipun kinematika yang diterapkan adalah RFS, pada kecepatan tinggi, fenomena yang dikenal sebagai efek rotasi dapat diamati, yang berarti resultan gerakan memungkinkan rotasi lengkap instrumen.⁹

riabel hingga D16. Karena alasan komersial, mesin ini dikerjakan dengan kemiringan kiri file, yang berarti arah pemotongan keduanya berlawanan dengan arah jarum jam. Hal ini secara eksklusif menciptakan ketergantungan antara instrumen ini dengan penggerak motornya. Hasil praktisnya adalah bahwa kedua instrumen Wave One dan Reciproc digerakkan oleh motor khusus untuk memungkinkan pemotongan dalam arah berlawanan arah jarum jam.

Untuk kedua instrumen, sudut yang berbeda dalam pemotongan dan arah non-pemotongan selalu menghasilkan perbedaan 120° di antara gerakan. Hasilnya, siklus revolusi 360° yang lengkap terjadi setelah tiga siklus RFS yang lengkap akan menghasilkan efek rotasi yang dijelaskan sebelumnya, yang merupakan salah satu pilar untuk kinerja keseluruhan yang optimal dari sistem RFS asimetris. RFS menggunakan 150°/30° dengan kecepatan rerata 300 rpm (Gbr.3), sedangkan WaveOne menggunakan 170°/50° dengan kecepatan rerata 350 rpm (Gbr.3). Parameter ini berada dalam batas elastisitas puntir masing-masing instrumen.

Motor RFS

Motor khusus yang tersedia secara komersial untuk melakukan gerakan RFS dapat diklasifikasikan atas a) motor tertutup yaitu perangkat yang hanya menjalankan gerakan RFS yang telah direkam sebelumnya dan tidak mengizinkan pembaruan atau modifikasi kinematikanya. Contoh: X-Smart Plus (Dentsply Maillefer), TriAuto ZX2 (J Morita) dan Elements Motor (SybronEndo); b) Motor tertutup, dapat diperbarui yaitu perangkat yang hanya melakukan gerakan RFS yang terekam gerakan yang terdaftar di memori tetapi melalui pembaruan, dapat diting-

katkan ke kinematika baru. Contoh: VDW Silver (VDW), VDW Gold (VDW), VDW.CONNECT Drive (VDW), dan X-Smart IQ (Dentsply). Motor VDW dan Dentsply menawarkan gerakan RFS yaitu pemotongan dalam arah berlawanan arah jarum jam, menyelesaikan rotasi total setelah tiga kali berturut-turut siklus. Karena alasan ini, gerakan RFS eksklusif untuk instrumen endodontik yang dikerjakan dengan mesin untuk memotong berlawanan arah jarum jam, dengan demikian menghindari penggunaan instrumen yang dirancang untuk rotasi kontinu searah jarum jam; c) motor terbuka yaitu perangkat yang dapat diprogram sebagian atau seluruhnya oleh operator. Motor dapat dikontrol untuk beroperasi dalam gerakan yang berbeda dengan mengatur sudut, torsi, dan kecepatan searah dan berlawanan arah jarum jam. Secara historis, motor terbuka pertama yang tersedia di pasaran adalah ATR (Italia), yang memakan waktu dan konfigurasi pengaturan yang rumit untuk mengoperasikan instrumen NiTi putar di bawah gerakan RFS. Contoh motor terbuka nirkabel adalah C-Smart-Mini AP (Coxo), Endo Radar (Woodpecker), E-connect S (Eighteeth), dan AI Motor (Woodpecker). Sedangkan I-Endo Dual (Acteon) dan Endo Pilot (Komet Dental) adalah motor terbuka berkabel. Motor terbuka ini memungkinkan penggunaan instrumen putar kontinu dalam gerakan RFS pada sudut pemotongan searah jarum jam.

