

Root resorption due to orthodontic treatment

Resorpsi akar akibat perawatan ortodonti

¹Fatmawati Mappeare, ²Zilal Islamy Paramma, ²Ardiansyah S. Pawinru

¹Resident of Orthodontic Specialist Program Study

²Orthodontic Specialist Program Study, Department of Orthodontic

Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

Makassar, Indonesia

Corresponding author: Fatmawati Mappeare, e-mail: fatmawatimappeare@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this article was to explain about root resorption due to orthodontic treatment. This review article is formulated based on the available articles and textbook which relevant to support the topic. Root resorption is a clinical condition associated with a physiological or pathological process leading to a loss of dentin, cementum and/or bone structure. Root resorption due to orthodontic treatment is a pathological process that causes a shortening of the dental root. It can be caused by many factors such as the mechanics used during orthodontic treatment, factors related to the type and magnitude of the force, and other factors related to treatment such as the type of tooth movement and malocclusion. It needs a, dequate diagnosis to detect any root resorption due to orthodontic treatment. It is concluded that early detection of root resorption can be done during, and/or after active treatment.

Keywords: root resorption, orthodontic treatment, magnitude of the force, type of tooth movement

ABSTRAK

Artikel ini menjelaskan mengenai resorpsi akar akibat perawatan ortodonti. Artikel disusun dari kumpulan beberapa pustaka dan buku teks yang relevan dengan topik. Diketahui resorpsi akar adalah kondisi klinis yang dihubungkan dengan proses fisiologis dan patologis yang menyebabkan hilangnya dentin, sementum atau struktur tulang. Resorpsi akar yang disebabkan oleh perawatan ortodonti merupakan proses patologis yang menyebabkan pemendekan akar gigi. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti mekanik yang digunakan selama perawatan ortodonti, tipe dan besaran tekanan dan faktor lain yang berhubungan dengan perawatan seperti tipe pergerakan gigi dan maloklusi. Diperlukan diagnosis yang adekuat untuk mendeteksi resorpsi akar yang disebabkan oleh perawatan ortodonti. Disimpulkan bahwa deteksi awal resorpsi akar dapat dilakukan selama, dan atau setelah perawatan aktif.

Kata kunci: resorpsi akar, perawatan ortodonti, besaran tekanan, tipe pergerakan gigi

Received: 10 March 2022

Accepted: 1 January 2023

Published: 1 April 2023

PENDAHULUAN

Ortodonti merupakan cabang ilmu kedokteran gigi yang berfokus pada *prevention*, *interception*, dan *correction* terhadap maloklusi dan segala abnormalitas lain pada regio dentofasial. Perawatan ortodonti dilakukan untuk memperbaiki oklusi dan juga hubungan antar rahang, serta untuk memperbaiki cara bicara, estetika wajah, juga meningkatkan kebersihan mulut dan taraf kehidupan. Berbeda dengan cabang ilmu kedokteran gigi lain yang memerlukan perawatan singkat, ortodonti memerlukan perawatan yang lama, terus mengikuti waktu pertumbuhan dan perkembangan dentofasial.^{1,2}

Efek negatif atau efek iatrogenik dari perawatan ortodonti dapat berupa efek lokal dan sistemik, yang dapat berupa perubahan warna pada gigi, dekalsifikasi, resorpsi akar gigi, komplikasi periodontal, reaksi alergi, dan sindrom sakit kepala yang kronis. Dokter gigi harus mengetahui semua risiko yang timbul sebelum melakukan perawatan ortodonti. Efek perawatan ortodonti yang paling sering muncul adalah resorpsi akar gigi.³⁻⁵

TINJAUAN PUSTAKA

Resorpsi akar pertama kali dijelaskan oleh Bates pada

tahun 1856. Chase pada tahun 1875 dan Harding pada tahun 1878 juga menyebutkan resorpsi akar. Pada tahun 1914, istilah tersebut digunakan dalam pustaka ortodonti. Bates menyebut resorpsi akar sebagai absorpsi. Ketcham adalah penulis pertama yang menjelaskan resorpsi akar dengan radiologi. Setelah itu, diketahui bahwa perawatan ortodonti dapat memendekkan akar. Becks dan Mar membawa kata *resorpsi* ke dalam pustaka ortodonti pada tahun 1932. Oppenheim pada tahun 1944 menyatakan bahwa pascaperawatan ortodonti, terjadi kerusakan yang tak terhindarkan pada sementum, jaringan periodontal, tulang alveolar, dan pulpa.^{6,7}

