

Дорошенко О. М., Дорошенко М. В., Омеляненко О. А.

Національний університет охорони здоров'я імені П. Л. Шупика

# Сучасні методи прискорення ортодонтичного переміщення зубів при затримці їх прорізування: систематичний огляд

▷ **Вступ.** Затримка прорізування зубів залишається однією з найактуальніших проблем у сучасній ортодонтії, оскільки значно ускладнює планування та реалізацію лікування, подовжує його тривалість і підвищує ризик ускладнень. У пацієнтів із ретинуваними зубами частіше спостерігаються рецесії ясен, порушення прикусу, резорбція сусідніх коренів і психологічний дискомфорт, особливо в підлітковому віці. У зв'язку з цим питання прискорення ортодонтичного переміщення зубів при затримці прорізування набуло особливої актуальності як у науковому, так і в практичному вимірі. Безпечність, біосумісність та доказова ефективність застосованих методів є ключовими критеріями вибору тактики лікування. Персоналізований підхід, орієнтований на стан кісткової тканини, тип ретенції, вік пацієнта й супутні патології, у поєднанні з міждисциплінарною співпрацею, є визначальним чинником успіху.

Таким чином, у сучасній клінічній ортодонтії акцент має бути зроблений не лише на усунення механічних перешкод прорізуванню зубів, а й на активне стимулювання фізіологічних процесів прорізування з метою досягнення швидких, стабільних та естетично задовільних результатів.

**Мета:** на підставі аналізу літературних джерел оцінити ефективність сучасних методів прискорення ортодонтичного переміщення зубів при затримці їх прорізування.

**Матеріали і методи.** Інформаційний пошук та аналіз наукових джерел проведено із використанням наукометричних баз *Web of Science*, *PubMed*, *Google Scholar* за останні 15 років.

**Висновок.** Сучасні методи прискорення ортодонтичного переміщення зубів при затримці їх прорізування дозволяють ефективно скоротити тривалість лікування та знизити ризик ускладнень, забезпечуючи кращі клінічні результати завдяки комплексному і персоналізованому підходу.

**Ключові слова:** ортодонтичні переміщення зубів, затримка прорізування зубів, хірургічні, фармакологічні та біостимулюючі технології (лазер, фотобіомодуляція, вібрація), патологія прикусу.

Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.uk>



## Вступ

Останнім часом прискорення ортодонтичного руху стало предметом великого інтересу, оскільки хірургічні та нехірургічні методи прискорення стали поширеними в клінічній практиці [1–2]. Прискорення ортодонтичного переміщення зубів є однією з основних вимог для пацієнта із порушенням прикусу, оскільки воно скорочує час лікування, і ортоданти віддають перевагу цьому методу, оскільки тривалість лікування пов'язана з підвищеним ризиком запалення ясен, декальцизації, карієсу та резорбції коренів [3].

Тривалі періоди використання ортодонтичних брекетів, особливо некосметичних, як правило, змушують пацієнтів (особливо дорослих) відмовлятися від лікування, навіть коли воно чітко показане [4].

Механізм ортодонтичного руху зубів (ОРЗ) базується на реакції періодонтальної зв'язки та альвеолярної кістки на механічну стимуляцію [5]. Процес моделювання та ремоделювання альвеолярної кістки супроводжується формуванням кістки на стороні розтягнення та резорбцією кістки на стороні стиснення. Цей процес складається з трьох фаз ОРЗ: початкової фази (швид-

кий рух після застосування сили), фази затримки (незначний рух або його відсутність) та кінцевої фази (поступове або раптове збільшення руху)<sup>1</sup>. Реакції клітин, цитокінів та сигнальних шляхів відіграють важливу роль у цих процесах, втручаючись в основний механізм та біологічні шляхи [6].

У відповідь на ортодонтичну силу спостерігається підвищена активність імунних факторів. До них належать хемокіни, фактори росту та цитокіни, такі як інтерлейкін-1 бета (IL-1 $\beta$ ), інтерлейкін 6 (IL-6), інтерлейкін 8 (IL-8), фактор некрозу пухлини-альфа (TNF $\alpha$ ), інтерферон-гамма (IFN $\gamma$ ) та простагландин E2 (PGE2) [7–8]. Ці імунні фактори активно беруть участь у запальній реакції та сприяють ремоделюванню тканин.

