

Accelerating tooth movement during orthodontic therapy by using device-assisted therapy

Akselerasi pergerakan gigi selama perawatan ortodontik dengan bantuan perangkat terapi

¹Karima Qurnia Mansjur, ²Rasdiana Rasyid

¹Department of Orthodontic

²Clinical Dental Student,

Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

Makassar, Indonesia

Correspondence author: Karima Qurnia Mansjur, e-mail: karimaqurnia@gmail.com

ABSTRACT

Background: In the present era there is precipitously increase in demand for orthodontic treatment especially among adult patients. Fixed orthodontic treatment usually lasts up to 2-3 years, so it has some disadvantages like a higher predisposition to caries, gingival recession, and root resorption. This increases the demand to find the best method to increase tooth movement with the least possible disadvantages. **Objective:** to explore the successful approaches in tooth movement by using device-assisted therapy. **Methods:** Through literature research. **Result:** The present information have exposed prosperous development in accelerating orthodontic tooth movement by using device-assisted therapy, includes are vibrational forces, low-level laser therapy (LLLT), and low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS). **Conclusion:** LLLT and LIPUS have shown positive outcome, but further investigation should be done for the best energy and duration to achieve the highest success rate.

Keywords: accelerating tooth movement, orthodontic treatment, low-level laser therapy, low-intensity pulsed ultrasound

ABSTRAK

Latar Belakang: Diera sekarang permintaan perawatan ortodontik meningkat drastis, terutama di antara pasien dewasa. Perawatan ortodontik cekat biasanya berlangsung 2-3 tahun, sehingga memiliki beberapa kelemahan seperti predisposisi yang lebih tinggi terhadap karies, resesi gingiva, dan resorpsi akar. Hal ini meningkatkan usaha untuk menemukan metode terbaik untuk meningkatkan pergerakan gigi dengan kerugian yang paling kecil. **Tujuan:** untuk melihat pendekatan untuk mempercepat pergerakan gigi dengan terapi menggunakan bantuan alat. **Metode:** melalui studi kepustakaan. **Hasil:** Informasi terkini telah mengungkap perkembangan yang baik dalam percepatan pergerakan gigi ortodontik menggunakan terapi dengan bantuan perangkat, diantaranya gaya getaran, terapi laser tingkat rendah (TLTR), dan ultrasound berdenyut intensitas rendah (UBIR). **Simpulan:** TLTR dan UBIR telah menunjukkan hasil yang positif, tetapi penyelidikan lebih lanjut harus dilakukan untuk mendapatkan energi dan durasi terbaik untuk mencapai tingkat keberhasilan tertinggi.

Kata kunci: mempercepat pergerakan gigi, perawatan ortodontik, terapi laser tingkat rendah, ultrasound berdenyut intensitas rendah

Received: 1 December 2020

Accepted: 1 January 2021

Published: 1 April 2021

PENDAHULUAN

Lama perawatan adalah salah satu kelemahan utama dalam ortodontik yang menyebabkan beberapa pasien, terutama orang dewasa menjauhi perawatan atau mencari metode alternatif yang lebih singkat dengan hasil akhir yang tidak ideal. Oleh karena itu, metode perawatan yang mengurangi masa perawatan tanpa mempengaruhi hasil perawatan merupakan penelitian yang berkembang di bidang ortodontik saat ini. Karenanya, permintaan untuk durasi perawatan yang lebih singkat di masyarakat telah meningkat. Terlepas dari berbagai kemajuan pada berbagai bidang ortodontik, percepatan pergerakan gigi masih merupakan penelitian yang menarik minat akademisi karena waktu perawatan yang lebih lama meningkatkan risiko kerusakan periodontal, karies gigi dan resorpsi akar.¹

Sejumlah upaya telah dilakukan untuk membuat pendekatan yang berbeda baik secara praklinis maupun klinis untuk mencapai hasil yang lebih cepat, tetapi masih banyak ketidakpastian dan pertanyaan yang belum

terjawab terhadap sebagian besar teknik ini. Kebanyakan upaya dapat digolongkan ke dalam pendekatan biologis, fisik, biomekanik, dan pembedahan. Sebelum membahasnya secara rinci, perlu dipahami dasar-dasar pergerakan gigi ortodonti dan faktor-faktor yang memicu penghambatan dan penundaan pergerakan gigi.²