Resorpsi akar didefinisikan sebagai proses patologi dan fisiologi yang menyebabkan hilangnya sementum dan dentin.⁸ Resorpsi akar inflamasi yang diinduksi secara ortodonti merupakan salah satu komplikasi yang disebabkan oleh perawatan ortodonti namun kadang didiagnosis pada pasien yang tidak menjalani perawatan ortodonti. Resorpsi akar ini berbeda dari resorpsi jenis lain yaitu merupakan proses inflamasi lokal yang steril dan memiliki semua gejala inflamasi. Biasanya perawatan ortodonti tidak menunjukkan resorpsi akar yang signifikan secara klinis, namun perubahan mikro-

skopik nampak pada akar gigi yang sulit untuk didekteksi dengan gambar radiologi.^{9,10}

Resorpsi frontal dari lamina dura alveolar merupakan proses yang diinginkan pada pergerakan gigi ortodonti sebab tidak terkait dengan resorpsi akar, sementara *undermining resorption* merupakan proses yang tidak diharapkan dan bersifat patologik karena terkait dengan resorpsi akar. *Undermining resorption* terjadi saat terjadi kompresi pada ligamen periodontal yang dihasilkan oleh gaya ortodonti kontinyu yang cukup besar untuk menutup pembuluh darah dan menghentikan suplai darah ke dalam area ligamen periodontal. Gangguan pada pembuluh darah memicu proses hialinisasi, yang juga dikenal sebagai nekrosis steril. Selama fase awal perbaikan area nekrosis, sel-sel *clast* tidak hanya meresorpsi bagian bawah lamina dura tetapi juga sementum dan dentin. Eliminasi jaringan hialin memicu hilangnya *cementoid* dan kolagen matur, menghasilkan permukaan sementum yang kasar yang siap diinvasi oleh *dentinoclast*. Saat pergerakan gigi ortodonti terhenti, bagian cekung pada akar biasanya diisi kembali dengan sementum, menjadi bentuk awal dari akar. Namun, jika invasi pada permukaan akar menghasilkan defek yang besar di bagian apeks, biasanya menjadi terpisah dari permukaan akar.^{4,11-13}

Epidemiologi resorpsi akar

Resorpsi akar adalah efek iatrogenik yang umum dari perawatan ortodonti. Pada banyak pustaka mengenai resorpsi akar dan perawatan ortodonti, Weltman membuat beberapa observasi klinis. Pertama, insiden perawatan pascaperawatan ortodonti adalah 73% (didekteksi secara radiografi). Penelitian *cross-sectional* maupun longitudinal menunjukkan bahwa resorpsi akar merupakan masalah yang kecil bagi pasien ortodonti dengan resorpsi rerata secara radiografi kurang dari 2,5 mm;¹⁴ tidak berdampak klinis, namun sayangnya 1-5% pasien ortodonti mengalami resorpsi akar yang berat, resorpsi akar melebihi 4 mm atau 1/3 panjang akar semula. Resorpsi akar yang berat biasanya terjadi pada insisivus RA diikuti insisivus RB dan molar satu RB.¹⁵ Morfologi akar yang tipis, meruncing dan dilaserasi memiliki kerentanan terhadap resorpsi. Perawatan impaksi gigi kaninus dapat memperpanjang waktu perawatan atau pergerakan gigi kaninus dapat meningkatkan risiko resorpsi akar. Riwayat trauma gigi anterior dapat meningkatkan risiko resorpsi akar.¹⁶

Mekanisme resorpsi akar

Mekanisme resorpsi akar belum dieksplorasi secara mendalam. Menurut Brudvik dan Rygh, resorpsi akar yang diinduksi oleh perawatan ortodonti merupakan bagian dari proses eliminasi zona hialin. Resorpsi akar dapat diinduksi oleh gaya yang kuat dari perawatan or-

todonti dan hialinisasi ligamen periodontal yang diinduksi oleh aktivitas sementoklas dan osteoklas yang meningkat. Selama pergerakan gigi, area tekanan (osteoklas bekerja menginduksi resorpsi tulang) dan area regangan (osteoblas bekerja menginduksi deposisi tulang) terbentuk sehingga gigi bergerak ke arah resorpsi tulang. Saat zona hialinisasi terbentuk, pergerakan gigi terhenti. Selama regenerasi ligamen periodontal, zona hialinisasi dieliminasi oleh sel mononukleus yang mirip dengan makrofag dan oleh sel *giant* mononukleat dan gigi mulai bergerak kembali. Selama proses eliminasi zona hialin, permukaan terluar gigi yang terdiri atas lapisan sementoblas dapat mengalami kerusakan, yaitu gaya yang diberikan selama perawatan ortodonti dapat merusak secara langsung permukaan luar akar. Permukaan akar gigi di bawah zona hialinisasi teresorpsi hanya setelah beberapa hari, saat proses perbaikan telah terjadi.^{9,17-19}