Існують різні підходи до прискорення ОРЗ: біомеханічний, фізіолого-механічний, фармакологічний, хірургічно асистований та хірургічно модельований. Персоналізований підхід, який враховує тип прикусу, стан кісткової тканини, характер ретенції, вік пацієнта та супутні захворювання, у поєднанні з міждисциплінарною взаємодією фахівців, визначає успіх лікування в складних клінічних випадках.

Особливої уваги заслуговують фармакологічні агенти, що використовуються в консервативному лікуванні, як-от гормон росту, паратиреоїдний гормон, тироксин та вітамін D. Вони стимулюють остеокласти до збільшення резорбції за допомогою різних механізмів.

Фармакологічні підходи до прискорення ОРЗ включають локальну доставку цитокінів, застосування простагландинів, ліганд рецептора активатора ядерного фактора каппа-B (RANKL), паратиреоїдний гормон, вітамін D3 та кортикостероїди.

Проведений аналіз літературних джерел з оцінки впливу кортикостероїдної терапії (КСТ) на ортодонтичний рух зубів (ОРЗ), проведений Michelogiannakis D. та ін. [9], виявили таке: 2 дослідження повідомляли, що КСТ зменшує величину ОРЗ; 2 дослідження не показали значного впливу КСТ на ОРЗ; ще 2 дослідження виявили, що КСТ збільшує ОРЗ; також 2 дослідження повідомляли, що КСТ значно знижує щільність кісткової тканини та збільшує резорбцію кісткової тканини під час ОРЗ; та в 1 дослідженні КСТ значно зменшила ортодонтичну індуковану резорбцію кореня. Ще 4 дослідження повідомили, що введення тироксину збільшує швидкість ортодонтичного руху зубів; 3 дослідження не виявили суттєвої різниці. Також 3 дослідження показали,

що введення тироксину зменшує ортодонтичну індуковану запальну резорбцію кореня; та 2 дослідження не виявили суттєвої різниці [10].

Використання ін'єкційного фібрину, збагаченого тромбоцитами i-PRF в ортодонтичному лікуванні патології прикусу значно підвищує швидкість закриття простору та зменшує загальну вартість лікування. Ін'єкційний фібрин, збагачений тромбоцитами, може бути безпечним доповненням до ортодонтичного лікування, забезпечуючи переваги без шкоди для стабільності анкеражу та спрямований на оптимізацію ефективності ортодонтичного лікування [11]. У рамках дослідження [12] можна зробити висновок, що поєднання мікроостеоперфорацій та ін'єкційного фібрину, збагаченого тромбоцитами, мало потужний синергетичний вплив, значно посилюючи ортодонтичний рух зубів під час ретракції верхньої щелепи протягом шестимісячного клінічного періоду оцінювання, але з більшим перекидним рухом.

Місцеве застосування простагландинів прискорює швидкість руху зубів та збільшує кількість остеокластів. Повідомлялося про докази резорбції кореня при застосуванні високих доз простагландинів підслизовим шляхом та зменшенні резорбції кореня шляхом введення простагландинів з глюконатом кальцію. Місцеве введення простагландинів підслизовим шляхом викликає легкий або помірний біль, тому рекомендується інокуляція місцевого анестетиком. Однак пероральне введення аналогічної сполуки мізопростолу не викликає болю або ознак резорбції кореня [13].

Нещодавні систематичні огляди досліджень також дійшли висновку, що місцеве введення вітаміну D посилює ортодонтичний рух зубів [14–15]. Кортикотомія та її модифікації, засновані на регіональному акселераційному феномені (RAP), можуть виявитися корисним доповненням ортодонтичного лікування, особливо у дорослих, включаючи пацієнтів із захворюваннями пародонту [16].

Оксид азоту бере участь у регуляції ортодонтичного руху зубів та сприяє утворенню кісткової тканини на стороні натягу ортодонтичного зуба [17].