Pergerakan gigi ortodontik terjadi dengan adanya rangsangan mekanis yang diurutkan dengan remodeling tulang alveolar dan ligamentum periodontal (LPD). Pemodelan ulang tulang adalah proses resorpsi tulang di situs tekanan dan pembentukan tulang di tempat ketegangan. Pergerakan ortodontik dapat dikontrol oleh ukuran gaya dan respon biologis dari LPD. Gaya yang diterapkan pada gigi mengubah lingkungan mikro di sekitar LPD karena perubahan aliran darah, yang menyebabkan sekresi neurotransmitter, faktor perangsang koloni, dan asam arakidonat metabolisme. Sebagai hasil sekresi, pembentukan kembali tulang terjadi.^{1,2}

Durasi pengobatan yang singkat diperlukan untuk semua pasien, terutama orang dewasa. Cara terbaik un-

tuk mengurangi waktu perawatan adalah dengan mempercepat pergerakan gigi, akan dibahas metode untuk mempercepat pergerakan gigi ortodontik terutama terapi dengan bantuan alat.

TINJAUAN PUSTAKA

Pergerakan gigi ortodontik

Pergerakan gigi ortodontik adalah proses yang menggabungkan adaptasi tulang alveolar secara fisiologis terhadap tegangan mekanis dengan cedera minor reversibel pada periodonsium. Pergerakan gigi ortodontik terjadi akibat rangsangan mekanis yang diurutkan dari remodeling tulang alveolar dan PDL. Remodeling tulang merupakan proses resorpsi pada daerah tekanan dan terjadinya pembentukan tulang baru pada daerah tegangan.^{2,6}

Metode percepatan pergerakan gigi terdiri dari 3 fase pergerakan, yaitu fase awal, yang ditandai dengan gerakan cepat setelah penerapan gaya; periode *lag*, yaitu sedikit atau tidak ada gerakan; fase terakhir, terjadi peningkatan gerakan secara bertahap atau tiba-tiba. Fase awal pergerakan gigi melibatkan respon inflamasi akut yang ditandai leukosit keluar dari kapiler darah dan memproduksi sitokin, yang merangsang ekskresi prostaglandin dan faktor pertumbuhan. Fase akut diikuti oleh fase kronis yang melibatkan proliferasi fibroblas, sel endotel, osteoblas, dan proses remodeling sel sum-sum tulang alveolar.²

Pendekatan untuk mempercepat pergerakan gigi adalah dengan menggunakan terapi dengan bantuan alat, dibutuhkan metode non-invasif untuk mempercepat perawatan ortodontik. Berbagai metode seperti *low-level laser therapy* (LLLT), getaran mekanis, dan *low-intensity pulsed ultrasound* (LIPUS) sedang dipelajari dan dieksplorasi. Semua metode non-invasif ini telah terbukti meningkatkan kecepatan dan kualitas renovasi tulang alveolar.^{2,3}

Low-level laser therapy

Metode LLLT adalah suatu bentuk terapi cahaya yang melibatkan penerapan terapeutik cahaya dalam spektrum inframerah dengan rentang cahaya (600-1000 nm) yang memiliki hasil biologis yang positif. LLLT meningkatkan metabolisme mitokondria, meningkatkan penyembuhan luka dan angiogenesis pada kulit, tulang, saraf, dan otot rangka di neuron primer. Efek biostimulasi radiasi laser tingkat rendah telah diteliti sejak tahun 1966. Terapi laser rendah dilaporkan menstimulasi osteoblas dan proliferasi sel osteoklas dan meningkatkan kecepatan pergerakan gigi karena percepatan remodeling tulang yang dimediasi oleh sistem RANK/RANKL/osteoprotegerin.^{3,11}

