

Evaluasi hubungan perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior

Riri Febrina¹ Ida Ayu Evangelina^{1*}, Avi Laviana¹, Endah Mardiaty¹

¹Departemen Ortodonti, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran, Indonesia

*Korespondensi: ida.evangelina@fkg.unpad.ac.id

Submisi: 27 September 2021; Penerimaan: 30 Desember 2022; Publikasi online: 30 Desember 2022

DOI: [10.24198/jkg.v34i3.43882](https://doi.org/10.24198/jkg.v34i3.43882)

ABSTRAK

Pendahuluan: Perawatan ortodonti cekat dengan retraksi gigi anterior rahang atas dapat menyebabkan penurunan tinggi puncak tulang alveolar, karena setiap pergerakan gigi menimbulkan proses resorpsi dan aposisi tulang, bila proses resorpsi lebih besar maka dapat terjadi penurunan puncak tulang alveolar. Besarnya retraksi empat gigi insisif rahang atas dapat dinilai dengan mengukur sudut I-NA. Kaitan antara besarnya retraksi dengan perubahan tinggi puncak tulang alveolar perlu dievaluasi. Tujuan penelitian menganalisis hubungan antara perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior. **Metode:** Jenis penelitian analitik komparatif. Sampel pada penelitian ini berjumlah 38 sampel dari pasien dengan maloklusi Kelas I dan II. Pengukuran tinggi puncak tulang alveolar dilakukan pada gambaran radiografi panoramik digital dengan menggunakan *software Image J* dan *plugin* dari Preus. Perubahan sudut I-NA didapatkan dari analisis sefalometri metode Steiner pada rekam medik. Analisis data menggunakan uji *t-test* berpasangan. **Hasil:** Hasil analisis *t-test* berpasangan memperlihatkan bahwa tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior mengalami perubahan signifikan ($p < 0,05$) berupa penurunan dengan rerata rasio 0,024, dibandingkan dengan tinggi tulang alveolar sebelum perawatan. Hasil analisis korelasi Pearson memperlihatkan bahwa hubungan antara perubahan sudut I-NA dan penurunan puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas tidak signifikan ($p > 0,05$). **Simpulan:** Tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas mengalami penurunan yang signifikan sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior. Perubahan sudut I-NA tidak berhubungan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas.

Kata kunci: alveolar; insisif; *software*; retraksi; ortodonti; panoramik

Evaluation of the relationship between I-NA angle changes and the height of alveolar bone crest of the four upper incisors after orthodontic treatment in four anterior teeth retraction cases

ABSTRACT

Introduction: Orthodontic treatment with anterior maxillary teeth retraction can cause a decrease in the height of the alveolar bone crest. Bone resorption and apposition caused by tooth movement; if the resorption process is more significant than apposition, there can be a decrease in the height of the alveolar bone crest. The magnitude of the retraction of the four maxillary incisors can be assessed by measuring the I-NA angle. The relationship between the magnitude of retraction and the alveolar crest height changes needs to be evaluated. **Methods:** This research was a comparative analysis to study the relationship between the changes in I-NA angle and the height of the alveolar bone crest of the four maxillary incisors after orthodontic treatment with four anterior teeth retraction. The 38 samples were obtained from patients with Class I and II malocclusion. The height of the alveolar bone was measured on a digital panoramic radiograph using *Image J* software and a *plugin* from Preus. The changes in the I-NA angle were measured with the Steiner cephalometric analysis. **Results:** Paired *t-test* analysis showed that the height of the alveolar bone crest of the four maxillary incisors after orthodontic treatment with four maxillary incisors retraction experienced a significant change ($p < 0.05$) in the form of a decrease with a mean ratio of 0.024, compared to the alveolar bone height before treatment. Pearson correlation analysis showed that the relationship between changes in the I-NA angle and the decrease in the alveolar crest of the four maxillary incisors was insignificant ($p > 0.05$). **Conclusion:** The height of the alveolar bone crest of the four maxillary incisors decreased significantly after orthodontic treatment in the retraction of the four anterior teeth. Changes in the I-NA angle were not related to the height of the alveolar crest of the four maxillary incisors.