Faktor risiko resorpsi akar

Resorpsi terjadi saat tekanan pada sementum melebihi kapasitas reparasi dari dentin. Penyebabnya multifaktor meliputi faktor genetik pasien dan epigenetik/lingkungan.^{5,20}

Faktor biologis, kerentanan individu merupakan faktor utama yang menentukan resorpsi akar, yang dapat terjadi pada gigi susu maupun gigi permanen. Secara historis, terdapat variabilitas pada pasien ortodonti mengenai kerentanan terhadap resorpsi akar, yang dapat disebabkan karena faktor sistemik atau bawaan.^{9,21}

Genetik, predisposisi terhadap resorpsi akar dapat berupa autosom dominan, autosom resesif, atau herediter yang ditentukan oleh gen tertentu. Predisposisi genetik diprediksi sangat penting pada terjadinya resorpsi akar. Interleukin IL-1 (IL-1 β) alel 1 memiliki peningkatan risiko 5,6 kali lebih besar pada resorpsi akar apikal eksternal. Gen interleukin IL-1 (IL-1 β) menunjukkan peran sitokin ini dalam patogenesis resorpsi akar dan mekanisme protektif sementum terhadap resorpsi akar.²²⁻²⁴

Faktor sistemik, Owman-Moll dan Kurol telah menegaskan bahwa pasien alergi berada dalam kelompok pasien dengan risiko resorpsi akar yang meningkat. Kurangnya estrogen dapat menginduksi pergerakan gigi ortodonti yang cepat dan kalsitonin menghambat aktivitas odontoklas. Kondisi sistemik seperti penyakit asma juga menunjukkan risiko yang lebih besar terjadinya resorpsi akar. Osteoklas pada tulang alveolar meningkat pada area ligamentum periodontal yang terkompresi. Nishioka menentukan hubungan antara resorpsi akar eksternal dengan faktor sistem imun dan menemukan resorpsi akar 10,3 kali lebih tinggi.²⁵

Nutrisi, Becks menunjukkan bahwa resorpsi akar terjadi pada hewan yang kekurangan kalsium dan vitamin D dalam makanannya.²⁶

Usia kronologis, membran periodontal pasien anak menjadi lebih sempit kurang vaskularisasi, tulang alveolar menjadi lebih padat, dan sementum menjadi lebih lebar sesuai dengan pertambahan usia. Dari hal tersebut, pasien dewasa menunjukkan kerentanan yang lebih besar terhadap resorpsi akar. Saat pasien berusia di atas 11 tahun, maka risiko resorpsi akar meningkat. Usia dental, Rosenberg telah menjelaskan bahwa gigi dengan perkembangan akar yang belum sempurna mengalami resorpsi akar yang lebih sedikit dibandingkan akar yang sudah terbentuk sempurna. Naphtali Breznia dkk telah mengemukakan bahwa jika akar gigi tidak terbentuk sempurna di awal perawatan ortodonti, maka akan berkembang lebih lanjut selama perawatan ortodonti, namun lebih pendek. Linge dan Linge menyatakan bahwa gigi yang dirawat ortodonti kehilangan panjang akar rerata kurang dari 0,5 mm.^{27,28}

Jenis kelamin, tidak ada hubungan yang signifikan antara jenis kelamin dan resorpsi akar yang ditemukan dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan.^{25,29}

Kebiasaan buruk, seperti bruksism, menggigit kuku, menjulurkan lidah yang berkaitan dengan *open bite* dan tekanan lidah yang meningkat berhubungan dengan resorpsi akar yang meningkat.^{25,30}