Dilaporkan bahwa *cytochrome C-oxidase* (CCO) dalam sel mitokondria menyerap foton setelah pene-

rapan cahaya yang mengarah pada pemompaan proton dan peningkatan produksi *adenosine triphosphate* (ATP) yang pada akhirnya meningkatkan metabolisme sel karena peningkatan energi yang tersedia untuk sel dalam bentuk ATP dan juga mempercepat laju remodeling tulang. Temuan dari beberapa studi *in vitro* tentang metabolisme tulang menunjukkan bahwa laser tingkat rendah meningkatkan diferensiasi dan proliferasi osteoblas manusia, meningkatkan pembentukan nodul tulang, aktivitas *alkalin phosphatase* (ALP), dan ekspresi gen, dan juga meningkatkan aktivitas osteoblas dan aktivitas osteoklastik.³



Gambar 1 Low-level laser therapy (Sumber: Bhad-Patil WA. Laser therapy for faster orthodontic tooth movement. *APOS Trends in Orthodontics* 2014;4(5):111-3).⁷

Penelitian pada hewan telah menunjukkan bahwa laser tingkat rendah pada panjang gelombang 650-940 nm meningkatkan kecepatan pergerakan gigi dua hingga tiga kali lipat jika dibandingkan dengan kontrol dan didukung oleh bukti histologis. LLLT bisa menjadi teknik yang sangat berguna untuk mempercepat pergerakan gigi karena meningkatkan pembentukan kembali tulang tanpa efek samping pada periodonsium. Panjang gelombang laser 800 nm dan daya luaran 0,25 mW telah menunjukkan stimulasi signifikan dari metabolisme tulang, osifikasi cepat dan juga percepatan pergerakan gigi hingga 1,5 kali lipat pada percobaan tikus.²

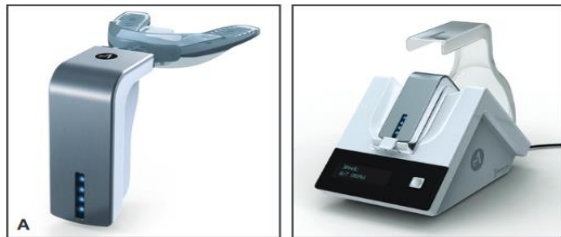
Kau *et al.* melakukan uji klinis multisenter dengan ukuran sampel 90 subjek manusia. Perangkat ekstra-oral memancarkan cahaya inframerah dengan panjang gelombang 850 nm terus-menerus digunakan untuk subjek uji. Studi menyimpulkan bahwa pada kelompok fotobiomodulasi kecepatan pergerakan gigi selama fase *alignment* adalah 1,12 mm per minggu dibandingkan dengan kelompok kontrol yaitu 0,49 mm per minggu yang secara klinis signifikan.³

Kekurangan LLLT, memerlukan kunjungan frekuensi tinggi, berdasarkan data studi sebelumnya yang sukses menunjukkan bahwa setidaknya 3 aplikasi per bulan yang diperlukan untuk pengobatan yang efektif. Sedangkan jika metode bedah dilakukan hanya sekali serta belum ditetapkan protokol aplikasi optimal, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk

menentukan protokol terbaik termasuk dosis atau frekuensi optimal.¹³

Vibrational forces

Shapiro *et al* adalah orang pertama yang memperkenalkan gaya denyut dalam ortodontik untuk merangsang pergerakan gigi pada tahun 1979. Tiga tahun berikut Kurz merancang peralatan penerapan getaran gigi dan menyatakan bahwa penerapan beban dinamis mempersingkat periode perawatan ortodontik.³



Gambar 2 Accele dent (Sumber: Bowman SJ. The effect of vibration on the rate of leveling and alignment. J Clin Orthod 2014; 48: 678-88).⁸

Beban mekanis memulai jalur pensinyalan seluler di tulang. Osteosit dianggap sebagai sel-sel yang responsif mekanis yang dipicu oleh tegangan pergeseran dan pembengkokan tulang yang terjadi selama stimulus getaran, diikuti oleh diferensiasi osteoblas dan stimulasi gen tulang. Stimulus getaran meningkatkan interleukin 1 β sekresi yang menginduksi *activator receptor of nuclear factor kappa- β ligand* (RANKL) dalam osteoblas dan LPD serta mendorong diferensiasi pre-osteoklas. Pergerakan gigi ortodontik dipercepat karena getaran mendorong pembentukan osteoklas dan renovasi tulang alveolar.³