Preparasi kurvatura saluran akar

Pengetahuan tentang anatomi saluran akar sangat penting untuk PSA karena operator dapat mengevaluasi anatomi gigi segera setelah mempreparasi akses kavitas. Struktur anatomi dapat dideteksi dengan pandangan yang sempurna pada dasar pulpa sedangkan kavitas saluran-saluran akar dapat terlewatkan jika prinsip-prinsip anatomi gigi diabaikan.²¹⁻²⁴ Analisis Micro-CT dengan jelas menunjukkan bahwa sebagian besar dinding saluran akar tidak terpengaruh oleh preparasi mekanis karena ketidakteraturan saluran akar, variasi penampang, saluran akar aksesori, dan delta apikal.²⁵

Selain aspek-aspek tersebut, kelengkungan saluran akar harus diperhitungkan karena preparasi saluran akar dapat mengakibatkan transportasi buangan dentin pada aspek luar dari saluran yang melengkung pada apikal.²⁶

Menurut metode Schneider (Gbr.4), titik A ditentukan pada bagian tengah file pada lubang saluran akar. Sebuah garis lurus ditarik sejajar dengan gambar file dari titik A ke titik instrumen menyimpang dari garis (titik B). Titik ketiga (C) dibuat pada foramen apikal dan sebuah garis ditarik dari titik ini ke titik B. Sudut yang dibentuk oleh perpotongan garis-garis tersebut menentukan kelengkungan saluran.¹⁸

Weine merujuk metode lain untuk menentukan kelengkungan saluran akar. Sebuah garis lurus ditarik dari lubang melalui bagian koronal kurva dan garis kedua ditarik dari puncak melalui bagian apikal kurva. Perpotongan kedua garis membentuk lengkungan saluran.¹⁷

Kedua metode ini cocok untuk mengkategorikan kelengkungan saluran akar sebagai lurus (5° atau kurang), agak melengkung (10-20°), atau sangat melengkung (>20°). Namun, perbandingan metode-metode tersebut

menunjukkan perbedaan nilai tergantung pada lokasi kelengkungan; nilai yang lebih tinggi diperoleh ketika metode Weine digunakan.¹⁹

Secara klinis, penentuan kelengkungan terbatas pada kelengkungan mesiodistal karena keterbatasan dalam melakukan radiografi periapikal dua dimensi konvensional. Analisis 3D menggunakan CBCT atau micro-CT memungkinkan pemeriksaan kelengkungan pada setiap sumbu. Metode μ CT telah diklaim lebih unggul daripada metode konvensional (misalnya metode cross-sectional), memberi hasil yang lebih dekat dengan situasi klinis.²¹



Gambar 4 Determinasi kurvatura saluran akar menggunakan metode Schneider yang dimodifikasi oleh Schafer

Selama preparasi saluran akar, anatomi saluran akar yang asli harus dipertahankan dan transportasi saluran sebisa mungkin dihindari; hal ini membutuhkan fitur dan strategi instrumen khusus dalam endodontik. Berkenaan dengan anatomi saluran dinyatakan bahwa 1) risiko transportasi tergantung pada derajat dan radius kelengkungan saluran akar: semakin parah kelengkungan dan semakin kecil radius kelengkungan, semakin besar pula risiko pelurusan,²²⁻²⁵ 2) tingkat dan radius kelengkungan saluran berdampak pada tekanan instrumen yang digunakan untuk menyiapkan saluran tersebut.

Dalam endodontik rutin, alat diagnostik dan perencanaan perawatan yang paling sering digunakan adalah radiografi periapikal tunggal atau ganda, yang secara grafis merepresentasikan dalam 2D sesuatu yang sebenarnya struktur 3D. Gambar-gambar ini umumnya memvisualisasikan kelengkungan ke arah mesiodistal, tetapi tidak sepenuhnya mengungkapkan fitur akar ke arah bukolingual, dengan demikian menutupi kompleksitas saluran akar yang menyebabkan PSA menjadi kurang dapat diprediksi.^{25,27}