Хірургічні методи, описані в літературі, включають кортикотомію, мікростеоперфорації, п'єзоцецію тощо. Хірургічне прискорення ортодонтичного руху зубів доведено як ефективне протягом десятиліть. Дослідження підтвердили, що хірургічні підходи відіграють важливу роль у дорослих пацієнтів з коротким часом ортодонтичного лікування.

<sup>1</sup> Див. C Verna, M Dalstra, B Melsen, The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model, *European Journal of Orthodontics*, Volume 22, Issue 4, August 2000, Pages 343–352, <https://doi.org/10.1093/ejo/22.4.343>

Хоча деякі хірургічні підходи не отримали популярності через їхню високу інвазивність, ефективність ортодонтичного руху зубів було зареєстровано в багатьох випадках міждисциплінарного лікування [18]. Наразі існує консенсус щодо того, що причиною ОРЗ є регіональний акселераційний феномен, а не рух кісткового блоку. Однак конкретні клітинні та молекулярні механізми<sup>2</sup>, що лежать в основі ОРЗ, залишаються неясними. [19]. Хоча хірургічні методи є інвазивною процедурою, що є найнадійнішим способом прискорення переміщення зубів.

Інвазивність процедури поступово зменшилася, тим самим розширюючи її застосування в клінічній практиці [19].

Згідно з поточними результатами, малоінвазивні методи кортикотомії можна розглядати як новий терапевтичний інструмент для прискорення ортодонтичного переміщення зубів [20]. Швидкість тракційного руху піднебінно ретенуваних іклів можна збільшити за допомогою мінімально інвазивного ортодонтичного лікування з кортикотомією. Побічні ефекти процедури прискорення були мінімальними та майже аналогічними до ефектів традиційної методики [21].

П'єзоцезія — це локалізована п'єзоелектрична альвеолярна декортикація, що включає малоінвазивну кортикотомію для пришвидшення ортодонтичного лікування. Ця локалізована декортикація індукує процес демінералізації-ремінералізації, що описується як регіональний акселераційний феномен (RAP), який характеризується збільшенням кісткового обміну та зменшенням мінерального вмісту кістки, що спочатку було пояснено в ортопедичній галузі. Цей підхід був підтверджений у дослідженні на тваринах та довів, що він скорочує час лікування в клінічних дослідженнях [22]. Одинарна та множинна п'єзоцезія ефективно пришвидшує проведення ортодонтичного лікування порівняно зі звичайним ортодонтичним лікуванням, з відносними результатами, що відображаються в обох частотах втручання. Відповідно, одинарна п'єзоцезія рекомендується як доповнення до ортодонтичного лікування [23]. На основі результатів систематичного огляду [24] можна зробити висновок, що як кортикотомія, так і п'єзоцезія здатні ефективно покращити швидкість ретракції ретинованого ікла після видалення першого премоляра верхньої щелепи порівняно зі звичайною ортодонтичною терапією. Ступінь ретракції ікла (первинний результат), досягнута за допомогою кортикотомії, була в 1,5–4 рази більшою порівняно зі звичайною терапією

[25–26]. Аналогічним чином, п'єзоцезія також призвела до вищої швидкості ретракції ікла, яка коливалася від 1,5 до 2 разів швидше порівняно зі звичайною ортодонтиєю [27].

Для стимулювання руху зубів пропонується кілька нехірургічних допоміжних методів, включаючи лазеротерапію, електричний струм, імпульсні електромагнітні поля та фотобіомодуляцію [28]. Однак використання цих підходів також обмежене через необхідність виконання дисциплінованими клініцистами та низьку якість доказів.

За даними Gujar, AN. [29] спостерігається збільшення рівня PGE2 зі збільшенням частоти механічної вібрації, що було підтверджено дослідженням, проведеним Benjakul, S. та ін. [30]. Рівень OTM та рівні PGE2 були найвищими у пацієнтів, які використовували електричну зубну щітку з механічною вібрацією 150 Гц, порівняно з тими, хто використовував електричну зубну щітку з механічною вібрацією 125 Гц. Рівень OTM та рівні PGE2 були найнижчими у пацієнтів, які не використовували електричну зубну щітку.