Mengenai efek pada pergerakan gigi, Kau *et al* dalam uji klinis yang tidak terkontrol pada 14 pasien melaporkan bahwa dengan menggunakan *acceleDent device* (Orthoaccel Technologies, California) secara teratur selama 6 bulan masa studi, laju perpindahan gigi ditemukan 0,526 mm per minggu atau 2,1 mm per 28 hari di lengkung mandibula yang secara signifikan lebih tinggi dari tingkat pergerakan gigi normal yang sekitar 1 mm per bulan.³

Kekurangannya, terbukti menjadi pengobatan yang tidak efektif untuk beberapa kasus; dalam penelitian Woodhouse *et al*. ditemukan bahwa penggunaan gaya getaran tidak secara signifikan mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keselarasan gigi. Efisiensi perawatan ortodontik yang difasilitasi oleh gaya getar perangkat *AcceleDent* dalam uji coba pada total waktu perawatan, dan mekanisme yang mendasari aksi gaya getaran ini belum diklarifikasi.¹⁴

Low-intensity pulsed ultrasound

LIPUS berbentuk energi mekanik berupa gelombang tekanan akustik di luar jangkauan pendengaran

manusia yang dapat digunakan untuk diagnostik dan terapeutik pada intensitas yang berbeda. LIPUS dengan intensitas 30-100 W/cm² menginduksi perubahan biokimia pada tingkat sel dan molekul. LIPUS adalah teknik non-invasif yang tidak bersifat termal, juga tidak menggunakan radiasi pengion. Penggunaan terapeutik LIPUS telah disetujui oleh *Food and Drug Administration AS*.³



Gambar 3 LIPUS (Sumber: El-Bialy T, *et al*. Effect of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) on tooth movement and root resorption: a prospective multi-center randomized controlled trial. J Clin Med 2020;9:1-9).⁹

LIPUS meningkatkan respons osteogenik tertentu seperti interleukin-8 (IL-8), *basic fibroblast growth factor* (BFGF), *vascular endothelial growth factor* (VEGF), *transforming growth factor β* (TGF- β), ALP, dan menekan osteoklas. LIPUS menambah pergerakan gigi ortodontik dengan peningkatan *hepatocyte growth factor* (HGF)/*runt related transcription factor 2* (RUNX2)/*bone morphogenic protein-2* (BMP-2) signaling pathway ekspresi gen dan ekspresi RANKL, yang memfasilitasi peningkatan laju renovasi tulang alveolar.³

Studi yang dilakukan oleh Xue *et al*. pada 48 ekor tikus Wistar jantan menunjukkan bahwa laju pergerakan gigi ortodontik pada kelompok aplikasi LIPUS mengalami peningkatan sekitar 45% dibandingkan dengan kelompok kontrol selama 14 hari. El-Bialy *et al*. melakukan uji coba terkontrol secara acak pada subjek manusia dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pergerakan gigi pada sisi LIPUS mengalami peningkatan pergerakan gigi sebesar 29% per minggu dibandingkan dengan kelompok kontrol.³

Kurangnya, LIPUS menghasilkan energi berintensitas rendah, yang setara dengan dosis diagnostik. Sinyal pulsa ini memiliki efek termal yang dapat diabaikan pada jaringan. Reaksi yang merugikan dilaporkan dalam pustaka adalah kejang otot, eritema ringan dan pembengkakan ringan, tetapi sinyal ultrasonik tidak mengganggu implan logam. Daerah infeksi dan tumor akut tidak diindikasikan karena dapat menyebabkan perkembangan penyakit. Pasien yang menggunakan alat pacu jantung harus menghindari terapi *ul-*

trasound, sebab dapat mengganggu fungsi.¹⁵

PEMBAHASAN

Seiring dengan perkembangan sosial masyarakat, saat ini peminat perawatan ortodonti semakin meningkat pesat. Mayoritas remaja menyadari kerapian gigi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi estetika sehingga menarik perhatian untuk lebih memperbaiki dan melakukan perawatan.⁵

