

СКЕЛЕТНЕ РОЗШИРЕННЯ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЕПИ У ДОРΟΣЛИХ: СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ

А.М. Кирилюк, М.М. Рожко, Т.М. Дмитришин,
О.М. Рожко, М.І. Кирилюк, Х.В. Ковалишин

Івано-Франківський національний медичний університет

Резюме. У статті наведено літературні дані стосовно скелетного розширення верхньої щелепи в дорослих. Розглянуто історичний розвиток цього методу, підходи до ортодонтичного лікування, методи корекції та віддалені результати.

Мета. Проаналізувати методи скелетного розширення верхньої щелепи в дорослих, їх ефективність, визначити аспекти, які потребують подальшого вирішення.

Методи дослідження: аналітичний, порівняльний, семантичний, метод систематизації наукових знань.

Результати дослідження. У дорослих розширення верхньої щелепи може виявитися складним через надмірну резорбцію щічного кореня та рецесію ясен. Для подолання цих труднощів було запроваджено хірургічне швидке розширення верхньої щелепи SARME. Важливими факторами під час швидкого розширення верхньої щелепи є швидкість розширення, тип апарату, вік і стать пацієнта, ступінь розбіжності між трансверзальними розмірами верхньої та нижньої щелеп, ступінь перехресного прикусу та рівень ангуляції молярів, фізична доступність простору для розширення, наявність супутніх захворювань та метаболічних розладів, стан пародонту та слизової ясен.

Виявлено, що за типами скелетні розширювачі поділяються на ті, що фіксуються на піднебінному склепінні (транспалатинальні дистрактори), а також на прилади зі скелетною опорою. Швидке скелетне розширення представлено в літературі з різними конструкціями щодо кількості та довжини міні-гвинтів, кількості опорних зубів та розташування апарату на піднебінні. Однак усі вони характеризувалися клінічно порівняною ефективністю щодо зубокоміркових, скелетних та назальних ефектів.

Доведено, що застосування швидкого розширення верхньої щелепи є можливим у будь-якому віці, а розбіжності між показниками підліткового, молодого та зрілого віку є нерелевантними.

Висновки. Метод швидкого скелетного розширення в дорослій ортодотії є доволі ефективним і вважається методом вибору при ситуаціях трансверзального дефіциту верхньої щелепи. У дослідженнях доведено порівняну ефективність різних методів швидкого розширення верхньої щелепи, проте все ж актуальним питанням залишається оцінка віддалених результатів, прогнозу успішності лікування, зміни просвіту дихальних шляхів і впливу на структури лицевого скелета, та змін, які виникають у м'яких тканинах після використання MARPE.

Ключові слова: швидке скелетне розширення, методи, ефективність, верхня щелепа, ортодонтія дорослих, апарати MARPE.



UDK:616.7+616.314-089+616.716

DOI: 10.31793/2709-7404.2026.7.1.5

© А.М. Кирилюк, М.М. Рожко,
Т.М. Дмитришин, О.М. Рожко,
М.І. Кирилюк, Х.В. Ковалишин



ліцензія Creative Commons Attribution
4.0 International (CC BY 4.0)

Skeletal expansion of the upper jaw in adults: current state of the problem

Kyrylyuk A.M., Rozhko M.M., Dmytryshyn T.M., Rozhko O.M., Kyrylyuk M.I., Kovalishyn H.V.
Ivano-Frankivsk National Medical University, Department of Postgraduate Dentistry

Abstract. The article presents literature data on skeletal expansion of the maxilla in adults. The historical development of this method, approaches to orthodontic treatment, correction methods and long-term results are considered.

Purpose. To analyze the methods of skeletal expansion of the maxilla in adults, their effectiveness, and to identify aspects that require further resolution.

Research methods: analytical, comparative, semantic, method of systematization of scientific knowledge.

Research results. In adults, maxillary expansion can be difficult due to excessive buccal root resorption and gingival recession. To overcome these difficulties, SARME — surgical rapid maxillary expansion was introduced.

Important factors during rapid maxillary expansion are the speed of expansion, the shape of the appliance, the age and gender of the patient, the degree of discrepancy between the upper and lower jaws, the degree of crossbite and the level of molar angulation, the physical availability of space for expansion, the presence of concomitant diseases and metabolic disorders, the condition of the periodontium and gingival mucosa.

It was found that skeletal expanders are divided into those that are attached to the palatal arch (transpalatal distractors) and devices with bone fixation of the tooth. Rapid skeletal expansion is presented in the literature with different designs regarding the number and length of mini-screws, the number of fixed teeth and the position of the device along the palate. However, all of them were characterized by clinically comparable effectiveness in terms of dentoalveolar, skeletal and nasal effects.