Azeem, M. виявлено, що застосування вібраційних подразників за допомогою електричної зубної щітки протягом 20 хвилин на день не було ефективним для прискорення ортодонтичного руху зубів, не спричиняючи дискомфорту для пацієнта [31]. Це узгоджується з попередніми дослідженнями, які показали, що вібрації не можуть прискорити швидкість руху зубів, але на відміну від інших досліджень, які показали значну перевагу у використанні вібраційного апарату для швидкого переміщення зубів [32].

Дослідження Leethanakul, C. [32] демонструє, що в поєднанні з легким ортодонтичним тиском, застосування вібраційних подразників за допомогою електричної зубної щітки посилює секрецію IL-1 $\beta$  та прискорює ортодонтичний рух зубів. У дослідженні Khera, et al. (2022) було проаналізовано вплив індивідуально розробленого вібраційного пристрою на швидкість ОРЗ, особливо під час ретракції ікла [33]. У цьому дослідженні зроблено висновок, що низькочастотна вібраційна стимуляція (30 Гц), що застосовується протягом 20 хвилин на день за допомогою спеціально розробленого вібраційного пристрою, суттєво не прискорює швидкість ретракції ікла.

Показники результатів у різних дослідженнях вказували на різний ступінь ефективності лазерної терапії у прискоренні ортодонтичного руху зубів та скороченні тривалості лікування. Деякі дослідження повідомляли про значне прискорення руху зубів, що отримували лазерне ліку-

<sup>2</sup> Див. Yavuz, M.C., Sunar, O., Buyuk, S.K. et al. Comparison of piezocision and discision methods in orthodontic treatment. *Prog Orthod.* 19, 44 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0244-y>

вання, та контрольної групи, що не отримувала лікування [34–37]. За даними Varella, AM. [38], у поєднанні з легким ортодонтичним тиском, застосування низькоінтенсивної лазерної терапії підвищило рівень IL-1 $\beta$  у рідині ясенної борозни та прискорило ортодонтичний рух зубів.

Аналогічно Üretürk, SE. [39] стверджує, що лазер дійсно прискорює рух зубів й може скоротити весь термін лікування.

Фотобіомодуляція (ФБМ) продемонструвала свою ефективність як неінвазивна та безболісна методика з великим потенціалом для прискорення ортодонтичного переміщення зубів. Це дослідження показує, що ФБМ прискорює рух зубів під час вирівнювання молярів через модуляцію IL-1 $\beta$  під час ремодельовання кістки [40]. Ваїаї, I., та ін. [41] порівняли вплив фотобіомодуляції (ФБМ) та мікроостеоперфорацій (МОП) на швидкість ретракції ікла. Після видалення премолярів був період очікування 3 місяці для формування трабекулярної кістки. У групі МОП було виконано три вертикальні МОП (діаметром приблизно 19 калібру) дистально від кореня ікла за допомогою перфораційних гвинтів Rropol з протилежним наконечником. У групі ФБМ ікло стимулювали напівпровідниковим діодним лазером на основі арсеніду галію та алюмінію (GaAlAs) протягом 10 секунд у десяти різних точках кореня ікла. Швидкість ретракції була приблизно в 1,1 раза вищою у пацієнтів, які отримували МОП, ніж у пацієнтів порівняння.

### Висновок

Затримка прорізування зубів є складним клінічним викликом, який потребує індивідуалізова-

ного, мультифакторного підходу. Сучасні методи прискорення ортодонтичного переміщення зубів (ОРЗ) охоплюють хірургічні, фармакологічні, біомеханічні та біостимуляційні технології, що доповнюють одне одного у досягненні ефективного результату.

Важливими інструментами є хірургічне оголення ретендованих зубів, застосування мікроостеоперфорацій та використання ін'єкційного фібрину, збагаченого тромбоцитами (i-PRF), які стимулюють регенерацію тканин й активують регіональний акселераційний феномен (RAP). Фармакологічна підтримка із застосуванням вітаміну D, тироксину, простагландинів або паратиреоїдного гормону має потенціал посилити ремодельовання кісткової тканини, проте потребує клінічної обережності та контролю побічних ефектів.