Keywords: alveolar; incisor; *software*; retraction; orthodontic; panoramic

PENDAHULUAN

Perawatan ortodonti cekat dapat digunakan untuk penanganan berbagai tipe maloklusi baik dental maupun skeletal ringan dan sedang.^{1,2,3} Alat ortodonti cekat diindikasikan pada kasus yang membutuhkan pergerakan gigi secara presisi karena dapat dilekatkan pada mahkota gigi untuk menggerakkan gigi dalam arah tiga dimensi.^{1,4} Pergerakan yang dapat terjadi dengan alat ortodonti cekat adalah gerakan *tipping*, *bodily*, *uprighting*, rotasi, ekstrusi dan intrusi.³

Pergerakan gigi terjadi ketika terbentuk daerah regangan pada ligamen periodontal yang mengakibatkan aposisi oleh osteoblas dan daerah tekanan yang akan mengalami resorpsi tulang alveolar oleh osteoklas.^{5,6,7} Proses aposisi dan resorpsi yang tidak seimbang dapat mengakibatkan penurunan tinggi puncak tulang alveolar.⁵ Gaya optimal untuk pergerakan gigi harus dapat menstimulasi aktivitas selular tanpa menghambat pembuluh darah pada ligamen periodontal.⁵ Efek yang tidak diinginkan pada jaringan periodontal, seperti resesi gingiva, penurunan puncak tulang alveolar, *dehiscence*, dan fenestrasi dapat terjadi jika gaya ortodonti diberikan terlalu besar.^{8,9} Perawatan ortodonti dikatakan berhasil apabila dapat mengatasi keluhan pasien, mengeliminasi kelainan baik yang bersifat dental maupun skeletal, menghasilkan kestabilan sistem stomatognati pada akhir perawatan, dengan efek samping yang seminimal mungkin.

Efek samping berupa pengurangan tinggi puncak tulang alveolar dapat terjadi sesudah perawatan ortodonti dan dapat dihubungkan dengan retraksi gigi anterior pada pasien dengan kasus pencabutan.^{10,11,12} Tulang yang sehat dapat bertahan dan beradaptasi terhadap gaya ringan namun tidak dapat menahan gaya besar yang patologis.¹³ Penurunan tinggi puncak tulang alveolar sering ditemukan pada kasus retraksi serta dipengaruhi oleh besarnya retraksi gigi anterior, bila gaya yang diaplikasikan melebihi gaya optimal maka dapat terjadi penurunan tinggi tulang alveolar yang besar.^{11,14}

Inklinasi insisif sentral rahang sebelum dan sesudah perawatan yang dihitung dari gambaran radiografi sefalometri dapat memberikan gambaran pergerakan gigi sesudah retraksi.^{15,16,17} Metode

Steiner pada pengukuran gambaran radiografi sefalometri dapat digunakan untuk melihat inklinasi insisif sentral rahang atas. Hal ini dilakukan dengan pengukuran sudut perpotongan sumbu panjang gigi insisif sentral rahang atas dan garis yang menghubungkan titik N dan A.¹⁶

Gambaran radiografi panoramik dan sefalometri merupakan gambaran radiografi yang selalu digunakan untuk menegakkan diagnosis dan rencana perawatan ortodonti, dalam penelitian ini tidak dilakukan pengambilan foto periapikal agar pasien tidak mendapat paparan radiasi lagi, karena gambaran radiografi panoramik dapat digunakan untuk melihat keadaan jaringan periodontal secara umum dan mengukur tinggi puncak tulang alveolar.^{17,18,19} *Software Image J* dengan bantuan suatu *plugin* yang dikembangkan oleh Preus dkk²⁰, dapat digunakan untuk mengukur tinggi puncak tulang alveolar pada gambaran radiografi digital.²¹ Perubahan sudut I-NA yang menunjukkan perubahan inklinasi insisif rahang atas dilihat dari gambaran sefalometri sebelum dan sesudah perawatan.