Anomali posisi dan jumlah gigi, diperkirakan bahwa hipodonsia meningkatkan risiko terjadinya resorpsi akar. Gigi impaksi juga menginduksi resorpsi akar. Gigi molar tiga merupakan gigi yang paling sering impaksi, yang menyebabkan resorpsi akar molar dua akibat molar tiga kekurangan ruang dalam lengkung gigi. Kaninus maksila merupakan gigi kedua yang paling sering impaksi, yang dapat menginduksi resorpsi akar pada gigi insisivus dan gigi premolar satu. Direkomendasikan untuk melakukan palpasi annual pada regio kaninus, radiografi dental sebelum usia 10 tahun dan pencabutan dini gigi kaninus sulung. Insisivus RA merupakan gigi yang paling umum digunakan untuk menentukan resorpsi akar apikal karena resorpsi akar terjadi paling sering pada gigi tersebut dan mudah diamati pada sefalogram lateral. Gigi insisivus RA mengalami pergeseran gigi yang lebih banyak dibanding gigi lain selama pencabutan. Gigi insisivus lateral RA adalah gigi yang paling sering mengalami resorpsi, diikuti insisivus sentralis RA, insisivus sentralis RB dan selanjutnya gigi kaninus RA dan gigi molar RB; akar distal yang paling sering terkena.³¹

Struktur akar, resorpsi akar paling sering terjadi pada bagian apikal akar karena gaya dipusatkan pada apeks akar. Pergerakan ortodonti tidak sepenuhnya menunjukkan gaya translasi dan fulkrum biasanya berada pada bagian oklusal dari apikal akar.^{9,32}

Gigi yang dirawat endodontik, tidak ada perbedaan gigi pasca perawatan ortodonti dan gigi vital. Marathiotou pada sebuah meta-analisis menunjukkan bahwa pustaka

yang tersedia masih sedikit dan gigi yang telah diobturasi tidak meningkatkan risiko terjadi resorpsi akar.^{33,34}

Faktor mekanis

Peranti ortodonti, resorpsi akar lebih sering diinduksi oleh penggunaan peranti cekat. Stuteville menjelaskan bahwa gaya yang dihasilkan oleh peranti lepasan lebih berbahaya bagi akar. Sebuah riset tentang metode perawatan maloklusi kelas II menunjukkan bahwa resorpsi lebih jarang didiagnosis pada anak yang menjalani perawatan ortodonti dua tahap yaitu pertama dengan peranti lepasan dan kedua dengan peranti cekat dibandingkan pada anak yang hanya dirawat menggunakan peranti cekat. Saat menilai pengaruh breket metal dan estetik pada resorpsi akar, maka lebih sering didiagnosis pada pasien yang dirawat dengan breket estetik. Hal ini karena perawatan dengan breket estetik lebih bertahan lama. Gaya berat 225 g menghasilkan resorpsi akar yang lebih besar 9 kali daripada kelompok kontrol secara signifikan dibanding gaya ringan 25 g yang 5 kali lebih besar daripada kelompok kontrol. Aplikasi gaya intermiten diperoleh dengan periode istirahat 3 hari diikuti aplikasi gaya selama 4 hari dan ditemukan resorpsi akar total yang kurang signifikan. Pada premolar yang tipping ke arah bukal, jumlah resorpsi akar terbesar terletak di area bukoservikal akar.^{9,35,36}

Pengaruh pencabutan gigi, McFadden dan VonderAhe gagal menemukan perbedaan tertentu antara resorpsi akar pada pasien yang dirawat dengan atau tanpa pencabutan. Tingkat resorpsi akar yang lebih tinggi (0,43 mm) ditemukan pada pasien dengan yang menjalani pencabutan beberapa gigi dibanding yang tidak menjalani pencabutan gigi (0,31 mm). Resorpsi akar berkembang lebih sering setelah pencabutan jika dibanding pada pasien tanpa pencabutan atau pencabutan hanya pada premolar satu RA.⁹

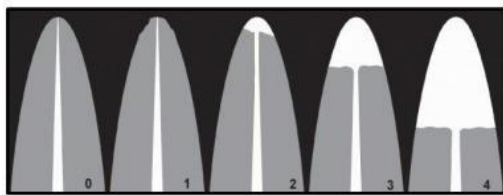
Tipe pergerakan gigi ortodonti, pergerakan tertentu dapat menginduksi resorpsi akar. Resorpsi akar yang paling sering adalah pada gerakan intrusi. Menurut Reitan, gaya yang didistribusikan sepanjang akar selama pergerakan gigi *bodily* lebih kurang dibanding pada *tipping* yang memusatkan gaya pada apeks akar. Pergerakan *bodily* menginduksi sedikit resorpsi akar dibanding *tipping*. Resorpsi akar terjadi pada bagian servikal dan apikal akar selama pergerakan *tipping*. Bagian tengah dari akar diresorpsi selama pergerakan gigi *bodily* karena bentuk ruang ligamen periodontal, yaitu bagian tengah yang paling tipis. Dengan membandingkan resorpsi akar setelah aplikasi gaya kontinyu yang sama besar dari ekstrusi dan intrusi, telah ditetapkan bahwa gigi yang diintrusi menyebabkan resorpsi akar 4 kali lebih besar dibanding gigi yang diekstrusi. Gigi yang rotasi hanya menimbulkan trauma minimal pada jaringan periodontal khususnya pada gigi berakar tunggal.^{37,38}