Додатково, лазерна терапія та фотобіомодуляція демонструють перспективні результати у прискоренні ОРЗ завдяки активації остеокластичної активності, покращенню мікроциркуляції та зниженню запалення без пошкодження тканин. Водночас використання ортодонтичної вібрації показує покращення обміну в кістковій тканині та пришвидшення переміщення зубів шляхом стимуляції клітинної активності.

Таким чином, поєднання методів — від класичних до високотехнологічних — дозволяє скоротити тривалість ортодонтичного лікування при затримці прорізування зубів, мінімізувати ускладнення та підвищити якість терапії. Подальші дослідження та розробка стандартизованих протоколів сприятимуть ефективнішій інтеграції цих методів у клінічну практику.

### ПОСИЛАННЯ

1. Hasan, A. A., Rajeh, N., Hajeer, M. Y., Hamadah, O., & Ajaj, M. A. (2022). Evaluation of the acceleration, skeletal and dentoalveolar effects of low-level laser therapy combined with fixed posterior bite blocks in children with skeletal anterior open bite: a three-arm randomised controlled trial. *International Orthodontics*, 20(1), 100597. PMID: 34887236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2021.10.005>
2. Alfawal, A. M., Hajeer, M. Y., Ajaj, M. A., Hamadah, O., & Brad, B. (2016). Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod*, 17(1), 33. PMID: 27696311. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40510-016-0146-9>
3. Deng, Y., Sun, Y., & Xu, T. (2018). Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. *BMC Oral Health*, 18(1), 116. PMID: 29945577. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0579-2>
4. Abbing, A., Koretsi, V., Eliades, T., & Papageorgiou, S. N. (2020). Duration of orthodontic treatment with fixed appliances in adolescents and adults: a systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod*, 21(1), 37. PMID: 33015719. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40510-020-00334-4>
5. Verna, C., Dalstra, M., & Melsen, B. (2000). The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. *Eur J Orthod*, 22(4), 343-52. PMID: 11029824. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejo/22.4.343>
6. Davidovitch, Z. (1991). Tooth movement. *Critical Reviews in Oral Biology Medicine*, 2(4), 411-50. PMID: 1742417. DOI: <https://doi.org/10.1177/10454411910020040101>