Penelitian tentang seberapa besar efek samping berupa penurunan puncak tulang alveolar sebagai akibat dari retraksi gigi insisif rahang atas masih harus diteliti dengan lebih luas agar praktisi dapat melakukan rencana perawatan dengan lebih hati-hati sehingga efek samping yang ditimbulkan dapat seminimal mungkin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur seberapa jauh hubungan dari penarikan gigi insisif rahang atas yang digambarkan sebagai perubahan sudut I-NA sebelum dan sesudah perawatan, terhadap penurunan puncak tulang alveolar, yang dievaluasi melalui radiografi panoramik (untuk puncak tulang alveolar) dan radiografi sefalometri (untuk melihat sudut I-NA). Tujuan penelitian menganalisis hubungan antara perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian analitik komparatif yang melihat hubungan antara perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti.

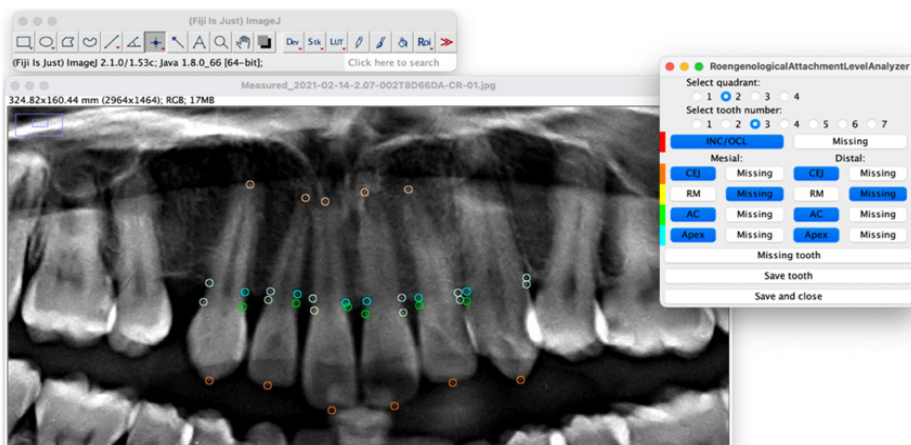
Penelitian dilakukan pada bulan April 2021 dengan 38 sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi. Populasi pada penelitian ini adalah data sekunder berupa foto panoramik dan hasil perhitungan analisis sefalometri metode *Steiner* sebelum dan sesudah perawatan pasien yang dirawat dengan alat ortodonti cekat dengan pencabutan rahang atas pada maloklusi Kelas I dan II, yang telah selesai dirawat di klinik PPDGS Ortodonti RSGM UNPAD di antara tahun 2011-2019 dengan kriteria inklusi sebagai berikut: pasien usia 17 tahun ke atas, kualitas radiograf panoramik dalam keadaan baik, tidak memiliki riwayat penyakit periodontal berdasarkan data di rekam medis pasien, tidak memiliki kebiasaan merokok berdasarkan data di rekam medis pasien, puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas terlihat jelas pada radiografi panoramik, tidak menderita penyakit sistemik berdasarkan data di rekam medik pasien, dan sudut I-NA lebih besar dari 0°.

Pengukuran I-NA sebelum dan sesudah perawatan diambil dari data sekunder hasil penghitungan sefalometri yang sudah tersedia. Pengukuran tinggi puncak tulang alveolar dilakukan pada gambaran radiografi panoramik digital sebelum dan sesudah perawatan dengan *software Image J* dan *Roentgenological Attachment Level Analyzer plugin* Versi terbaru dari *software* mage digunakan pada penelitian ferreira, et al.²² yaitu *Image J. Plugin* yang dikembangkan oleh Preus digunakan untuk mengukur tinggi puncak tulang alveolar yaitu *Image J* plugin.²³ Hasil perhitungan tinggi tulang alveolar akan tersimpan secara

