

Research Article

Resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I

Khairiyah Ulfah1
Ida Ayu Evangelina1*
Endah Mardiaty1
Elih Elih1

*Korespondensi:
evangelinaidaayu@yahoo.com

Submisi: 05 Oktober 2021;
Revisi: 20 Desember 2023 – 20 Februari 2023
Penerimaan: 27 Februari 2023;
Publikasi Online: 28 Februari 2023
DOI: [10.24198/pjdrs.v7i1.36006](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v7i1.36006)

¹Departemen Ortodontik, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran, Indonesia

ABSTRAK

Pendahuluan: Resorpsi akar apikal eksternal merupakan salah satu efek iatrogenik yang tidak diinginkan. Resorpsi ini merupakan kerusakan non infeksius dan asimtomatik dimana terjadi pemendekan apikal akar gigi karena kehilangan permanen sementum dan atau dentin. Etiologi kondisi ini bersifat multifaktorial, merupakan kombinasi dari variabilitas biologi individu dan faktor mekanis perawatan, salah satunya adalah tindakan ekstraksi. Tujuan penelitian menganalisis resorpsi akar apikal eksternal pada gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I. **Metode:** Jenis penelitian deskriptif analitik komparatif. Sampel penelitian adalah radiografi panoramik pasien sebelum dan sesudah perawatan ortodonti sebanyak 52 sampel, dibagi dalam kelompok kasus ekstraksi 20 sampel dan non ekstraksi 32 sampel. Resorpsi akar apikal eksternal diukur dari selisih rasio panjang akar mahkota gigi insisif rahang atas sebelum dan sesudah perawatan ortodonti menggunakan *software ImageJ*. Analisis data diuji dengan *t-test*. **Hasil:** Perubahan rasio panjang akar mahkota gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kelompok ekstraksi maupun non ekstraksi menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p\text{-value} < 0,05$). Perbedaan selisih rasio panjang akar mahkota gigi insisif rahang atas antara kelompok ekstraksi dan non ekstraksi, sebelum dan sesudah perawatan ortodonti menunjukkan hasil yang tidak bermakna ($p\text{-value} > 0,05$). **Simpulan:** Terdapat perbedaan resorpsi akar apikal eksternal pada gigi insisif rahang atas baik pada kasus non ekstraksi maupun ekstraksi. Tidak terdapat perbedaan resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti di antara kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I.

KATA KUNCI: Resorpsi akar, insisif, rahang atas, maloklusi, Angle kelas I

External apical root resorption of maxillary incisors after class I dentoskeletal malocclusion orthodontic treatment in extraction and non-extraction cases

ABSTRAK

Introduction: External apical root resorption (EARR) is one of the undesirable iatrogenic effects of orthodontic treatment. EARR is a non-infectious and asymptomatic damage that cause apical shortening of the root structure due to permanent loss of cementum and / or dentin. The etiology is multifactorial, which is a combination of individual biological variability and mechanical factors of treatment such as extraction. The aim of this study was to evaluate EARR of maxillary incisors after class I dentoskeletal malocclusion orthodontic treatment in extraction and non-extraction cases. **Methods:** This research was using descriptive comparative analytic method. Fifty two panoramic radiograph of patients who have done orthodontic treatment were used in this study. The sample were divided into two groups, twenty for extraction cases and thirty two for non-extraction cases. EARR was measured from the difference in the root-crown ratio of the maxillary incisors before and after orthodontic treatment using *ImageJ* software. Data analysis was tested using *t-test*. **Results:** The change in the root-crown ratio of the maxillary incisors after orthodontic treatment in both non-extraction and extraction groups showed a significant difference ($p\text{-value} < 0.05$). The difference in the root-crown ratio of maxillary incisors after orthodontic treatment in the non-extraction group compared to the extraction group showed no significant difference ($p\text{-value} > 0.05$). **Conclusion:** There was differences between EARR of maxillary incisors in both extraction and non-extraction cases. There was no differences in EARR of maxillary incisors after class I dentoskeletal malocclusion orthodontic treatment between extraction and non-extraction cases..