It has been proven that the use of rapid expansion of the upper jaw is possible at any age, and the differences between the indicators of adolescence, young and mature age are irrelevant.

Conclusions. The method of rapid skeletal expansion in adult orthodontics is quite effective and is considered the method of choice in situations of transverse deficiency of the upper jaw. Studies have proven comparable effectiveness of different methods of rapid expansion of the upper jaw, but the evaluation remains an urgent issue.

Keywords: rapid skeletal expansion, methods, effectiveness, upper jaw, adult orthodontics, MARPE appliances.

Частота звертання дорослих пацієнтів за ортодонтичним лікуванням неухильно зростає. До основних причин цього можна віднести якість сучасної ортодонтичної допомоги, високі функціональні та стабільні результати ортопедичного лікування після попередньої корекції співвідношення щелеп та зубних рядів, а також зростаючі соціальні вимоги до зовнішнього вигляду в цілому.

Згідно з сучасними літературними даними, серед дорослих ортодонтичних пацієнтів скелетне звуження верхньої щелепи зустрічається в 10-32% випадків [35]. Враховуючи те, що звуження основи верхньої щелепи, зазвичай, супроводжується надмірною інклинацією бічної групи зубів у результаті дефіциту місця, такий побічний ефект стає критичним у більшості випадків. Провисання піднебінних горбів бокових зубів призводить до деформації кривої Вілсона, виникнення небажаних оклюзійних контактів та відсутності стабільної оклюзії.

Ще одним важливим аспектом при ортодонтичному лікуванні дорослих пацієнтів із завершеним скелетним ростом є особливості ремодельовання кістки під навантаженням. Розширення на зубокомірковому рівні можливе лише за достатньої кількості коміркової кістки [13, 15, 41]. Вже наявний дефіцит кісткової тканини істотно обмежує вестибулярні рухи зубів. Традиційні дистрактори з назубною опорою спричиняють ортопедичне навантаження більше 350 г/см² в результаті якого відбувається резорбція не тільки коміркової кістки, але й кортикальної пластинки.

Одним із підходів ортодонтичного лікування в таких випадках є використання методики SARPE (Surgical Assisted Rapid Palatal Expansion) — швидке розширення верхньої щелепи з хірургічною асистенцією [38]. Ця методика дозволяє отримати ефективне корпусне розширення верхньої щелепи із відсутністю небажаних пародонтальних ефектів. До недоліків методу можна віднести те, що він є повноцінним хірургічним втручанням, яке

вимагає умов стаціонару, проведення загальної анестезії, відновлення після втручання.

Таким чином, перспективним напрямом практичної ортодонції є пошук методу корекції звуження верхньої щелепи та відновлення координатності зубних рядів у дорослих пацієнтів із завершеним скелетним ростом та використанням малоінвазивних методик.

Матеріали та методи

Щоб розглянути аспекти розвитку й перспективи клінічного застосування скелетного розширення верхньої щелепи у дорослих, був проведений пошук в базі PubMed з 1991 по 2026 роки. Ключовими словами, використаними в дослідженні, були: швидке скелетне розширення, методи, ефективність, верхня щелепа, ортодонція дорослих. Заголовки та анотації спочатку перевірялися перед розглядом повних текстів статей.

Результати дослідження

Історичний огляд. Розширення верхньої щелепи було описано в стоматологічній літературі ще в 1860 році Emerson C. Angell [5, 9]. Пізніше Haas запропонував свій метод, який і сьогодні є одним із основних [5, 9]. Однак у дорослих розширення верхньої щелепи може виявитися складним. Це пов'язано не лише з окостенінням середньопіднебінного шва, а й з опором навколощелепних кісток і швів, які забезпечують основний опір розширенню. Для подолання цих труднощів було запроваджено хірургічне швидке розширення верхньої щелепи SARME [5, 9]. Хірургічне втручання зазвичай включає остеотомію за LeFort I. з крилощелепною дизартікуляцією та розщепленням середнього піднебіння.

Анатомія верхньої щелепи. Міцність навколощелепних кріплень завдяки м'язово-зв'язковому апарату є особливо сильною в задньо-верхньо-медіальних та задньо-верхньо-латеральних ділянках верхньої щелепи. Піднебінна кістка тісно зв'язана з верхньою щелепою, утворюючи повне тверде піднебіння, дно носа та більшу частину бічної стінки носової порожнини. Вона з'єднується спереду з верхньою кісткою через поперечні піднебінні шви, а ззаду — через крилоподібний відросток клиноподібної кістки. Міжпіднебінний шов з'єднує дві піднебінні кістки на горизонтальних пластинках безперервним міжщелепним швом. Ці шви утворюють з'єднання трьох парних кісток: передщелепної, верхньої та піднебінної [42].