otomatis sesudah penentuan titik acuan seperti tepi insisal atau puncak bonjol (INC/OCL), CEJ, puncak tulang alveolar (AC), tepi tambalan (RM), dan ujung akar (APEX) telah selesai dilakukan Gambar 1 Hasil pengukuran tinggi puncak tulang alveolar dimasukkan ke tabel penelitian. Tinggi puncak tulang alveolar merupakan rasio pengukuran jarak antara puncak tulang alveolar ke tepi insisal dibandingkan dengan jarak antara CEJ ke tepi insisal yang dikonversikan menjadi panjang akar sesuai rumus Lavstedt: dimana tinggi puncak tulang alveolar adalah hasil pembagian jarak puncak tulang alveolar ke tepi insisal dibagi jarak CEJ ke tepi insisal.²⁴ Uji validitas dan reliabilitas dilakukan terlebih dahulu sebelum penelitian untuk menentukan konsistensi pengukuran.

Pengukuran dilakukan pada tiga sampel berbeda yang diambil secara acak pada tiga hari yang berbeda dengan jarak antar pengukuran sebanyak tiga hari. Hasil uji validitas dan reliabilitas menunjukkan perbandingan pengukuran sampel pada hari ke 1 dan ke 2, hari ke 1 dan ke 3, serta hari ke 2 dan 3 sebelum perawatan ($p=0,40$; $0,36$, $0,46$) dan sesudah perawatan ($p=0,49$; $0,45$; $0,44$) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Data yang diperoleh dianalisis dengan uji analisis statistik *t-test* dependen untuk mengukur perubahan tinggi puncak tulang alveolar sebelum dan sesudah perawatan. Uji korelasi *Pearson* untuk mengevaluasi hubungan antara perubahan tinggi puncak tulang alveolar dan perubahan sudut I-NA. Data diuji dengan program SPSS. Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komite Etik Penelitian Universitas Padjadjaran dengan nomor surat persetujuan etik yaitu 234/UN6.KEP/EC



Gambar 1. Tampilan software image J dengan radiografi panoramik dan roentgenological attachment level analyzer plugin

/2021.

HASIL

Penelitian ini merupakan penelitian analitik komparatif untuk mengevaluasi hubungan perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior. Penelitian dilakukan pada bulan April 2021 dengan 38 sampel yang memenuhi kriteria

berupa rekam medis.

Hasil analisis statistik tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sebelum dan sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior dapat dilihat pada Tabel 2. Gambar 1 memperlihatkan perubahan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti dengan retraksi empat gigi anterior. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terjadi perubahan tinggi puncak tulang alveolar

Tabel 1. Distribusi sampel

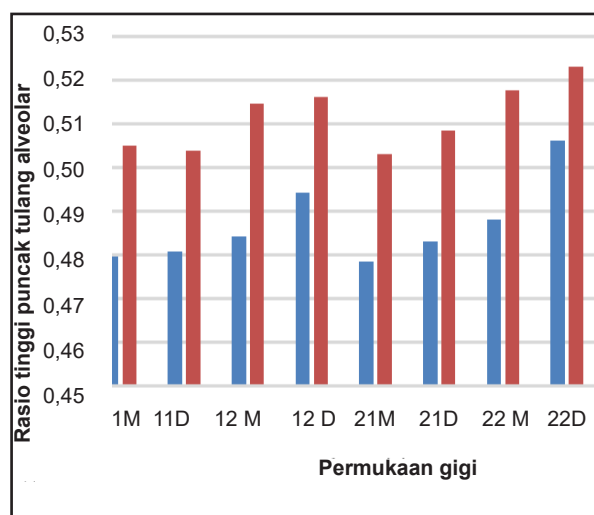
Distribusi sampel	Jumlah sampel
Maloklusi	
Kelas I	17
Kelas II	21
Jenis kelamin	
Perempuan	34
Laki-laki	4
Perubahan I-NA	
1° - 10°	17
11° - 20°	20
>21°	1

inklusi. Sebaran distribusi sampel pada tabel 1.