KATA KUNCI: Root, resorption, maxillary, incisors, malocclusion, angle class I

PENDAHULUAN

Ortodonti adalah cabang ilmu kedokteran gigi yang mempelajari tentang pertumbuhan wajah, perkembangan gigi dan oklusi, diagnosis serta pencegahan dan perawatan anomali oklusal.¹ Oklusi ideal adalah kondisi-gigi berada pada posisi yang optimum secara anatomis dan fungsional baik pada maksila, mandibula maupun antar rahang pada saat oklusi.¹ Tujuan perawatan ortodonti adalah untuk mendapatkan oklusi, fungsi dan estetik yang baik.² Perawatan ortodonti menggerakkan gigi melalui proses inflamasi steril untuk mengatasi masalah fungsi dan estetik, namun di dalam prosesnya, terkadang terjadi efek iatrogenik yang tidak diinginkan.^{3,4}

Efek iatrogenik merupakan suatu keadaan ketidaksengajaan yang menimbulkan kerusakan *reversible* maupun *irreversible* akibat dari suatu perawatan.⁴ Efek iatrogenik pada perawatan ortodonti merupakan efek merusak pada gigi dan jaringan periodontal pada pasien akibat perawatan ortodonti.² Hal ini dapat terjadi akibat faktor biologis pasien, keterampilan klinisi, tingkat kooperatif pasien, piranti ortodonti yang digunakan, prosedur perawatan, serta durasi perawatan.^{4,5} Efek iatrogenik yang mungkin terjadi adalah *white spot lesion*, abrasi dan fraktur enamel, kerusakan periodontal, trauma yang diakibatkan oleh alat ortodonti, *temporomandibular disorder* (TMD), dan *external apical root resorption* (EARR) atau resorpsi akar apikal eksternal.²

Resorpsi akar apikal eksternal adalah pemendekan apikal akar gigi dikarenakan kehilangan permanen struktur akar gigi yaitu sementum dan atau dentin dan dapat dilihat melalui radiografi.⁶ Resorpsi akar yang diakibatkan oleh efek iatrogenik perawatan ortodonti dikenal dengan istilah *orthodontically induced inflammatory root resorption* (OIIRR).⁷ Resorpsi paling rentan terjadi pada gigi insisif rahang atas, insisif rahang bawah dan molar pertama.^{5,6,8,9}

Penelitian menunjukkan lebih dari sepertiga individu yang dirawat dengan ortodonti cekat dapat mengalami kehilangan panjang akar gigi lebih dari 3 mm, sedangkan 2-5% populasi yang dirawat ortodonti cekat mengalami resorpsi akar parah mencapai 5 mm.⁹ Terdapat banyak faktor risiko yang berperan terhadap terjadinya resorpsi akar diantaranya adalah durasi perawatan, gaya ortodonti, kasus ekstraksi, perawatan satu fase jika dibandingkan dengan dua fase, ekspansi maksila, penggunaan elastik, *bracket prescription*, bentuk akar, panjang akar, besarnya pergerakan ujung akar, tipe maloklusi, *overjet* dan *overbite* yang besar.^{5,10}

Perawatan kasus ekstraksi merupakan salah satu risiko resorpsi akar apikal eksternal, namun penelitian mengenai hal ini masih kontroversial.⁵ Penelitian oleh Deng, *et al*,¹ menunjukkan resorpsi akar apikal eksternal kasus ekstraksi lebih besar dibandingkan kasus non-ekstraksi.