PEMBAHASAN

Instrument NiTi memiliki fleksibilitas yang tinggi, kemampuan potong yang lebih baik, dan preparasi saluran akar yang lebih terkonsentrasi sehingga mengurangi kemungkinan penyimpangan saluran akar dan jumlah waktu yang diperlukan untuk preparasi saluran akar.^{1,17,28,29} Diperkirakan gerakan RFS akan meningkatkan keamanan prosedur preparasi saluran akar dan mengurangi waktu kerja, biaya, dan risiko kontaminasi silang.⁹ RFS *motion*, evolusi dari metode kekuatan yang seimbang, terbukti mempertahankan kelengkungan dengan distorsi bentuk saluran akar minimal.^{9,30,31} Gerakan RFS juga dapat mengurangi risiko fraktur kelelahan siklik karena

rotasi gerakan RFS berlawanan arah jarum jam mengurangi tegangan torsional selama proses pembentukan saluran akar aktif.^{14,15,32-38} Selain itu, pengurangan jumlah *file* dapat mengurangi ekstrusi debris apikal dan pelepasan neuropeptida, yang berarti periodontitis apikal simptomatik lebih jarang terjadi.^{31,39-41}

Pada awalnya, dua sistem RFS diperkenalkan yaitu WaveOne (Dentsply Maillefer), dan Reciproc (VDW, Munich, Jerman). Instrumen ini menggunakan paduan M-wire untuk meningkatkan sifat fleksibilitas dan mekanik NiTi.¹ Selain gerakan RFS, paduan M-wire menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap kelelahan siklik dan preparasi saluran akar yang lebih terkonsentrasi dibandingkan dengan instrumen NiTi sebelumnya. Ada kekhawatiran bahwa instrumentasi mekanis akan menghasilkan tekanan yang lebih besar dibandingkan instrumentasi saluran akar dalam sistem sekuensial *multi-file*. Dibandingkan dengan sistem *continuous rotation* (CR) *multi-file*, kejadian cacat dentin mungkin meningkat pada sistem RFS *single-file*.⁴²

Resistensi terhadap kelelahan siklik

Pada penelitian untuk mengetahui pengaruh lokasi kurvatura saluran akar terhadap ketahanan fatigue RFS dan untuk menguji perilaku transformasi fase dari sistem file RFS didapatkan temuan ketahanan lelah yang lebih rendah secara signifikan pada saluran dengan kelengkungan di tengah dan saluran koronal dibandingkan dengan yang memiliki kelengkungan apikal ($p < 0,05$).¹⁵

Rotasi RFS meningkatkan ketahanan lelah siklik *file* NiTi, dibandingkan dengan rotasi kontinu. RFS yang diproduksi dengan perlakuan panas seperti WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swiss) dan Reciproc Blue (VDW GmbH, Munich, Jerman). Untuk WaveOne Gold, perlakuan panas paduan NiTi melibatkan proses pemanasan-pendinginan yang lambat, yang menghasilkan endapan Ti_3Ni_4 yang tersebar di permukaan,⁴ dan memberikan ketahanan yang lebih besar terhadap kelelahan siklik daripada RFS M-wire. Reciproc Blue melibatkan proses pemanasan-pendinginan eksklusif yang menghasilkan lapisan titanium oksida berwarna biru.^{1,7} Reciproc Blue yang diberi perlakuan panas ini menunjukkan fleksibilitas dan ketahanan yang lebih besar terhadap siklik fraktur kelelahan kalau dibandingkan dengan Reciproc (VDW GmbH) identik yang terbuat dari M-wire.

Sifat mekanik semua instrumen NiTi, dipengaruhi oleh keadaan kristalografinya. Ketika paduan NiTi berada dalam keadaan kristalografi austenitik, paduan ini lebih kaku, lebih keras, dan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada dalam keadaan martensitik.¹ Namun, austenit ada pada suhu yang lebih tinggi dan martensit pada suhu yang lebih rendah. Perlakuan termomekanis paduan NiTi digunakan untuk memodifikasi suhu transformasi fasa instrumen NiTi, dan dengan demikian mengontrol komposisi fasanya pada suhu operasi, untuk mengoptimalkan sifat mekanik dan metalurgi *file* NiTi. Fase-R jauh lebih fleksibel daripada austenit, dan regangan transformasi untuk transformasi fase-R menjadi martensit kurang dari sepersepuluh dari transformasi austenit menjadi martensit.²² Oleh karena itu, ketahanan

tekuk *file* NiTi yang sebagian besar berada di fase-R lebih rendah daripada saat berada di fase austenit, suhu memengaruhi ketahanan lentur dan ketahanan leleh siklik Waveone Gold dan Reciproc Blue, sedangkan Hyflex tidak dipengaruhi oleh suhu. Ketika pembentukan saluran akar dilakukan menggunakan *file* NiTi, seseorang harus mempertimbangkan fleksibilitas dan resistensi fraktur kelelahan siklik pada suhu mereka bekerja.¹⁴