Permukaan proksimal empat gigi insisif rahang atas yang dihitung adalah mesial dan distal gigi 12, 11, 21, 22. Perhitungan puncak tulang alveolar dilakukan pada 268 permukaan proksimal dengan 36 permukaan tidak dihitung karena puncak tulang alveolar dan CEJ tidak dapat diidentifikasi. Tinggi puncak tulang alveolar merupakan rasio pengukuran jarak antara puncak tulang alveolar ke tepi insisal dibandingkan dengan jarak antara CEJ ke tepi insisal pada gambaran radiografi panoramik menggunakan *software Image J* dengan *plugin* Preus. Sudut I-NA didapatkan dari data sekunder

Tabel 2. Rasio rerata perubahan tinggi puncak tulang alveolar sebelum dan sesudah perawatan

Puncak tulang alveolar	Ukuran sampel	Rerata	Standar deviasi	Nilai-p (two-tailed)
11 Mesial	36	0,025	0,026	6,4E-07
11 Distal	35	0,021	0,030	1,2E-04
12 Mesial	32	0,031	0,030	8,1E-07
12 Distal	32	0,024	0,047	3,8E-03
21 Mesial	36	0,025	0,026	1,3E-06
21 Distal	34	0,025	0,024	4,5E-07
22 Mesial	30	0,027	0,024	6,4E-07
22 Distal	33	0,017	0,042	1,3E-02

**Gambar 1. Grafik perubahan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti dengan retraksi empat gigi anterior****Tabel 3. Uji Korelasi Pearson perubahan sudut I-NA terhadap tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan**

Variabel	Ukuran Sampel	Koefisien Korelasi	Nilai-p
Sudut I-NA terhadap permukaan 11 mesial	36	0,11	0,27
Sudut I-NA terhadap permukaan 11 distal	35	0,12	0,26
Sudut I-NA terhadap permukaan 12 mesial	32	-0,10	0,29
Sudut I-NA terhadap permukaan 12 distal	32	0,28	0,06
Sudut I-NA terhadap permukaan 21 mesial	36	1,42	0,08
Sudut I-NA terhadap permukaan 21 distal	34	0,61	0,27
Sudut I-NA terhadap permukaan 22 mesial	30	-0,46	0,32
Sudut I-NA terhadap permukaan 22 distal	33	-0,74	0,23

yang signifikan pada 10 variabel tersebut (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi hubungan perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior. Pengukuran tinggi puncak tulang alveolar dilakukan pada gambaran radiografi panoramik dengan *software Image J* dan *plugin* dari Preus. Gambaran radiografi panoramik merupakan alat diagnosis penunjang yang sering digunakan pada perawatan ortodonti dan dapat digunakan untuk mengukur tinggi puncak tulang alveolar.²³ Pengukuran tinggi puncak tulang alveolar dengan *software Image J* dan *plugin* dari Preus dapat memberikan kemudahan dalam melakukan pengukuran dan hasil lebih akurat.²¹

Hasil perbandingan tinggi puncak tulang alveolar sebelum dan sesudah perawatan menunjukkan terdapat perubahan yang signifikan pada seluruh permukaan mesial dan distal gigi 12, 11, 21, dan 22. Jarak antara tepi insisal gigi ke puncak tulang alveolar sesudah perawatan lebih besar dibandingkan dengan sebelum perawatan. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan tinggi puncak tulang alveolar sesudah perawatan ortodonti. Hasil analisis korelasi Pearson antara perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas pada 10 variabel dengan nilai $p > 0,05$ menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara kedua faktor tersebut.