Penelitian lain oleh Agarwal, *et al*,² mengemukakan bahwa tidak ada perbedaan resorpsi akar apikal eksternal yang signifikan pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi. Dibutuhkan lebih banyak lagi referensi untuk melihat hal-hal apa saja yang dapat menyebabkan resorpsi akar apikal eksternal dalam perawatan ortodonti, apakah faktor ekstraksi atau non ekstraksi berpengaruh terhadap terjadinya resorpsi akar apikal eksternal atau tidak.

Penelitian dilakukan pada insisif rahang atas karena gigi ini merupakan gigi yang paling sering dan paling mudah mengalami resorpsi akar apikal eksternal. Penelitian dilakukan pada pasien dengan maloklusi Kelas I karena maloklusi ini adalah maloklusi dengan insidensi terbanyak dibandingkan dengan maloklusi Kelas II dan kelas III, oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I.

METHODS

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik komparatif. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *purposive sampling* yaitu penentuan jumlah sampel secara non-probabilitas berdasarkan kriteria dan waktu yang telah ditetapkan peneliti. Penelitian ini menggunakan data radiograf panoramik (Gambar 1) dari populasi pasien yang dirawat oleh mahasiswa PPDGS ortodonti di Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Universitas Padjadjaran (Unpad) dari tahun 2011-2019.

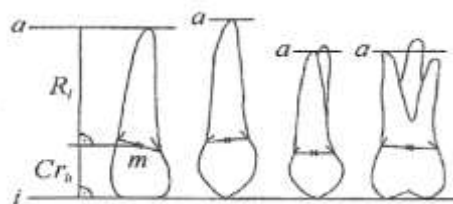
Kriteria inklusi mencakup subjek yang telah selesai dilakukan perawatan ortodonti kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I, gigi insisif rahang atas lengkap, tidak terdapat riwayat trauma, tidak terdapat perawatan endodonti, akar gigi tidak dilaserasi dan tidak ada restorasi atau fraktur setelah perawatan ortodonti.



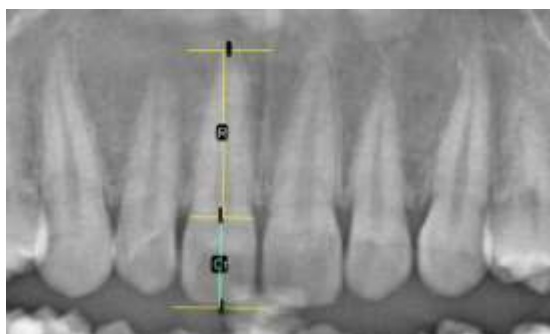
Gambar 1. Gambaran panoramik resorpsi akar apikal eksternal pada gigi insisif rahang atas setelah perawatan ortodonti. (Sumber foto: Dokumentasi pribadi)

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2021 di RSGM Unpad. Peneliti melakukan uji validitas pengukuran sebanyak tiga kali menggunakan tiga sampel dengan jarak pengukuran tiga hari. Pengukuran resorpsi akar apikal eksternal dilakukan pada radiografi panoramik dengan *software ImageJ* menggunakan modifikasi metode Lind dengan membandingkan rasio panjang akar-mahkota relatif sebelum dan sesudah perawatan ortodonti (gambar 2 dan 3).¹³ Penentuan bidang insisal (garis i) merupakan garis yang berjalan memanjang dalam arah mesiodistal sesuai pola insisal gigi. Titik m merupakan titik tengah dari bidang *cemento enamel junction* (CEJ) yang ditarik dari titik bagian mesial ke titik bagian distal CEJ. Bidang apikal (garis a) merupakan referensi di bagian apikal gigi dan memanjang sejajar garis i. Panjang akar (R) diukur dari titik m tegak lurus ke bidang apikal (garis a).

Panjang mahkota (Cr) diukur dari titik m tegak lurus ke bidang insisal (garis i). Pengukuran dilakukan dalam milimeter dan rasio panjang akar-mahkota relatif dihitung dengan cara membagi panjang akar dengan panjang mahkota. Nilai resorpsi akar apikal eksternal relatif didapat dari selisih rasio panjang akar-mahkota sebelum perawatan dengan sesudah perawatan. Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komite Etik Penelitian Universitas Padjajaran dengan nomor surat persetujuan etik yaitu 247/UN6.KEP/EC/2021.