Ekstrusi dan instrusi, resorpsi akar dari gaya ekstrusi terbatas dan tidak berbeda secara signifikan dari kelompok kontrol. Gaya instrusi meningkatkan 4 kali lebih besar terjadinya resorpsi akar.^{37,39}

Gaya ortodonti, pergerakan ortodonti menyebabkan mikrotrauma pada ligamen periodontal dan aktivasi sel-sel inflamasi. Menurut beberapa peneliti, tidak ada perbedaan resorpsi akar saat menggunakan gaya ringan dan besar (50g dan 200g). Namun, Harry dan Sims telah menjelaskan bahwa distribusi lacuna yang diresorpsi berkaitan secara langsung dengan besar gaya, lacuna yang teresorpsi berkembang lebih cepat pada kasus gaya yang lebih besar. Menurut Schwartz, gaya yang melebihi 20-26 g/cm² menyebabkan iskemia pada jaringan periodontal yang memicu resorpsi akar. Saat gaya ortodonti berkurang hingga di bawah 20-26 g/cm², resorpsi akar berhenti. Gaya optimal untuk pergerakan gigi ortodonti namun tidak memicu resorpsi akar yaitu sebesar 7-26 g/cm² pada area permukaan akar. Gaya intermiten menyebabkan resorpsi akar yang lebih jarang dibanding gaya kontinyu karena gaya intermiten terlindungi dari pembentukan area hialinisasi yang memudahkan reorganisasi ligamen periodontal yang mengalami hialinisasi dan kembalinya sirkulasi darah pada waktu tersebut pada saat gaya sudah tidak aktif. Gaya kontinyu tidak memberikan waktu untuk proses perbaikan pembuluh darah yang rusak dan jaringan periodontal yang lain yang memicu resorpsi akar yang lebih besar. Volume rerata cekungan resorpsi pada kelompok gaya ringan sebesar 3,49 kali lebih besar dan kelompok gaya berat sebesar 11,59 kali lebih besar dibanding kelompok kontrol. Hasilnya menunjukkan bahwa keparahan resorpsi akar meningkat khususnya pada gaya berat dan pergerakan instrusi sehingga disarankan penggunaan gaya ortodonti ringan khususnya instrusi gigi insisivus.^{9,37,40,41}

PEMBAHASAN

Diagnosis resorpsi akar



Gambar 1 Derajat resorpsi akar berdasarkan indeks Levander-Malmgren

Dalam ortodonti, diagnosis klinis resorpsi eksternal didasarkan pada prosedur radiografi seperti radiografi panoramik, radiografi periapikal dan CBCT.⁴²⁻⁴⁴ Indeks evaluasi kuantitatif derajat resorpsi akar dari Levander dan Malmgren terdiri atas 5 tingkatan (tabel 1).^{14,45}

Penanganan resorpsi akar

Selama evaluasi awal, pasien dengan risiko tinggi

Tabel 1 Derajat resorpsi akar apikal eksternal berdasarkan indeks Levander-Malmgren

Skor	Keterangan
0	Tidak ada resorpsi akar (normal)
1	Resorpsi ringan, dengan panjang akar normal hanya konturnya yang tidak teratur (0,1%-0,9%)
2	Resorpsi moderat, dengan kehilangan yang kecil dan kontur yang hampir lurus (1-24,9%)
3	Resorpsi parah, dengan kehilangan apikal akar hampir 1/3 dari panjang akar (25-50%)
4	Resorpsi sangat parah, dengan kehilangan akar lebih dari 1/3 panjang akar (>50%)