Faktor yang dapat menyebabkan penurunan tinggi puncak tulang alveolar pada penelitian ini adalah retraksi yang dilakukan pada gigi anterior rahang atas, seperti yang termasuk dalam sampel penelitian ini. Tulang alveolar pada gigi anterior rahang atas terdiri dari lempeng kortikal palatal dan bukal serta tulang *cancelous*. Puncak tulang alveolar anterior rahang atas memiliki anatomi yang tipis seperti ujung pisau serta kuantitas tulang alveolar yang lebih rendah dengan densitas yang lebih tinggi.¹⁴ Penurunan tinggi tulang alveolar dapat terjadi pada kasus perawatan ortodonti dengan retraksi karena gaya terkonsentrasi pada daerah servikal.²⁵ Penelitian yang dilakukan oleh Nauli J dkk¹², menunjukkan juga adanya penurunan tinggi puncak tulang alveolar pada pasien yang dirawat kurang dari dua tahun dan lebih dari dua tahun, namun pada penelitian tersebut tidak dibandingkan

besar penurunan tinggi tulang alveolar terhadap perubahan sudut I-NA.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lund *et al*¹¹, Miyama *et al*¹¹, dan Janson *et al*²⁶. Penelitian Janson *et al*²⁶, menunjukkan adanya penurunan tinggi tulang alveolar pada gigi insisif sentral maksila pada kedua sisi kiri dan kanan, dan tidak ada perbedaan baik pada sampel remaja maupun orang dewasa pada kasus ekstraksi. Hal tersebut sejalan dengan penelitian ini yang memperlihatkan terjadi penurunan tinggi puncak tulang alveolar dengan rerata rasio sebesar 0,024 sesudah perawatan ortodonti dengan retraksi empat gigi anterior pada seluruh permukaan mesial dan distal gigi 12, 11, 21, dan 22. Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian Lund *et al*¹¹, yang menyatakan bahwa terjadi penurunan puncak tulang alveolar pada bagian distal gigi insisif satu rahang atas sebesar 0,2 mm pada pasien yang telah mendapatkan perawatan ortodonti dengan retraksi anterior.¹⁰ Miyama *et al*¹¹, menemukan bahwa penurunan puncak tulang alveolar terjadi pada *median line* sebesar $3,80 \pm 2,05$ mm pada pasien yang telah mendapatkan perawatan ortodonti.¹¹

Penurunan tinggi puncak tulang alveolar terbesar terjadi pada permukaan mesial gigi 12 yaitu dengan rerata rasio 0,31. Hal ini dikaitkan dengan anatomi gigi insisif lateral yang lebih kecil dibandingkan gigi insisif sentral. Tekanan yang diterima oleh gigi tersebut juga lebih besar karena semakin kecil luas permukaan daerah yang diberikan gaya, maka akan makin besar gaya yang diterimanya.⁵

Sudut I-NA menggambarkan posisi relatif dan inklinasi gigi insisif sentral rahang atas terhadap garis NA namun untuk menentukan posisi gigi insisif sentral rahang atas dalam arah anteroposterior dibutuhkan pengukuran jarak I-NA dalam mm.¹⁵ Perubahan sudut I-NA pada 38 sampel penelitian ini berkisar antara 1° hingga 23° dengan rata-rata 11,2°. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan sudut I-NA tidak berhubungan dengan tinggi puncak tulang alveolar pada empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa besarnya retraksi empat gigi anterior rahang atas dengan gaya optimal tidak berhubungan dengan penurunan tinggi puncak tulang alveolar setelah perawatan

ortodonti. Faktor yang dapat memengaruhi terjadinya penurunan tinggi puncak tulang alveolar adalah kebiasaan merokok, riwayat penyakit periodontal, dan kebersihan rongga mulut. Pasien dengan kebiasaan merokok dan riwayat penyakit periodontal dieksklusikan dari sampel sehingga faktor tersebut tidak memengaruhi hasil penelitian ini. Kriteria inklusi untuk kebersihan mulut pasien berdasarkan rekam medis adalah baik, namun kebersihan mulut pasien selama perawatan tidak diketahui. Hal ini dapat memengaruhi terjadinya penurunan tinggi puncak tulang alveolar.^{27,28}

Keterbatasan penelitian ini adalah adanya kesulitan untuk menentukan titik puncak tulang alveolar di daerah anterior dan kemungkinan adanya distorsi dan magnifikasi pada gambaran radiograf panoramik. Hasil pengukuran yang lebih akurat dari penurunan puncak tulang alveolar dapat dilakukan dengan menggunakan foto *Cone Beam Computed Tomography* namun membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal.