Gambar 2. Metode Pengukuran Rasio Panjang Akar-Mahkota. a = Garis singgung apikal (bidang apikal) ; m = titik tengah CEJ; i = bidang insisal; R_i = panjang akar; Cr_i = panjang mahkota¹³



Gambar 3. Pengukuran panjang akar dan mahkota pada radiograf panoramik (Sumber foto: Dokumentasi pribadi)

HASIL

Hasil data dianalisis menggunakan paired t-test untuk mengevaluasi resorpsi akar apikal eksternal sesudah perawatan baik pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi. Perbedaan resorpsi akar apikal eksternal pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi diuji dengan independent t-test.

Tabel 1. Distribusi sampel resorpsi akar apikal eksternal

Kelompok Penelitian	Jenis Kelamin	Ukuran Sampel
Ekstraksi	Laki-laki	6
	Perempuan	14
Non Ekstraksi	Laki-laki	6
	Perempuan	26
Total		52

Sampel yang digunakan adalah radiografi panoramik sebelum dan sesudah perawatan ortodonti yang memenuhi kriteria inklusi dengan jumlah 52 sampel, terdiri dari 12 orang laki-laki dan 40 orang perempuan. Sampel dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok kasus ekstraksi sebanyak 20 sampel dan non ekstraksi sebanyak 32 sampel (tabel 1).

Tabel 2. Perubahan rasio panjang akar-mahkota gigi insisif rahang atas sebelum dan sesudah perawatan ortodonti pada kelompok non ekstraksi

Gigi	Ukuran Sampel	Rerata	Standar Deviasi	p-value
12	32	0,09	0,07	1,62147E-08*
11	32	0,08	0,07	4,76863E-07*
21	32	0,08	0,07	1,8362E-07*
22	32	0,08	0,08	1,12654E-06*
Total	128	0,08	0,05	1,3228E-11*

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada kelompok non ekstraksi resorpsi akar apikal eksternal paling besar terjadi pada gigi insisif lateral kanan rahang atas dengan rerata selisih rasio panjang akar-mahkota sebesar 0,09. Analisis evaluasi resorpsi akar apikal eksternal sesudah perawatan ortodonti cekat kelompok non ekstraksi dengan *paired t-test* menunjukkan perbedaan yang bermakna pada empat gigi insisif rahang atas ($p\text{-value} < 0,05$).

Tabel 3. Perubahan rasio panjang akar-mahkota gigi insisif rahang atas sebelum dan sesudah perawatan ortodonti pada kelompok ekstraksi

Gigi	Ukuran Sampel	Rerata	Standar Deviasi	p-value
12	20	0,16	0,11	1,49226E-06*
11	20	0,17	0,14	1,96771E-05*
21	20	0,18	0,16	4,31791E-05*
22	20	0,19	0,13	1,33063E-06*
Total	80	0,17	0,11	5,06224E-07*

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada kelompok ekstraksi resorpsi akar apikal eksternal paling besar terjadi pada gigi insisif lateral kiri rahang atas dengan rerata selisih rasio panjang akar-mahkota sebesar 0,19. Analisis perbedaan resorpsi akar apikal eksternal sesudah perawatan ortodonti cekat kelompok ekstraksi dengan *paired t-test* menunjukkan perbedaan yang bermakna pada empat gigi insisif rahang atas ($p\text{-value} < 0,05$).