Secara umum, periode terapi jangka panjang merupakan alasan utama pasien menolak perawatan. Resorpsi akar, karies, dan penurunan kepatuhan pasien lebih sering terjadi pada protokol perawatan yang diperpanjang, sehingga mempercepat pergerakan gigi ortodontik sangat tepat untuk mencegah efek samping tersebut dan dapat memotivasi pasien untuk menjalani perawatan. Pergerakan gigi ortodontik terjadi dengan adanya rangsangan mekanis yang diurutkan dengan remodeling tulang alveolar dan LPD. Cara terbaik untuk mengurangi waktu perawatan adalah dengan mempercepat pergerakan gigi.^{2,12}

Pergerakan gigi ortodonti merupakan sebuah proses yang mengkombinasikan adaptasi tulang alveolar secara fisiologis terhadap tegangan mekanis dengan cedera reversibel yang kecil terhadap periodonsium. Pada kondisi normal atau sehat, pergerakan seperti itu dilakukan dengan remodeling tulang yang sangat terkoordinasi dan efisien, yang memerlukan rangkaian pembentukan tulang setelah resorpsi tulang.⁶

Salah satu cara dalam mempercepat pergerakan gigi adalah dengan menggunakan terapi dengan bantuan alat. Ide untuk menggunakan stimulasi fisik atau mekanik berasal dari pemikiran bahwa ketika gaya ortodontik diterapkan pada tulang, menyebabkan tulang melengkung (teori penekukan tulang) dan mengarah pada pengembangan potensi bioelektrik. Situs cembung akan bermuatan positif menarik osteoklas dan situs cekung akan bermuatan negatif menarik osteoblas. Ketika gaya diskontinyu diterapkan, menghasilkan potensi bioelektrik dan mengarah pada ide penggunaan gaya dan getaran siklik. Telah diamati bahwa penerapan getaran untuk durasi yang berbeda per hari mempercepat pergerakan gigi 15-30% pada hewan coba.¹

Nishimura et al. mengevaluasi efek dari penerapan gaya getaran tambahan untuk gaya ortodontik pada tikus wistar yang diamati kecepatan pergerakan gigi ortodontik pada molar rahang atas. Terdapat pergerakan gigi yang lebih besar pada kelompok eksperimen dibandingkan dengan kelompok konvensional dan perbedaannya signifikan secara statistik. Setiap kerusakan tambahan pada jaringan periodontal seperti resorpsi akar dan kehilangan tulang tidak dilaporkan. Atas dasar efek gaya siklus getaran, sebuah perangkat telah dikembangkan untuk mempercepat pergerakan gigi yang

meningkatkan kecepatan remodeling tulang. Perangkat yang menggunakan getaran yaitu *cyclical force device* dengan tingkat getaran 20-30 Hz dan digunakan selama 20 menit/hari. Penggunaan pada pasien menghasilkan pergerakan gigi mencapai 2-3 mm/bulan.^{2,10}

Salah satu pendekatan yang paling menjanjikan saat ini adalah LLLT. Laser memiliki efek biostimulasi pada regenerasi tulang, yang telah ditunjukkan pada jahitan midpalatal selama ekspansi palatal yang cepat dan juga menstimulasi sintesis kolagen dalam tulang yang merupakan protein matriks utama. Terdapat stimulasi regenerasi tulang pada kasus patah tulang dan di lokasi pencabutan. LLLT bisa menjadi teknik yang sangat berguna untuk mempercepat pergerakan gigi karena meningkatkan pembentukan kembali tulang tanpa efek samping pada periodonsium.^{2,4}

Penggunaan LLLT telah dibuktikan memiliki khasiat yang berguna dalam meredakan nyeri, luka dan kerusakan saraf. Penerapan LLLT dalam ortodontik telah terbukti bermanfaat dalam menurunkan nyeri ortodontik dan dalam fotobiomodulasi yang mungkin akan mempercepat pergerakan gigi ortodontik. Banyak peneliti telah mempelajari penggunaan LLLT dalam mempercepat pergerakan gigi ortodontik.¹²