SIMPULAN

Terdapat perubahan yang signifikan berupa penurunan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior serta tidak terdapat hubungan antara perubahan sudut I-NA dengan tinggi puncak tulang alveolar empat gigi insisif rahang atas sesudah perawatan ortodonti pada kasus retraksi empat gigi anterior

DAFTAR PUSTAKA

1. Cobourne MT, DiBiase AT. Handbook of Orthodontics. 2nd ed. Elsevier Health Sciences; 2015. p. 319-25, 416.
2. Javali MA. Relationship between malocclusion and periodontal disease in patients seeking orthodontic treatment in Southwestern Saudi Arabia. Saudi J Med Med Sci. 2020 May-Aug DOI: [10.4103/sjmms.sjmms_135_19](https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_135_19)
3. Kim Y. Study on Perception of Orthodontic Treatment According to Age: A questionnaire survey. Korean J Orthod. 2017 Jul;47(4):215-21. DOI: [10.4041/kjod.2017.47.4.215](https://doi.org/10.4041/kjod.2017.47.4.215)
4. Mitchell L. An Introduction To Orthodontics. 4th ed. Oxford : Oxford University Press : 2014
5. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary Orthodontics 6th ed. St.Louis: Mosby Inc.; 2015
6. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. Kaohsiung J Med Sci [Internet]. 2018;34(4):207–14. DOI: [10.1016/j.kjms.2018.01.007](https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007)
7. Kitaura H, Kimura K, Ishida M, Sugisawa H, Kohara H, Yoshimatsu M, et al. Effect of cytokines on osteoclast formation and bone resorption during mechanical force loading of the periodontal membrane. Sci World J. 2014;2014(November). DOI : [10.1155/2014/617032](https://doi.org/10.1155/2014/617032)
8. Sheng Y, Guo HM, Bai YX, Li S. Dehiscence and fenestration in anterior teeth: Comparison before and after orthodontic treatment. J Orofac Orthop. 2020;81(1). DOI: [10.1007/s00056-019-00196-4](https://doi.org/10.1007/s00056-019-00196-4)
9. Franzen TJ, Brudvik P, Raduovic VV. Periodontal tissue reaction during orthodontic relaps in rat molars. Eur J Orthod. April 2013;35(2):152-9. DOI: [10.1093/ejo/cjr127](https://doi.org/10.1093/ejo/cjr127)
10. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography evaluations of marginal alveolar bone before and after orthodontic treatment combined with premolar extractions. Eur J Oral Sci. 2012;120(3):201–11. DOI : [10.1111/j.1600-0722.2012.00964.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2012.00964.x)
11. Miyama W, Uchida Y, Motoyoshi M, Motozawa K, Kato M, Shimizu N. Cone-beam computed tomographic evaluation of changes in maxillary alveolar bone after orthodontic treatment. J Oral Sci. 2018;60(1):147–53. DOI : [10.2334/josnusd.17-0151](https://doi.org/10.2334/josnusd.17-0151)
12. Nauli J, Thahar B, Salim J, Mardiaty E. Decrease in alveolar crest height due to orthodontic treatment method using standard edgewise fix appliance molar. 2014;26(1):166–73. DOI : [10.24198/pjd.vol26no3.14007](https://doi.org/10.24198/pjd.vol26no3.14007)
13. Yamaguchi m, Fukasawa S. Is inflammation a Friend or Foe for Orthodontic Treatment?: Inflammation in Orthodontically Induced Inflammatory Root Resorption and Accelerating Tooth Movement. Int J Mol Sci. 2021; 22(5):2388. DOI : [10.3390/ijms22052388](https://doi.org/10.3390/ijms22052388)
14. Guo QY, Zhang SJ, Liu H, Wang CL, Wei FL, Lv T, et al. Three-dimensional evaluation of upper anterior alveolar bone dehiscence after incisor retraction and intrusion in adult patients with