Beberapa faktor memengaruhi kelelahan siklik instrumen CR; termasuk kecepatan rotasi, sudut kelengkungan saluran akar, torsi, desain instrumen, paduan, dan jenis kinematika yang digunakan. Karena setiap penelitian menggunakan saluran buatan yang dirancang untuk mengurangi pengaruh variabel lain, hanya desain instrumen, paduan, dan jenis kinematika yang berbeda yang digunakan dalam penelitian ini.⁴³

Semua instrumen putar digunakan sesuai dengan saran pabrikan,⁴⁴ membandingkan sistem *file* putar kontinu dengan Reciproc atau WaveOne dan menemukan bahwa menggunakan Reciproc atau WaveOne dengan gerakan RFS memiliki ketahanan leleh siklik yang lebih baik. Dikatakan bahwa sistem WaveOne memiliki ketahanan leleh siklik yang jauh lebih rendah daripada sistem Reciproc, Mtwo (VDW), dan Twisted File (Sybron Endo, Glendora, CA).^{12,16,17,21,23} Perbedaan luas penampang yang lebih besar dalam desain instrumen bertanggung jawab atas hasil yang lebih rendah dari sistem *file* lain. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem *file* putar Reciproc dan WaveOne unggul dalam ketahanan leleh siklik dibandingkan dengan sistem *file* putar lainnya.⁴

Dalam penelitian yang membandingkan ketahanan kelelahan siklik torsional, statis, dan dinamis pada RFS (Waveone Gold, One Curve) dan RCF (Prota-per Next) pada saluran buatan baja dengan radius kelengkungan 60° dan radius 5 mm, ditemukan bahwa RFS memiliki karakteristik mekanik yang lebih sesuai dengan ketahanan kelelahan siklik dan sudut rotasi dibandingkan dengan RCF.⁴

Reduksi mikroba

Untuk mengurangi populasi bakteri intrasaluran akar sebanyak mungkin, salah satu tujuan utama PSA gigi yang terinfeksi dengan periodontitis apikal adalah untuk menurunkan jumlah bakteri di dalam saluran akar.⁴⁵ Mesin yang digerakkan oleh nikel-titanium adalah instrumen saluran akar generasi terbaru. Pemanasan irigan dan atau turbulensi yang dihasilkan oleh rotasi mekanis instrumen adalah keuntungan dari instrumentasi CR dibandingkan metode instrumentasi lainnya dalam hal efek pembersihan dan disinfeksi. Alat RFS juga diperkenalkan untuk menyiapkan saluran akar. Instrumen yang digunakan dalam gerakan rotasi kontinu telah terbukti lebih tahan terhadap kelelahan dan bertahan lebih lama. Teknik instrumentasi *single-file* memungkinkan sistem RFS untuk membentuk dan membersihkan saluran dalam waktu yang lebih singkat dengan menggunakan jumlah agen antimikroba yang lebih sedikit.⁴

Seri 20 kasus periodontitis apikal melaporkan uji klinis pertama yang menilai hasil PSA non-bedah pada penyembuhan periodontitis apikal menggunakan RFS

yang dinilai menggunakan CBCT pada jenis gigi yang berbeda dengan periodontitis apikal primer tanpa perawatan endodontik dan periodontitis pascapengisian apikal yang tidak memadai. Pada kasus-kasus tersebut didapatkan WaveOne Gold RFS dan *single cone* dengan *sealer* AH plus menghasilkan penyembuhan periodontitis apikal menurut CBCT.⁴⁶

Hasil analisis sistematis Shiddique dan Nivedhitha menunjukkan bahwa sistem RFS memiliki efek antibakteri yang hampir sama seperti sistem putar, tetapi karena menggunakan *single-file*, dibutuhkan waktu kerja lebih singkat.⁴⁷