terjadinya resorpsi akar harus diidentifikasi, dengan memikirkan tanda-tanda resorpsi akar sebelumnya dan faktor risiko lokal dan sistemik. Jika pasien dengan risiko tinggi resorpsi akar teridentifikasi, penilaian ulang tujuan perawatan direkomendasikan; bila memungkinkan adalah yang terbaik untuk menghindari pencabutan gigi, tekanan berat dan kontinyu, durasi perawatan yang lama. Pada semua kasus, dilakukan rekonstruksi, kira-kira 6 bulan pascapemasangan peranti ortodonti, untuk mengetahui apakah tanda resorpsi akar muncul dengan menganalisis radiografi periapikal, setidaknya untuk gigi anterior. Jika pada saat itu tidak ada tanda-tanda resorpsi akar, risiko timbulnya resorpsi pada akhir perawatan biasanya sangat kecil. Kalau pada saat itu, tanda resorpsi akar muncul kemungkinan besar selama perawatan resorpsi akar akan berlanjut. Operator perlu mengambil langkah jeda perawatan ortodonti selama 2-3 bulan, dengan *wire* pasif terbukti dapat menurunkan jumlah resorpsi akar. Jika terdapat tanda-tanda resorpsi akar yang parah, rencana perawatan harus dinilai kembali. Perawatan alternatif mungkin termasuk prostetik untuk menutup ruang, *striping* sebagai pengganti ekstraksi, kadang-kadang bahkan menghentikan terapi ortodonti. Jika resorpsi akar parah terjadi pasca fase aktif berakhir, direkomendasikan pemantauan radiografi sampai proses stabil.^{38,46}

Faktor risiko yang terkait dengan peningkatan insidensi dan keparahan resorpsi akar termasuk bentuk atau panjang akar sebelum perawatan, trauma gigi sebelumnya, dan jenis mekanisme yang digunakan. Hipertiroidisme juga dianggap sebagai faktor risiko resorpsi akar, tetapi harus dibuktikan secara meyakinkan oleh studi sistematis. Gigi dengan akar yang tumpul, berbentuk pipet, atau pendek memiliki risiko resorpsi yang lebih tinggi. Gigi yang dirawat endodontik dapat digerakkan dengan aman, jika gigi secara klinis tidak menunjukkan gejala dan secara radiografi memuaskan. Dianjurkan untuk melakukan prosedur ortodonti 6 bulan setelah penyelesaian perawatan saluran akar.⁴⁷⁻⁴⁹

Sangat disarankan untuk melakukan radiografi kemajuan selama perawatan. Dokter gigi harus melakukan tindakan yang memadai untuk meminimalkan risiko resorpsi akar yang parah dengan penilaian bentuk

dan panjang akar sebelum perawatan. Teknik *cone-beam computed tomography* (CBCT) dianggap sebagai modalitas pencitraan yang lebih baik untuk deteksi dini resorpsi akar. Jika resorpsi akar terlihat, fase inaktif 4-6 bulan sebelum perawatan ortodonti dilanjutkan. Dalam kasus ekstrim, perawatan harus dihentikan; peanti dilepas, dan rencana perawatan bedah atau prostetik harus diterapkan. Jika resorpsi akar berlanjut setelah peranti dilepas atau selama retensi, perawatan saluran akar berurutan dengan kalsium hidroksida disarankan. Pengisian gutta-percha adalah terapi definitif hanya setelah resorpsi akar berhenti. Konseling dan tindak lanjut yang tepat diperlukan jika ditemukan resorpsi parah. Untungnya, resorpsi akar jarang menyebabkan morbiditas yang signifikan setelah terapi ortodonti dan pro-