- bimaxillary protrusion malocclusion. *J Zhejiang Univ Sci B* 2011;12(12):990–7. DOI: [10.1631/jzus.B1100013](https://doi.org/10.1631/jzus.B1100013)
15. Baeshen H, Helal N. Significance of Cephalometric Radiograph in Orthodontic Treatment Plan Decision. *J Contemp Dent Pract* 2019;20(7):789-93 DOI:[10.5005/jp-journals-10024-2598](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2598)
 16. Maurya MRK, Kumar CP, Sharma LCM, Nehra LCK, Singh H, Chaudhari PK. Cephalometric appraisal of the effects of orthodontic treatment on total airway dimensions in adolescents. *J Oral Biol Craniofac Res* 2019;9(1):51-6 DOI: [10.1016/j.jobcr.2018.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2018.09.004)
 17. Nanda R. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics* Elsevier WB:Saunders; 2014. p. 24-7.
 18. Spruyt JL, Cleaton-Jones P. An investigation into the relationship of alveolar bone height and timing of canine retraction following premolar extraction. *J Dent Assoc S Afr*. 1983;38(5):285–9.
 19. Whaites E, Drage N. *Essentials of Dental Radiography and Radiology E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2020. p. 178.
 20. Preus HR, Torgersen GR, Koldslund OC, Hansen BF, Aass AM, Larheim TA, et al. A new digital tool for radiographic bone level measurements in longitudinal studies. *BMC Oral Health*. 2015;15(1):1–7. DOI : [10.1186/s12903-015-0092-9](https://doi.org/10.1186/s12903-015-0092-9)
 21. Badan Riset dan Sumber Daya Manusia-Kementerian Kelautan dan Perikanan. *Mengenai Software Pengolahan Gambar Image J* Desember 2019. Tersedia pada: <http://www.mekanisasikp.web.id/2019/12/mengenai-software-pengolahan-gambar.html>
 22. Ferreira T, Rasband W. *ImageJ User Guide*. 2nd ed. October 2012. Tersedia pada: <http://rsbweb.nih.gov/ij/>
 23. Preus HR, Scheie AA, Sandvik L, Torgersen G, Baelum V, Dahlen, et al. *The treatment of periodontal diseases. (A randomized, blinded, four-arm, placebo controlled trial)*. 2nd ed. October 2012. Tersedia pada: <http://www.odont.uio.no/english/research/projects/periodontal-diseases/>
 24. Fitrianda AK, Kriswanjaya B, Iskandar HBH. Alveolar bone loss analysis on dental digital radiography image. *Makara J Health Res* 2021;25(2):122-7. DOI: [10.7454/msk.v25i2.1281](https://doi.org/10.7454/msk.v25i2.1281)
 25. Hellen-Halme K, Lith A, Shi XQ. Reliability of marginal bone level measurements on digital panoramic and digital intraoral radiographs. *Oral Radiology* 2020;36:135-40 DOI: [10.1007/s11282-019-00387-0](https://doi.org/10.1007/s11282-019-00387-0)
 26. Guo R, Zhang L, Hu M, Huang Y, Li W. Alveolar bone changes in maxillary and mandibular anterior teeth during orthodontic treatment: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res*. 2021;24(2):165–79. DOI: [10.1111/ocr.12421](https://doi.org/10.1111/ocr.12421)
 27. Janson D, Caldas W, Garib D, Janson M, Niederberger A, Janson J, et al. Cephalometric radiographic comparison of alveolar bone height changes between adolescent and adult patients treated with premolar extractions: A retrospective study. *Int Orthod*. 2021 Dec;19(4):633-40. DOI: [10.1016/j.ortho.2021.08.004](https://doi.org/10.1016/j.ortho.2021.08.004)
 28. Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA. *Clinical Periodon* 13th ed. Saunders 2018
 29. Safi Y, Kadkhodazadeh M, Safai P, d Esmaeelinejad 4, Nafiseh Shamloo et al. Evaluation of alveolar crest bone loss via premolar bitewing radiographs: presentation of a new method. *J Periodontal Implant Sci* 2014 Oct.;44(5):222-6.DOI:[10.5051/](https://doi.org/10.5051/)