Kemampuan pembentukan dan transportasi saluran akar

Dibandingkan dengan gerakan RFS, setiap *in vitro* studi menggunakan saluran resin simulasi menunjukkan lebih banyak transportasi saluran dengan rotasi kontinu di antara artikel yang diulas. Namun, karena penelitian *ex vivo* menggunakan gigi alami yang diekstraksi, hasilnya tidak dapat diandalkan. Perbedaan antara *in vitro* studi dan *ex vivo* studi mungkin disebabkan oleh fakta bahwa blok resin tidak dapat menunjukkan perbedaan anatomis dalam sistem saluran akar manusia. Saluran akar gigi manusia yang dicabut lebih tidak teratur daripada blok resin. Instrumen berputar kontinu dapat menunjukkan kemampuan pemusatan yang lebih baik daripada instrumen gerakan RFS di *ex vivo* studi karena menggunakan *file* dalam urutan bertahap sedangkan instrumen gerakan RFS hanya menggunakan *single-file* untuk preparasi saluran.⁴⁸

Shi et al, melakukan penelitian RFS menggunakan ProGlider dan Waveone Gold Glider pada 80 molar rahang bawah yang mendapati RFS dapat meningkatkan kemampuan membentuk instrumen OneCurve dan ReciprocBlue. OneCurve, terutama bila digabungkan dengan ProGlider dan Waveone Gold Glider, memiliki pemotongan dentin yang kurang agresif dan preparasi yang tidak merata daripada instrumen ReciprocBlue.⁷

Preparasi RFS tunggal Standar S1 Plus (Sendoline, Täby, Swedia), WaveOne Gold Primary (Dentsply Sirona, Ballaigues, Swiss), dan Reciproc R25 (VDW, Munich, Jerman) tidak menghasilkan perubahan dimensi yang berbeda nyata, dan tidak ada pengaruh yang signifikan dari jenis kelengkungan pada semua parameter yang diuji.⁴⁹

Ekstrusi debris apikal

Eren dan Sezer File tangan konvensional, WaveOne Gold yang bekerja dengan gerakan RFS, dan TruNatomy yang bekerja dengan gerakan rotasi, yang merupakan sistem *file* yang digunakan dalam penelitian ini, tidak unggul satu sama lain dalam hal volume dentin yang tersisa di wilayah dua mm koronal akar dan efisiensi preparasi di seluruh ruang saluran akar gigi molar RB.⁵⁰

Sistem RFS WaveOne Gold dikaitkan dengan lebih sedikit ekstrusi debris pada saluran akar melengkung dibandingkan dengan teknik manual dan sistem *Twisted File Adaptive* meskipun perbedaannya tidak signifikan.³⁹

Studi menggunakan One Reci (MicroMega), Wave

One Gold Primary (Dentsply Sirona, York, PA), dan Pro Taper Next (Dentsply Sirona) menggunakan gerakan RFS dan One Curve (MicroMega) dan ProTaper Next. ProTaper Next menggunakan *continuous rotation* menghasilkan lebih banyak AED secara statistik daripada subkelompok yang dibentuk menggunakan OR dan OC.⁴⁰

Karena jumlah penelitian yang ditinjau terbatas dan banyak di antaranya menunjukkan hasil yang bertentangan dan kontroversial, diperlukan penelitian lebih lanjut. Secara khusus, studi in vivo penting karena tidak adanya jaringan periapikal pada studi in vitro sehingga mungkin memiliki implikasi klinis yang terbatas. Jaringan periapikal dapat berfungsi sebagai penghalang alami yang memberikan tekanan balik fisik, sehingga membatasi ekstrusi debris dan irigasi apikal.