Tabel 4. Perbedaan rasio panjang akar-mahkota gigi insisif rahang atas sebelum dan sesudah perawatan ortodonti pada kelompok non ekstraksi dan ekstraksi

Statistik	12	11	21	22	Rerata
Non Ekstraksi					
n	32	32	32	32	32
Rerata	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
SD	0,07	0,07	0,07	0,08	0,05
Ekstraksi					
n	20	20	20	20	20
Rerata	0,16	0,17	0,18	0,19	0,17
SD	0,11	0,14	0,16	0,13	0,11
SD gabungan	0,41	0,42	0,40	0,47	0,27
t test	0,59	0,78	0,84	0,76	1,16
p-value	0,2803	0,2207	0,2019	0,2264	0,1266

Keterangan: *p-value < 0,05 bermakna

SD: Standar Deviasi

n: Jumlah sampel

Analisis perbedaan resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti kelompok ekstraksi dan non ekstraksi dengan *t-test* pada tabel 4 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada kedua kelompok ($p\text{-value} > 0,05$).

PEMBAHASAN

Resorpsi akar apikal eksternal seringkali dihubungkan dengan perawatan ortodonti.³ Penyebabnya bersifat multifaktorial, diantaranya adalah lamanya perawatan, besar gaya ortodonti perawatan ekstraksi, perawatan *two-phase vs one-phase*, ekspansi maksila, penggunaan elastik dan preskripsi breket.¹⁴ Overjet besar juga sering berhubungan dengan kondisi resorpsi akar apikal eksternal karena maloklusi ini biasanya membutuhkan pergerakan insisif rahang atas yang besar selama perawatan disertai dengan gerakan tork. Terdapat banyak penelitian yang menghubungkan berbagai variabel ini dengan kondisi resorpsi akar apikal eksternal, tapi ditemukan hanya ada sedikit kesepakatan di antara peneliti mengenai pengaruh faktor ini. Perbedaan metodologi dan ukuran sampel mungkin berpengaruh terhadap perbedaan ini.^{3,15,16}

Penelitian ini memberikan gambaran mengenai resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas yang terjadi pada perawatan ortodonti cekat maloklusi dentoskeletal kelas I pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi. Pengukuran dilakukan pada gigi insisif rahang atas. Gigi insisif rahang atas merupakan gigi yang paling rentan mengalami resorpsi jika dibandingkan dengan gigi lainnya.^{17,18} Hasil penelitian ini menunjukkan gigi insisif lateral rahang atas merupakan gigi yang mengalami resorpsi akar apikal eksternal yang paling besar baik pada kelompok ekstraksi maupun non ekstraksi. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan gigi yang mengalami resorpsi akar apikal eksternal paling besar adalah insisif lateral rahang atas, diikuti insisif sentral rahang atas, kaninus rahang atas, kaninus rahang bawah, insisif sentral rahang bawah, dan insisif lateral rahang bawah.^{17,19}

Pengukuran resorpsi akar apikal eksternal menggunakan radiografi panoramik mengingat bahwa setiap ortodontis melakukan radiografi panoramik dan sefalometri sebelum dan sesudah perawatan ortodonti, sehingga tidak diperlukan radiografi tambahan yang dapat menambah paparan radiasi. Radiografi panoramik memiliki tingkat keakuratan yang sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan radiografi periapikal dikarenakan faktor perbesarannya, namun tingkat ketidaktekuran hanya berkisar 0,2 mm.^{20,18} Radiografi panoramik merupakan salah satu pilihan metode yang dapat mengevaluasi resorpsi akar apikal eksternal dalam perawatan ortodonti.²¹

Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya resorpsi akar apikal eksternal yang bermakna sesudah perawatan ortodonti pada kelompok kasus non ekstraksi. Hasil ini sesuai dengan penelitian Scheibel et al. yang meneliti resorpsi akar setelah 6 dan 12 bulan perawatan ortodonti kasus non ekstraksi. Besar resorpsi yang ditemukan pada 6 bulan pertama setelah perawatan ortodonti dapat menjadi indikasi terjadinya resorpsi akar apikal eksternal ke depannya. Apabila terdapat resorpsi akar apikal eksternal yang ringan hingga sedang setelah 6 bulan, perawatan sebaiknya dihentikan selama dua sampai tiga bulan dengan kawat pasif.²² Literatur menunjukkan periode pasif dalam perawatan ortodonti dapat mengurangi keparahan kondisi ini.⁵