7. Behm, C., Zhao, Z., Andrukhov, O. (2022). Immunomodulatory Activities of Periodontal Ligament Stem Cells in Orthodontic Forces-Induced Inflammatory Processes: Current Views and Future Perspectives. *Front Oral Health*, 3, 877348. PMID: 35601817. DOI: <https://doi.org/10.3389/froh.2022.877348>
8. Gujar, A. N., Shivamurthy, P. G., & Sabrish, S. (2021). Effect of 125-150 Hz vibrational frequency electric toothbrush on teeth and supporting structures: a finite element method study. *J Contemp Dent Pract*, 22(10), 1150-1159. PMID: 35197383.
9. Michelogiannakis, D., Al-Shammery, D., Rossouw, P.E., Ahmed, H.B., Akram, Z., Romanos, G.E., Javed, F. (2018). Influence of corticosteroid therapy on orthodontic tooth movement: A narrative review of studies in animal-models. *Orthod Craniofac Res*, 21(4), 216-224. PMID: 30251334. DOI: <https://doi.org/10.1111/ocr.12243>
10. Berry, S., Javed, F., Rossouw, P.E., Barmak, A.B., Kalogirou, E.M., Michelogiannakis, D. (2021). Influence of thyroxine supplementation on orthodontically induced tooth movement and/or inflammatory root resorption: A systematic review. *Orthod Craniofac Res*, 24(2), 206-213. PMID: 32991769. DOI: <https://doi.org/10.1111/ocr.12428>
11. Priya, R.S.M., Anbarasu, P., Eisenhuth, G., Eisenhuth, S., Eisenhuth, C., Dinesh, S.P.S., Subramanian, S.K. (2024). The Impact of Injectable Platelet-rich Fibrin on Orthodontic Tooth Movement during Retraction: A Randomized Controlled Trial. *J Contemp Dent Pract*, 25(9), 856-862. PMID: 39791413. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3761>
12. Al-Haifi, H.A.K.A., Ishaq, R.A.A., Al-Jawfi, K.A.M., Al-Ashtal, A.M.S., Alhammadi, M.S., Almashraqi, A.A. (2025). Assessment of the possible synergetic effect of micro-osteoperforations and injectable platelet-rich fibrin on the rate of maxillary canine retraction of young adults: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *Int Orthod*, 23(3), 101006. PMID: 40220673. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2025.101006>
13. Martínez-Aldave, Alejandro, Tapia, Gissella. (2024). Local administration of prostaglandins to accelerate the orthodontic movement. A literature review. *Rev Cient Odontol (Lima)*, 12(3), e211. PMID: 39444721. DOI: <https://doi.org/10.21142/2523-2754-1203-2024-211>
14. Sagar, S., Ramani, P., Yuwanati, M., Moses, S., & Ramalingam, K. (2024). Role of 1, 25 dihydroxycholecalciferol on the rate of orthodontic tooth movement—a systematic review. *International Journal of Orthodontic Rehabilitation*, 14(4), 19-32. DOI: <https://doi.org/10.56501/intjorthodrehabil.v14i4.877>
15. Ferrillo, M., Calafiore, D., Lippi, L., Agostini, F., Migliario, M., Invernizzi, M., ... & de Sire, A. (2024). Role of vitamin D for orthodontic tooth movement, external apical root resorption, and bone biomarker expression and remodeling: A systematic review. *Korean Journal of Orthodontics*, 54(1), 26-47. PMID: 38268460. DOI: <https://doi.org/10.4041/kjod23.064>
16. Kacprzak, A., Strzecki, A. (2018). Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature. *Dent Med Probl*, 55(2), 197-206. PMID: 30152625. DOI: <https://doi.org/10.17219/dmp/90989>
17. Sun, Y., Fu, J., Lin, F., Li, S., Du, J., Liu, Y., Bai, Y. (2022). Force-Induced Nitric Oxide Promotes Osteogenic Activity during Orthodontic Tooth Movement in Mice. *Stem Cells Int*, 4775445. PMID: 36110889. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/4775445>
18. Yavuz, M. C., Sunar, O., Buyuk, S. K., & Kantarci, A. (2018). Comparison of piezocision and discision methods in orthodontic treatment. *Prog Orthod*, 19(1), 44. PMID: 30370430. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0244-y>
19. Hu Y, Li H. (2022). Biological mechanism of surgery-mediated acceleration of orthodontic tooth movement: A narrative review. *J Int Med Res*, 50(9), 3000605221123904. PMID: 36124927. DOI: <https://doi.org/10.1177/03000605221123904>
20. Charavet, C., Lambert, F., Lecloux, G., Le Gall, M. (2019). Traitement orthodontique accéléré par corticotomies: quelles sont les alternatives minimalement invasives ? *Orthod Fr*, 90(1), 5-12. [ Accelerated orthodontic treatment using corticotomies: what are the minimally invasive alternatives? ]. *Orthod Fr*, 90(1), 5-12. In French. PMID: 30994445. DOI: <https://doi.org/10.1051/orthodfr/2019002>
21. Mousa, M.R., Hajeer, M.Y., Burhan, A.S., Heshmeh, O., Alam, M.K. (2023). The effectiveness of minimally-invasive corticotomy-assisted orthodontic treatment of palatally impacted canines compared to the traditional traction method in terms of treatment duration, velocity of traction movement and the associated dentoalveolar changes: A randomized controlled trial. *F1000Res*, 12, 699. PMID: 37920456. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.135338.1>
22. Charavet, C., Lecloux, G., Bruwier, A., Vandenberghe, B., Le Gall, M., Lambert, F. (2018). Selective piezocision-assisted orthodontic treatment combined with minimally invasive alveolar bone regeneration: A proof-of-concept. *Int Orthod*, 16(4), 652-664. PMID: 30391131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2018.09.021>
23. Eid, F.Y., El-Kalza, A.R. (2024). The effect of single versus multiple piezocisions on the rate of canine retraction: a randomized controlled trial. *BMC Oral Health*, 24(1), 1024. PMID: 39215274. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04716-6>
24. Lipani, E., Pisani, E., Verrone, M., Bitonto, F., Verdecchia, A., Spinaz, E. (2025). Evaluation of the Efficacy of Corticotomy and Piezocision on Canine Retraction: A Systematic Review. *Dent J (Basel)*, 13(2), 57. PMID: 39996931. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj13020057>
25. Alqadasi, B., Xia, H. Y., Alhammadi, M. S., Hasan, H., Aldhorae, K., & Halboub, E. (2021). Three-dimensional assessment of accelerating orthodontic tooth movement—micro-osteoperforations vs piezocision: A randomized, parallel-group and split-mouth controlled clinical trial. *Orthod Craniofac Res*, 24(3), 335-343. PMID: 33124098. DOI: <https://doi.org/10.1111/ocr.12437>