Cacat atau retakan dentinal

Berdasarkan studi yang dikaji, menunjukkan bahwa instrumen RFS cenderung menghasilkan lebih sedikit cacat dentin dibandingkan dengan instrumen CR. Selama proses pembentukan saluran, saat instrumen bersentuhan dengan dinding saluran, terjadi tekanan sesat pada dentin. Jumlah tekanan seperti itu dapat menyebabkan cacat dentin yang berpotensi menyebabkan fraktur akar vertikal. Gerakan RFS, yang dilakukan secara teratur, mengurangi tegangan torsi; hal ini dapat membantu mengurangi besarnya gaya yang dihasilkan pada dentin akar serta mencegah retak dan fraktur akar.⁵¹

Pada studi lain, instrumen CR menginduksi jumlah

retakan mikro dentin yang lebih tinggi dibandingkan dengan instrumen RFS. Instrumentasi pada panjang kerja yang berbeda tidak signifikan memengaruhi pembentukan retakan mikro dentin.⁵² Studi in vitro pada 60 gigi molar dengan instrumentasi WaveOne yang berbeda hingga panjang kerja yang berbeda tidak terkait dengan pembentukan cacat dentin.⁵²

Penggunaan RFS lebih efisien

Produsen Reciproc tidak merekomendasikan pembuatan *glide path* sebelum memakai instrumen RFS. Gerakan RFS dinyatakan dapat mencegah instrumen untuk terkunci pada saluran akar dengan menurunkan secara berangsur-angsur stres yang terakumulasi pada *file* dan untuk meningkatkan resistensi fraktur dari instrumen. Untuk alasan itu direkomendasikan untuk tidak membuat *glide path* sebelum menggunakan RFS.³⁸

Suatu laporan kasus preparasi saluran akar yang melengkung dengan menggunakan sistem RFS *single-file* dapat mempertahankan bentuk asli saluran dan memberikan hasil yang baik.⁵³

Disimpulkan bahwa preparasi saluran akar dengan instrumen RFS menawarkan sejumlah keuntungan dibandingkan teknik CR konvensional baik untuk dokter pemula maupun ahli, antara lain alur kerja yang lebih cepat, namun tetap aman, sederhana, dan tidak terlalu membutuhkan banyak *file*. Untuk alasan ini, instrumentasi RFS telah digunakan sebagai prosedur preparasi standar dalam praktik endodontik sejak 2006.

DAFTAR PUSTAKA

1. Torabinejad M, Fouad AF, Shabahang S. Endodontics: principles and practice. 6th ed. Elsevier; 2021.
2. Cohen's pathways of the pulp. 12th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2021.
3. Dablanca-Blanco AB, Castelo-Baz P, Miguéns-Vila R, Álvarez-Novoa P, Martín-Biedma B. Endodontic rotary files, what should an endodontist know? *Medicina (Kaunas)*. 2022;58(6):719.
4. Pedullà E, La Rosa GRM, Romano G, Leanza G, Rapisarda S, Isola G, et al. Influence of kinematics and incidence angles on the cutting efficiency of two single-file nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J* 2022;48(1):58–64.
5. Karakoc O, Hayrettin C, Canadinc D, Karaman I. Role of applied stress level on the actuation fatigue behavior of NiTiHF high temperature shape memory alloys. *Acta Materialia*. 2018 Jul 1;153:156–68.
6. An in-vitro study of comparison of microleakage between three root end filling materials namely IRM, Biodentine and MTA-ProQuest [Internet]. [cited 2024 Mar 31]. Available from: <https://www.proquest.com/openview/ec0763c99c3515cf1d5ccd0ba00488ff/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
7. Shi L, Yang Y, Wan J, Xie W, Yang R, Yao Y. Shaping ability of rotary and reciprocating single-file systems in combination with and without different glide path techniques in simulated curved canals. *J Dent Sci* 2022;17:1520–7.
8. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments - Gambarini - 2019 - Aust Endodont J - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Mar 31]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aej.12294>
9. Deus G, Silva EJNL, Souza E, Versiani MA, Zuolo M. Shaping for cleaning the root canals: a clinical-based strategy; 2022.
10. Keskin C, Yilmaz ÖS, Keleş A, Inan U. Comparison of cyclic fatigue resistance of rotate instrument with reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments at body temperature in relation to their transformation temperatures. *Clin Oral Invest* 2021;25(1):151–7.
11. Yamakami SA, Gallas JA, Petean IBF, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto M, Macedo AP, et al. Impact of endodontic kinematics on stress distribution during root canal treatment: analysis of photoelastic stress. *J Endodont* 2022;48:255–62.
12. Ahn SY, Kim HC, Kim E. Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: a systematic review of in vitro studies. *J Endodont* 2016;42(7):1009–17.
13. Díaz-Flores VG, Vázquez MIP, Tejedor B, Suárez A, Freire Y. Comparative study of torsional and bending stress in NiTi, graphene, and GUM metal endodontic files by finite element analysis. *Comput Biol Med* 2024;170:108017.
14. Oh S, Kum KY, Kim HJ, Moon SY, Kim HC, Chaniotis A, et al. Bending resistance and cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc Blue, and HyFlex EDM instruments. *J Dent Sci* 2020;15(4):472–8.
15. Sobotkiewicz T, Huang X, Haapasalo M, Mobuchon C, Hieawy A, Hu J, et al. Effect of canal curvature location on the cyclic fatigue resistance of reciprocating files. *Clin Oral Invest* 2021;25(1):169–77.
16. Özyürek T, Uslu G, Yılmaz K, Gündoğar M. Effect of glide path creating on cyclic fatigue resistance of reciproc and reciproc blue nickel-titanium files: a laboratory study. *J Endodont* 2018;44(6):1033–7.
17. Oshida Y, Tominaga T. Nickel-titanium materials, biomedical applications. Berlin: De Gruyter; 2020.
18. Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice, 14th ed. New Delhi: Wolters Kluwer; 2021.