ses resorpsi biasanya berhenti dengan penghentian kekuatan aktif.^{47,50}

Disimpulkan bahwa resorpsi akar merupakan proses patologis dan fisiologis yang mengakibatkan hilangnya sementum dan dentin. Resorpsi akar tidak dapat dielakkan sebagai akibat dari pergerakan gigi pascaperawatan ortodonti. Insidens terjadinya resorpsi akar pasca perawatan ortodonti, yang dideteksi secara radiografi adalah 73% dengan resorpsi rerata secara radiografi kurang dari 2,5 mm. Meskipun besar resorpsi tidak memiliki dampak klinis; penyebabnya multifaktor meliputi faktor genetik dan epigenetik. Proses resorpsi akar dapat dihentikan dengan menghentikan peranti aktif yang pada gigi tersebut. Diagnosis dini merupakan kunci untuk mendapatkan prognosis perawatan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amin MN, Permatasari N. Aspek biologis pergerakan gigi secara ortodonti. *Stomatognathic* 2016;13:22–7.
2. Ardiansyah MS, Prajarini M. Gambaran status gingivitis pengguna alat ortodontik cekat (gingivitis status on fixed orthodontic appliance patients). *Jurnal UnejAcId* [Internet]. 2019;25–7. Available from: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/STOMA/article/view/19958>
3. Alawiyah T. Pengaruh efek iatrogenik dalam perawatan ortodonti. *Denta* 2016;10(1):109.
4. Ariffin SHZ, Rus Din RD, Yamamoto Z, Jaafar IM, Senafi S, Wahab RMA. Penyerapan akar gigi apeks luaran hasil rawatan ortodontik pada enam dan 12 bulan. *Sains Malaysiana* 2017;46(8):1299–307.
5. Abdulrazzaq AT, Sami T, Mukherjee P. Iatrogenic effects of orthodontic treatment: decision-making in diagnosis, treatment and modalities of prevention. *EC Dent Sci* 2018;4:326–35.
6. Dindaroglu F, Dogan S. Root resorption in orthodontics. *Turkish J Orthod* 2017;29(4):103–8.
7. Jacob A. A Literature review on orthodontically induced root resorption : the aftermath of the pursuit of an attractive smile. *Eur J Mol Clin Med* 2020;07(03):941–57.
8. Lunardi D, Bécavin T, Gambiez A, Deveaux É. Orthodontically induced inflammatory root resorption: apical and cervical complications. *J Dentofac Anomalies Orthod* 2013;16(1):102.
9. Lopatienė K, Dumbravaitė A. Risk factors of root resorption after orthodontic treatment. *Stomatologija* 2008;10(3):89-95.
10. Currell SD, Blackmore GPD, Esterman A, Nimmo A. The clinical management of orthodontically-induced external root resorption: A questionnaire survey. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet] 2021;160(3):385-91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.04.036>
11. Ruškytė G, Juozėnaitė D, Kubiliūtė K. Types of root resorptions related to orthodontic treatment. *Stomatologija* 2019;21(1):22–7.
12. Huang H, Tang W, Yan B, Wu B. Mechanical responses of periodontal ligament under a realistic orthodontic loading. *Procedia Eng* 2012;31(2011):828–33.
13. Pawinru AS. Biomechanics of tooth movement. *Makassar Dent J* 2021; 10(1) 82–7.
14. Srivastava SC. Risk factors and contemporary treatment of orthodontically induced apical root resorption: a review. *J Dent Heal Oral Disord Ther* 2016;4(5):137–42.
15. Tuti A. Komplikasi dan resiko yang berhubungan dengan perawatan ortodonti. *J Ilm Widya* 2017;4(1):256–61.
16. Suwandi T. Keterkaitan antara bidang orthodonti dan periodonti dalam perawatan estetika rongga mulut. 2020;2:68-74.
17. Anggani HS. Special considerations for orthodontic treatment in patients with root resorption. *Dent J (Majalah Kedokt Gigi)* 2010;43(1):35.
18. Otuyemi OD, Abidoye RO. Malocclusion in 12-year-old suburban and rural Nigerian children. Vol. 10, *Community dental health. Comm Dent Health* 1993;10(4):375–380.
19. Dudic A. Influencing factors of orthodontic tooth movement and root resorption, and evaluation of its radiographic diagnostic means *Eur J Orthod* 2018;83(1): 616-21. Available from: <https://hdl.handle.net/2077/56914>
20. Pastro JDV, Nogueira ACA, Salvatore de Freitas KM, Valarelli FP, Cançado RH, de Oliveira RCG, et al. Factors associated to apical root resorption after orthodontic treatment. *Open Dent J* 2018;12(1):331–9.
21. Mahida K, Agrawal C, Baswaraj H, Tandur A, Patel B, Chokshi H. Root resorption: An abnormal consequence of the orthodontic treatment. *Int J Contemp Dent* 2015;6(0).
22. Guo Y, He S, Gu T, Liu Y, Chen S. Genetic and clinical risk factors of root resorption associated with orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet] 2016;150(2):283–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.028>
23. Kalra S, Tripathi T, Rai P. External apical root resorption in orthodontic patients-local cause or genetic predisposition. *Acta Sci Dent Sci* 2019;3(8):90–9.
24. Luppapanornlarp S, Iida J. Orthodontic force, tooth movement, and interleukin -1β. *Hokkaido J Dent Sci* 2017;38:20-7.
25. Plaza RSP, Reimpell VA, Santana SMC, Zárate CF. Factores de riesgo biológicos y relacionados con el tratamiento de ortodoncia asociados a reabsorción radicular externa: estudio de casos y controles. *Rev Fac Odontol* 2020;32(2):42-52.
26. Krishna R, Ali SN, Pannu D, Peacock ME, Levy-Bercowski D. An orderly review of dental root resorption. *Int J Med*