26. Raj, S. C., Praharaj, K., Barik, A. K., Patnaik, K., Mahapatra, A., Mohanty, D., ... & Panda, S. M. (2020). Retraction with and without piezocision-facilitated orthodontics: a randomized controlled trial. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 40(1), e19-e26. PMID: 31815981. DOI: <https://doi.org/10.11607/prd.3968>
27. Bakr, A. R., Nadim, M. A., Sedky, Y. W., El Kady, A. A., Nadim, M., & Sedky, Y. (2023). Effects of flapless laser corticotomy in upper and lower canine retraction: a split-mouth, randomized controlled trial. *Cureus*, 15(4), e37191. PMID: 37159786. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.37191>
28. Kalemaj, Z., Debernardi, CL., Buti, J. (2015). Efficacy of surgical and non-surgical interventions on accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Eur J Oral Implantol*, 8(1), 9-24. PMID: 25738176.
29. Gujar, AN., Shivamurthy, PG. (2023). Effect of 125 Hz and 150 Hz vibrational frequency electric toothbrushes on the rate of orthodontic tooth movement and prostaglandin E2 levels. *Korean J Orthod*, 53(5), 307-316. PMID: 37746776. DOI: <https://doi.org/10.4041/kjod23.076>
30. Benjakul, S., Jitpukdeebodintr, S., Leethanakul, C. (2018). Effects of low magnitude high frequency mechanical vibration combined with compressive force on human periodontal ligament cells in vitro. *Eur J Orthod*, 40(4), 356-363. PMID: 29016746. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejo/cjx062>
31. Azeem, M., Afzal, A., Jawa, SA., Haq, AU., Khan, M., Akram, H. (2019). Effectiveness of electric toothbrush as vibration method on orthodontic tooth movement: a split-mouth study. *Dental Press J Orthod*, 24(2), 49-55. PMID: 31116287. DOI: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.24.2.049-055.oar>
32. Leethanakul, C., Suamphan, S., Jitpukdeebodintr, S., Thongudomporn, U., & Charoemratrote, C. (2016). Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*, 86(1), 74-80. PMID: 25811245. DOI: <https://doi.org/10.2319/111914-830.1>
33. Khera, A. K., Raghav, P., Mehra, V., Wadhawan, A., Gupta, N., & Phull, T. S. (2022). Effect of customized vibratory device on orthodontic tooth movement: A prospective randomized control trial. *J Orthod Sci*, 11, 18. PMID: 35754416. DOI: 10.4103/jos.jos\_127\_21
34. Jing, D., Xiao, J., Li, X., Li, Y., Zhao, Z. (2017). The effectiveness of vibrational stimulus to accelerate orthodontic tooth movement: a systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1), 143. PMID: 29195495. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0437-7>
35. Pérignon, B., Bandiaky, ON., Fromont-Colson, C., Renaudin, S., Peré, M., Badran, Z., Cuny-Houchmand, M., Soueidan, A. (2021). Effect of 970 nm low-level laser therapy on orthodontic tooth movement during Class II intermaxillary elastics treatment: a RCT. *Sci Rep*, 11(1), 23226. PMID: 34853360. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02610-7>
36. Zheng, J., Yang, K. (2021). Clinical research: low-level laser therapy in accelerating orthodontic tooth movement, *BMC Oral Health*, 21(1), 324. PMID: 34182967. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01684-z>
37. AlSayed Hasan, MMA., Sultan, K., Hamadah, O. (2017). Low-level laser therapy effectiveness in accelerating orthodontic tooth movement: A randomized controlled clinical trial. *Angle Orthod*, 87(4), 499-504. DOI: <https://doi.org/10.2319/062716-503.1>. Erratum in: *Angle Orthod*, 2018, 88(1), 125. DOI: <https://doi.org/10.2319/0003-3219-88.1.125>. PMID: 27869476. DOI: <https://doi.org/10.2319/0003-3219-88.1.125>
38. Varella, AM., Revankar, AV., Patil, AK. (2018). Low-level laser therapy increases interleukin-1 $\beta$  in gingival crevicular fluid and enhances the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 154(4), 535-544.e5. PMID: 30268264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.01.012>
39. Üretürk, SE., Saraç, M., Fıratlı, S., Can, ŞB., Güven, Y., Fıratlı, E. (2017). The effect of low-level laser therapy on tooth movement during canine distalization. *Lasers Med Sci*, 32(4), 757-764. PMID: 28289894. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2159-0>
40. Sedej, A., Svetina, N., Golez, A., Cankar, K., Ban Frangez, H., Frangez, I., Ovsenik, M., Nemeth, L. (2025). Effect of led photobiomodulation on tooth movement, gingival hypertrophy and pain in response to treatment with fixed orthodontic appliance. *Lasers Med Sci*, 40(1), 200. PMID: 40249460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-025-04444-5>
41. Bajaj, I., Garg, A. K., Gupta, D. K., & Singla, L. (2022). Comparative effect of micro-osteoperforation and low level laser therapy on the rate-of-maxillary canine retraction: A split mouth randomized clinical trial. *Clin Ter*, 173(1), 39-45. PMID: 35147645. DOI: <https://doi.org/10.7417/CT.2022.2389>