19. Nickel-titanium rotary instruments: development of the single file. *J Int Soc Prev Commun Dent* [Internet]. [cited 2024 Apr 1]. Available from: https://journals.lww.com/jpcd/fulltext/2018/08050/Nickel_Titanium_Rotary_Instruments_Development_of.2.aspx
20. Singh S, Attur K, Oak A, Mustafa M, Bagda KK, Kathiria N. An appraisal on newer endodontic file systems: a narrative review. *J Contemp Dent Pract* 2023;23(9):944–52.
21. Blicher B, Pryles RL, Lin J. *Endodontics review*. 2nd ed. Batavia: Quintessence; 2022.
22. Rotstein I, Ingle JI. *Ingle's endodontics*. 7th ed. Connecticut: PMPH USA; 2019.
23. Garg N, Garg, Amit. *Textbook of endodontics*. 4th ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher; 2014.
24. Castellucci A. *Endodontics*, vol. 2. Florence: IL Tridente; 2005.
25. Siqueira JF, Rocas IN. *Treatment of endodontic infections*. 2nd ed. Berlin: Quintessence; 2022.
26. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endodont Topics*. 2013;29.
27. Hartmann RC, Fensterseifer M, Peters OA, de Figueiredo JP, Gomes MS, Rossi-Fedele G. Methods for measurement of root canal curvature: a systematic and critical review. *Int Endod J* 2019;52(2):169–80.
28. Chong BS. *Harty's endodontics in clinical practice*. 7th ed. London: Elsevier; 2017.
29. An update on nickel-titanium rotary instruments in endodontics: mechanical characteristics, testing and future perspective— an overview - PMC [Internet]. [cited 2024 Apr 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8698980/>
30. Călin C, Focșăneanu AM, Paulsen F, Didiulescu AC, Niță T. Shaping efficiency of rotary and reciprocating kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments in moderate and severely-curved root canals using micro-computed tomography: a systematic review of ex vivo studies. *J Endodont* 2024;S0099239924001699.
31. de-Deus G, Cardoso ML, Simões-Carvalho M, Silva EJNL, Belladonna FG, Cavalcante DM, et al. Glide path with reciprocating driven pathfinding instrument: performance and fracture rate. *J Endodont* 2021;47(1):100–4.
32. Duque JA, Bramante CM, Duarte MAH, Alcalde MP, Silva EJNL, Vivan RR. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium reciprocating instruments after simulated clinical use. *J Endodont* 2020;46(11):1771–5.
33. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments - Gambarini - 2019 - Aust Endodont J - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Mar 31]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aej.12294>
34. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G. Cyclic fatigue resistance of reciproc blue and reciproc files in an S-shaped canal. *J Endodont* 2017;43:1679–82.
35. Thu M, Ebihara A, Maki K, Miki N, Okiji T. Cyclic fatigue resistance of rotary and reciprocating nickel-titanium instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endodont* 2020;46(11):1752–7.
36. Rego LF, Bronzato JD, Souza APC, de Jesus AS, Frozoni M. In vitro evaluation of the dynamic cyclic fatigue resistance of a new TruNatomy glider file after different cycles of use. *J Endodont* 2024;S0099239924000645.
37. Pedullà E, La Rosa GRM, Boninelli S, Rinaldi OG, Rapisarda E, Kim HC. Influence of different angles of file access on cyclic fatigue resistance of reciproc and reciproc blue instruments. *J Endodont* 2018;44(12):1849–55.