Hasil penelitian pada kelompok kasus ekstraksi menunjukkan resorpsi akar apikal eksternal yang bermakna sesudah perawatan ortodonti. Hasil ini sesuai dengan penelitian Simplisio, et al.²³ yang meneliti besarnya resorpsi akar pada empat gigi insisif yang dilakukan retraksi setelah pencabutan premolar satu rahang atas.²³ Penelitian lain juga menunjukkan resorpsi akar apikal eksternal yang bermakna sejalan dengan bertambahnya durasi perawatan dan ekstraksi premolar.^{5,24,25}

Pengaruh perawatan dengan ekstraksi maupun non ekstraksi masih menjadi perdebatan. Penelitian lain menunjukkan hasil yang bertentangan, dimana tidak terdapat resorpsi akar apikal eksternal yang bermakna pada kasus ekstraksi.¹⁴ Perbedaan ini disebabkan oleh mekanoterapi penutupan ruang, pola ekstraksi gigi, serta besar gaya yang diaplikasikan. Perawatan dengan ekstraksi biasanya membutuhkan pergerakan gigi lebih besar yang merupakan salah satu faktor risiko resorpsi akar apikal eksternal, namun pada kasus *crowding* yang parah tidak dibutuhkan retraksi gigi anterior yang besar. Hal ini yang mungkin menjadi faktor penyebab berbedanya hasil yang didapat pada kasus ekstraksi.⁵

Hasil penelitian tidak menunjukkan perbedaan resorpsi akar apikal eksternal pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan tidak adanya hubungan yang bermakna antara kedua kasus tersebut.^{12,26,14,27} Penelitian lain menunjukkan hasil yang bertentangan dimana terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok ekstraksi dan non ekstraksi.^{24,19} Nanekrungsan, et al.¹⁹ menemukan bahwa pasien dengan ekstraksi gigi premolar rahang atas mengalami resorpsi akar apikal eksternal yang lebih besar daripada pasien non ekstraksi.

Penelitian mengenai perawatan dengan ekstraksi dan non ekstraksi menyebabkan resorpsi akar apikal eksternal masih menjadi perdebatan. Literatur menunjukkan bahwa pergerakan gigi ortodonti menyebabkan terjadinya resorpsi akar apikal eksternal.³ *Overjet* yang besar menyebabkan kebutuhan untuk retraksi gigi insisif yang lebih besar, karenanya kemungkinan untuk terjadinya resorpsi akar apikal eksternal juga menjadi lebih besar.¹⁴ Tindakan ekstraksi premolar rahang atas dapat menyebabkan resorpsi yang lebih besar pada gigi insisif rahang atas karena besarnya pergerakan gigi yang dibutuhkan untuk menutup ruang ekstraksi.¹⁴

SIMPULAN

Terdapat resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti baik pada kasus ekstraksi maupun non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I. Tidak terdapat perbedaan pada resorpsi akar apikal eksternal gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus ekstraksi dan non ekstraksi maloklusi dentoskeletal kelas I.

Kontribusi Penulis: Kontribusi peneliti "Konseptualisasi, UK dan EIA.; metodologi, EIA dan ME; perangkat lunak, UK; validasi, EIA, ME. and E; analisis formal, EIA, ME; investigasi, ME; sumber daya, UK; kurasi data, UK; penulisan—penyusunan draft awal, EIA; penulisan-tinjauan dan penyuntingan, EIA; visualisasi, EIA; supervisi, MA; administrasi proyek, UK; perolehan pendanaan, UK. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: Penelitian ini dibiayai secara mandiri oleh penulis

Persetujuan Etik: Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan deklarasi Helsinki, dan telah disetujui oleh atau Komite Etik Penelitian Universitas Padjadjaran dengan nomor surat persetujuan etik yaitu 247/UN6.KEP/EC/2021.