### Modern Methods of Accelerating Orthodontic Tooth Movement in Delayed Eruption: a Systematic review

**Doroshenko O., Doroshenko M., Omelyanenko O.**

Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Introduction.** Delayed tooth eruption remains one of the most pressing problems in modern orthodontics, as it significantly complicates treatment planning and implementation, prolongs treatment duration, and increases the risk of complications.

Patients with impacted teeth are more likely to experience gum recession, malocclusion, resorption of adjacent roots, and psychological discomfort, especially in adolescence. In this regard, the issue of accelerating orthodontic tooth movement in delayed eruption has gained particular relevance in both scientific and practical terms. Safety, biocompatibility, and proven effectiveness of the methods used are key criteria for choosing treatment tactics. A personalized approach, focusing on the condition of the bone tissue, type of retention, patient age, and concomitant pathologies, combined with interdisciplinary cooperation, is a key factor in determining success.

Thus, in modern clinical orthodontics, the emphasis should be placed not only on eliminating mechanical obstacles to tooth eruption but also on actively stimulating the physiological processes of eruption to achieve rapid, stable, and aesthetically satisfactory results.

**Purpose:** based on the analysis of literary sources, to evaluate the effectiveness of modern methods of accelerating orthodontic tooth movement in the case of delayed eruption.

**Materials and methods.** Information search and analysis of scientific sources were conducted using the scientometric databases Web of Science, PubMed, and Google Scholar over the past 15 years.

**Conclusion:** Modern methods of accelerating orthodontic tooth movement when their eruption is delayed allow to effectively shorten the duration of treatment and reduce the risk of complications, ensuring better clinical results thanks to a comprehensive and personalized approach.

**Keywords:** *orthodontic tooth movement, delayed teeth eruption, surgical, pharmacological and biostimulating technologies (laser, photobiomodulation, vibration).*

*Дорошенко Олена Миколаївна* — доктор медичних наук, професор, професор кафедри ортопедичної стоматології, цифрових технологій та імплантології НУОЗ України імені П. Л. Шупика,

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8859-3610>

*Дорошенко Максим Віталійович* — кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри стоматології НУОЗ України імені П. Л. Шупика,

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2825-6441>

*Омельяненко Ольга Анатоліївна* — кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри ортопедичної стоматології, цифрових технологій та імплантології НУОЗ України імені П. Л. Шупика,

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3989-2160>

**Стаття: надійшла до редакції 04.04.2025 р.; прийнята до друку 13.06.2025 р.**