- Dent Sci 2015;4(1):669.
27. Preoteasa CT, Ionescu E, Preoteasa E, Comes CA, Buzea MC, Grănescu A. Orthodontically induced root resorption correlated with morphological characteristics. *Rom J Morphol Embryol* 2008;50(2):257–62.
 28. Ismaniati NA, Universitas G, Universitas G. Perlukah menunda perawatan ortodontik sampai periode geligi tetap? *JKG UI* 2000; 7(1):621-6.
 29. Kalgotra S, Qadir M, Khajuria A. Root resorption and orthodontics: a panoramic study. *J Adv Med Dent Scie Res* 2016; 4(6):295–8.
 30. Abuabara A. Biomechanical aspects of external root resorption in orthodontic therapy. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12(8):610–3.
 31. Smale I, Årtun J, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005;128(1):57–67.
 32. Zaniboni E, Filho MV, Santamaria MP, Jardini MAN, Martins-Ortiz MF, Consolaro A, et al. Root morphology can be a risk factor for periodontal damage and root resorption in orthodontic movement. *Braz J Oral Sci* 2017;16:1–8.
 33. Zuhri A, Hamudeng AM, Pawinru AS. Kontroversi pencabutan gigi permanen muda pada perawatan ortodonsi. *J Dentotomaxillofacial Sci* 2007;6(2):95.
 34. Natsir N, Puspitasari AW. Orthodontic treatment on nonvital tooth Perawatan ortodontik pada gigi non vital. *Makassar Dent J* 2020; 9(2):124–7.
 35. Topkara A, Karaman AI, Kau CH. Apical root resorption caused by orthodontic forces: A brief review and a long-term observation. *Eur J Dent* 2012;6(4):445–53.
 36. Bohari N, Airin Koah N, Ahmad R. Comparison of external root resorption in orthodontic treatment between self-ligating and conventional bracket systems. *J Dent Indones* 2019;26(3):126–32.
 37. Akl HE, El-Beialy AR, El-Ghafour MA, Abouelezz AM, El Sharaby FA. Root resorption associated with maxillary buccal segment intrusion using variable force magnitudes. *Angle Orthod* 2021;91(6):733–42.
 38. Silva L, Antnio P, Letcia M, Martins S. Root resorption in orthodontics: an evidence-based approach. *Orthod-Basic Asp Clin Considerations* 2013:46-8.
 39. Kanwal S. Evaluation of apical root resorption after intrusion. *Pakistan J Med Heal Sci* 2013;7(2):369–72.
 40. Profit WR, Fields HW, Sarver BD. Contemporary orthodontic 6th Ed. Philadelphia: Elsevier; 2013.p.248-68
 41. Harshita N. Perio-ortho interactions-a review. *J Pharm Sci Res* 2018;10(5):1053-6.
 42. Consolaro A. Extreme root resorption in orthodontic practice: teeth do not have to be replaced with implants. *J Orthod* 2019; 24(5):20–8.
 43. Shahid F, Nowrin SA, Rahman NA, Jaafar S. Validity and reliability of external apical root resorption (EARR) measurements: A 3D cone beam computed tomography (CBCT) study. *Sains Malaysiana* 2020;49(2):343–8.
 44. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2013;83(2):196–203.
 45. Mauès CPR, do Nascimento RR, de Vilella OV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *J Orthod* 2015;20(1):52–8.
 46. Kamran MA, Shahbaz S, Kashif M. Assessment of periapical root resorption after six months of fixed orthodontic treatment. *Ann Abbasi Shaheed Hosp Karachi Med Dent Coll* 2016;21(1).
 47. Meeran N. Iatrogenic possibilities of orthodontic treatment and modalities of prevention. *J Orthod Sci* 2013;2(3):73.
 48. Adistya T, Nugraheni T. Perawatan estetik kompleks empat gigi anterior maksila dengan resorpsi eksternal. *Maj Kedokt Gigi Klin* 2015;1(2):147.
 49. Bansode P V, Pathak SD, Wavdhane MB, Birage PP. Root resorption and it's management: a review article. *IOSR J Dent Med Sci e-ISSN [Internet]*. 2019;18(1):63–9. Available from: www.iosrjournals.org
 50. Heboyan AG, Avetisyan AA. Clinical case of root resorption due to improper orthodontic treatment. *J Res Med Dent Sci* 2019;7(6):8–10.