38. Özyürek T, Uslu G, Yılmaz K, Gündoğar M. Effect of glide path creating on cyclic fatigue resistance of reciproc and reciproc blue nickel-titanium files: a laboratory study. *J Endodont* 2018;44(6):1033–7.
39. Bojink D, Costa DD, Hoppe CB, Kopper PMP, Grecca FS. Apically extruded debris in curved root canals using the WaveOne gold reciprocating and twisted file adaptive systems. *J Endodont* 2018;44(8):1289–92.
40. Kharouf N, Pedullà E, Neshme W, Akarma K, Mercey A, Gros CI, et al. Apically extruded debris in curved root canals using a new reciprocating single-file shaping system. *J Endodont* 2022;48(1):117–22.
41. Djuric NP, van der Vyver P, Vorster M, Vally ZI. Comparison of apical debris extrusion using clockwise and counter-clockwise single-file reciprocation of rotary and reciprocating systems. *Aust Endod J* 2021;47(3):394–400.
42. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veetil SK, De-Deus G, et al. Influence of negotiation, glide path, and pre-flaring procedures on root canal shaping-terminology, basic concepts, and a systematic review. *J Endodont* 2020;46:707-29
43. Ashkar I, Sanz JL, Forner L. Cyclic fatigue resistance of glide path rotary files: a systematic review of in vitro studies. *Mater (Basel)*. 2022;15(19):6662.
44. Pedullà E, Kharouf N, Caruso S, La Rosa GRM, Jmal H, Haikel Y, et al. Torsional, static, and dynamic cyclic fatigue resistance of reciprocating and continuous rotating nickel-titanium instruments. *J Endod* 2022;48:1421–7.
45. Siddique R, Nivedhitha MS. Effectiveness of rotary and reciprocating systems on microbial reduction: A systematic review. *J Conserv Dent* 2019;22(2):114–22.
46. Mahmood Talabani R. Management of apical periodontitis using WaveOne gold reciprocating files, single-cone endodontic approach: A case series. *Ann Med Surg* 2021;66:102385.
47. Cardoso ER, Tookuni IVM, Morais CAH, Pavan NNO, Santin GC, Capitanio M, et al. Effectiveness of reciprocating and rotary retreatment files in the removal of endodontic filling material. *Gen Dent* 2022;70(1):22–5.
48. Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ, et al. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endodont* 2014;40:1186-9
49. Haupt F, Pult JRW, Hülsmann M. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of 3 reciprocating single-file nickel-titanium systems on single- and double-curved root canals. *J Endodont* 2020;46(8):1130-5.
50. Eren İ, Sezer B. Comparison of the effects of WaveOne Gold, TruNatomy, and conventional hand files on remaining dentin volume in the coronal part of the root and preparation efficiency in mandibular molars. *J Endodont* [Internet]. 2023 [cited 2023 Jun 24]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239923002923>
51. Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation - Jamleh - 2015 - Int Endodont J - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2023 Jun 25]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.12406>
52. Aggarwal A, Nawal RR, Yadav S, Talwar S, Kunnoth S, Mahajan P. Comparative evaluation of dentinal microcrack formation before and after root canal preparation using rotary, reciprocating, and adaptive instruments at different working lengths—a micro-computed tomographic study. *J Endodont* 2021;47:1314–20.
53. Asrianti A, Natsir N. Single-file reciprocating system for curved canals preparation: a case report. *J Dentomaxillofac Sci* 2018; 3(3):188–91.