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan seijin semua peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Littlewood SJ, Mitchell L. The Rational for Orthodontic Treatment. In: An Introduction to Orthodontics. 5th ed. United Kingdom: Oxford University Press; 2019. p. 2–9.
2. Tareq A and Sami T. Iatrogenic Effects of Orthodontic Treatment: Decision-Making in Diagnosis, Treatment and Modalities of Prevention. EC Dent Sci. 2018; 17(4): 326–35.
3. Fernandes et al. Predisposing factors for external apical root resorption associated with orthodontic treatment. Korean J Orthod. 2019; 49: 310–318. DOI: [10.4041/kjod.2019.49.5.310](https://doi.org/10.4041/kjod.2019.49.5.310)
4. Barreto GM, Feitosa HO. Iatrogenics in Orthodontics and its challenges. Dental Press J Orthod. 2016; 21(5): 114–25. DOI: [10.1590/2177-6709.21.5.114-125.sar](https://doi.org/10.1590/2177-6709.21.5.114-125.sar)
5. Fernandes LQP, Figueiredo NC, Antonucci CCM, Lages EMB, Andrade Jr I, Capelli Jr J. Predisposing factors for external apical root resorption associated with orthodontic treatment. Korean J Orthod. 2019; 49(5): 310–8.
6. Nieto-nieto N, Solano JE, Yanez-Vico R. External apical root resorption concurrent with orthodontic forces: the genetic influence. Acta Odontol Scand. 2017; 75(4): 280–7. DOI: [10.1080/00016357.2017.1294260](https://doi.org/10.1080/00016357.2017.1294260)
7. Baeshen HA. Evaluation of orthodontically induced root resorption using cone-beam computed tomography and micro computed tomography. Journal of King Saud University. 2021;33:1–4. DOI: [10.1016/j.jksus.2021.101517](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101517)
8. Aminoshariae A, Aminoshariae A, Valiathan M, Kulild JC. Association of genetic polymorphism and external apical root resorption. Angle Orthod . 2016;