Sebagai salah satu metode non-invasif, LIPUS adalah non-farmakologis untuk mempercepat gerakan gigi ortodontik yang telah digunakan di bidang medis selama lebih dari enam dekade seperti dalam kedokteran olahraga, terapi miofungsional, pengurangan kekakuan sendi, meningkatkan mobilitas otot, dan penyembuhan patah tulang. LIPUS merupakan bentuk gelombang tekanan akustik yang ketika melewati jaringan hidup akan menyebabkan regangan mikromekanis, sehingga menghasilkan kaskade peristiwa molekuler. Dalam penelitian in-vitro, pada hewan dan manusia sebelumnya, LIPUS terbukti meminimalkan resorpsi akar gigi, mempercepat pergerakan gigi ortodontik, dan meningkatkan ekspresi kolagen I (Col1), ALP, osteoprotegerin (OPG), dan penggerak reseptor faktor nuklir-kappa β -ligand (RANK-L).¹⁶

Disimpulkan bahwa umumnya teknik untuk mempercepat pergerakan gigi dengan bantuan alat tetap memiliki kekurangan sehingga belum secara umum digunakan secara klinis di tempat praktek. Akan tetapi, saat ini telah banyak riset yang dikembangkan agar dapat menyempurnakan konsep alat yang telah ada agar dapat digunakan untuk memaksimalkan dan mempercepat efek biologis pergerakan gigi. Dalam pendekatan fisik, LLLT adalah metode yang sangat berguna untuk mempercepat pergerakan gigi karena meningkatkan pembentukan kembali tulang tanpa efek samping pada periodonsium. Selain itu, LIPUS adalah salah satu metode non-invasif serta non-farmakologis untuk mempercepat gerakan gigi ortodontik yang telah terbukti me-

minimalkan resorpsi akar gigi dan mempercepat pergerakan gigi ortodontik. Penelitian lebih lanjut dibutuhkan agar tercipta inovasi yang lebih sempurna sebagai terapi tambahan dalam bidang ortodontik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Samantaray S, Sahu S, Gowd S, Srinivas B, Sahoo N, Mohanty P. Speedy orthodontics—a review on methods of accelerating orthodontic treatment. *Int J Oral Health Med Res* 2017; 3(6): 146-51.
2. Nimeri G, Chung HK, Nasia ASK, Racher C. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment-A frontier in orthodontics. *Progress in Orthodont* 2013; 14: 1-8.
3. Santoso S. Need for speed in orthodontics: a review of noninvasive methods to accelerate the orthodontic tooth movement. *Int J Oral Care Res* 2020; 8 (3): 48-50.
4. Ganesh ML, Pandian SK. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment-a frontier in orthodontics. *J Pharm Sci Res* 2017; 9(5): 741-4.
5. Iskandar P. Aspek biologis pergerakan gigi ortodontik. *Makassar Dent J* 2012; 1(3): 1-3.
6. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung J Med Sci* 2018; 34: 207-14.
7. Bhad-Patil WA. Laser therapy for faster orthodontic tooth movement. *APOS Trends in Orthodont* 2014; 4(5): 111-3.
8. Bowman SJ. The effect of vibration on the rate of leveling and alignment. *J Clin Orthod* 2014; 48: 678-88.
9. El-Bialy T. Effect of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) on tooth movement and root resorption: a prospective multi-center randomized controlled trial. *J Clin Med* 2020; 9: 1-9.
10. Khan S, Dhiman, Mian F, Asif S. Accelerating tooth movement: what options we have? *J Dent Health Oral Disor & Ther* 2016; 5(7): 381–3.
11. Shirude SS, Rahalkar JS, Agarkar S, Manerika R. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *J Indian Orthodont Soc* 2018; 52(4): 265-9.
12. Fini MB, Olyae P, Homayouni A. The effect of low-level laser therapy on the acceleration of orthodontic tooth movement. *J Lasers Med Sci* 2020; 11(2): 204-11.
13. Yolman TM, Erwansyah E. Aplikasi laser dalam bidang ortodontik. *Makassar Dent J* 2017; 6(1): 18-24.
14. Aldres AM. Do customized orthodontic appliances and vibration devices provide more efficient treatment than conventional methods? *Korean J Orthodont* 2016: 180-4.
15. Kumar V, Thapliyal GK, Dausage P. The efficacy of low-intensity pulsed ultrasound therapy on maxillofacial bone healing-A review. *Saudi J Oral Dent Res* 2016; 1(3): 147-50.
16. Kaur H, El-Bialy T. Shortening of overall orthodontic treatment duration with low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS). *J Clin Med* 2020; 9: 1-10.