- 86(6): 1042-1049. DOI: [10.2319/011916-50.1](https://doi.org/10.2319/011916-50.1)
9. Iglesias-Linares A, Sonnenberg B, Solano B, Yanez-Vico R-M, Solano E, Lindauer SJ, et al. Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *Angle Orthod*. 2017; 87(1): 3–10. DOI: [10.2319/02016-101.1](https://doi.org/10.2319/02016-101.1)
 10. Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, Kawata T, Matsuda Y, Terao A, et al. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. 2012; 34(August 2011): 350–6. DOI: [10.1093/ejo/cjr018](https://doi.org/10.1093/ejo/cjr018)
 11. Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2018; 18(116): 1–14. DOI: [10.1186/s12903-018-0579-2](https://doi.org/10.1186/s12903-018-0579-2)
 12. Agarwal A, Sharma VP, Singh GK, Tikku T, Agarwal N, Mengi A. The effect of central incisor 's root proximity to the cortical plate and apical root resorption in extraction and non-extraction treatment. *J Orthod Sci*. 2014; 3(2): 46–54. DOI: [10.4103/2278-0203.132917](https://doi.org/10.4103/2278-0203.132917)
 13. Gupta DK, Aggarwal K. Root-crown ratio: a new method for measurement of orthodontic external apical root resorption. *Orthodontic waves*. 2020; 79(1): 23-9. DOI: [10.1080/13440241.2020.1712823](https://doi.org/10.1080/13440241.2020.1712823)
 14. Feio Barroso MC, Devita RL, Pereira Lages EJ, Costa F de O, Drummond AF, Pretti H, et al. Risk variables of external apical root resorption during orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod*. 2012; 17(2): 1–7. DOI: [10.1590/S2176-94512012000200008](https://doi.org/10.1590/S2176-94512012000200008)
 15. Krishnan V. Root resorption with orthodontic mechanics: pertinent areas revisited. Literature review. *Australian Dental Journal* 2017; 62(S1): 71-77. DOI: [10.1111/adj.12483](https://doi.org/10.1111/adj.12483)
 16. Alshahrani A. Root resorption after orthodontic treatment: A literature review. *KKU Journal of Health Science*. 2019; 4(1): 1 DOI: [10.4103/1658-743X.292029](https://doi.org/10.4103/1658-743X.292029)
 17. Sigala-Hernandez A et al. Root resorption: etiology, diagnosis and treatment. *International Journal of Applied Dental Sciences*. 2019; 5(3): 181-184.
 18. Srivastava et al. Risk factors and contemporary treatment of orthodontically induced apical root resorption : a review. *J Dent Health Oral Disord Ther*. 2016; 4(5): 137-142. DOI: [10.15406/jdhodt.2016.04.00126](https://doi.org/10.15406/jdhodt.2016.04.00126)
 19. Nanekrungsan K, Patanaporn V, Janhom A, Korwanich N. External apical root resorption in maxillary incisors in orthodontic patients : associated factors and radiographic evaluation. *imaging Sci Dent*. 2012;42:147–54. DOI: [10.5624/isd.2012.42.3.147](https://doi.org/10.5624/isd.2012.42.3.147)
 20. Ahuja PD et al. Assesment of root resorption and root shape by periapical and panoramic radiographs: A comparative study. *J Contemp Dent Prac*. 2017; 18(6): 479-483. DOI: [10.5005/jp-journals-10024-2069](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2069)
 21. Li Y et al. Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Progress in Orthodontics*. 2020; 21(1): 1-8. DOI: [10.1186/s40510-019-0301-1](https://doi.org/10.1186/s40510-019-0301-1)
 22. Scheibel, PC, Micheletti KR, Ramos AL. External Apical Root Resorption after Six and 12 months of Non-Extraction Orthodontic Treatment. *Dentistry*. 2011;01(01):1–5. DOI: [10.4172/2161-1122.1000102](https://doi.org/10.4172/2161-1122.1000102)
 23. Simplisio H, da Silva JSP, Caldas SR, Santos-pinto A. External apical root resorption in retracted incisors. *Orthod Art Pract Dentofac Enhanc*. 2012;13(January):86–93.
 24. Nassif et al. Comparative study of root resorption of maxillary incisors in patients treated with lingual and buccal orthodontics. *Angle Orthodontist*. 2017; 87(6): 795-800. DOI: [10.2319/041117-247.1](https://doi.org/10.2319/041117-247.1)
 25. Ahmad H, Nasir U, Zeb M, Ali A, Qureshi A, Naeem S. A Prospective study of the various categories of crown to root ratio of premolars by using cone beam computed tomographic images in Peshawar population. *PJMHS*. 2022; 16(9): 129–31. DOI: [10.53350/pjmhs22169129](https://doi.org/10.53350/pjmhs22169129)
 26. Pastro JDV, et al.. Factors associated to apical root resorption after orthodontic treatment. *The Open Dentistry Journal* 2018; 12: 331–9. DOI: [10.2174/1874210601812010331](https://doi.org/10.2174/1874210601812010331)
 27. Chávez MGH, Flores AM, Ocampo AM. Apical root resorption incidence in finished cases of the Orthodontics Department of the Postgraduate Studies and Research Division of the Faculty of Dentistry, UNAM, during the 2010-2012 period. *Rev Mex Ortod*. 2015; 3(3): 175–84. DOI: [10.1016/j.rmo.2016.03.048](https://doi.org/10.1016/j.rmo.2016.03.048)