Оскільки прохідність шва є надзвичайно важливою для швидкого скелетного розширення,

важливо знати, коли шов закривається синостозом. У середньому 5% шва закривається до 25 років. Найбільш раннє закриття відбувається в дівчат у віці 15 років. Більший ступінь облітерації відбувається ззаду, ніж спереду. Окостеніння відбувається дуже пізно, попереду від різцевого отвору — це важливо при плануванні хірургічної асистенції із застосуванням швидкого скелетного розширення на пізніх стадіях [28]

Типи пристроїв для скелетного розширення верхньої щелепи (MARPE). З огляду на зубо-коміркові побічні ефекти при швидкому розширенні верхньої щелепи (RME), деякі автори пропонують використовувати ортодонтичні апарати з опорою на мікроімпланти, таким чином зменшуючи потребу в хірургічних остеотоміях [1].

Wehrbein та ін. [43] вперше представили використання міні-гвинтів у піднебінній ділянці. Mommaerts та ін. [29] використав міні-гвинти для розширення верхньої щелепи з транспалатальним дистрактором, який вважався першим хірургічним методом. Розроблений дистрактор використовувався для розширення верхньої щелепи після остеотомії бічних стінок верхньощелепних пазух і середньо-піднебінного шва. Раніше всі звичайні пристрої, що використовувалися для SARME (хірургічно асистованого швидкого розширення верхньої щелепи), фіксувалися на зуби.

Слід зазначити, що фіксація на зуби має низку потенційних недоліків, включаючи втрату фіксації, рецидив звуження верхньої щелепи як під час, так і після періоду росту, кортикальну фенестрацію та резорбцію буккального кореня. Незважаючи на варіабельність відстані між іклами, значення розширення передньої та задньої ширини зубної дуги в дослідженнях відрізнялися сталими показниками [27]. Тому на сьогодні хірургічно асистоване швидке розширення верхньої щелепи все ще не віднесено до процедури вибору внаслідок високої ціни, небезпеки пошкодження коренів та інфікування [45].

Для прямого навантаження на верхньощелепну кістку нещодавно з'явилися пристрої для розширення з опорою на імпланти та допоміжні пристрої як можлива альтернатива інвазивним хірургічним процедурам [17, 20, 21]. Мова іде про верхньощелепні скелетні розширювачі з опорою на мікроімпланти (MARPE). Вони передають тиск на верхньощелепну кістку через інтегровані в неї мікроімпланти [6, 14].

Механізм скелетного розширення верхньої щелепи в дорослому віці. У дослідженнях було доведено, що справжня кістка середньо-піднебінного облітераційного шва на рентгенограмах не відповідає хронологічному віку, і люди віком від

10 до 30 років можуть мати фактично порівняні результати гістології [19].

У своєму дослідженні Lin зауважив, що апарат RME (rapid maxillary expander) із кістковою опорою, мав кращі ортопедичні переваги та менший зубокомірковий негативний вплив у пізньому підлітковому віці, ніж конвенціональний апарат RME [24] (середній вік двадцять два роки). Згідно з нещодавнім гістологічним дослідженням, незважаючи на те, що на рентгенограмах було верифіковано повне окостеніння, лише передня частина шва була повністю осифікованою в осіб старше 70 років, [4].

Voryor et al. [4] продемонстрували, що міжщелепний шов можна розкрити з мінімальною поперечною силою. Щоб розкрити зрощений шов у 73-річної жінки, потрібна мінімальна сила (80-90 Н). Ця сила є порівняною з показниками RME в юнаків із незарощеними швами. Задні ділянки зразків були заповнені сполучної тканиною. Цим дослідженням було підтверджено, що шов середнього піднебіння є єдиним краніальним швом, який не повністю костеніє через постійне механічне навантаження [6].

Choi et al. [10] провів подібне дослідження в групі пізнього підліткового віку та підтвердив ці докази. Серед шестидесяти дев'яти учасників невдалі результати розширення верхньої щелепи за допомогою MARPE були ідентифіковані в дев'яти. У результаті розрив шва й діастема виникли в цій групі у 86,9% випадків. У дослідженні Park et al [37] лише у трьох з 19 пацієнтів, пролікованих з використанням апарату MARPE, встановлені незадовільні результати розкриття середньопіднебінного шва. Пацієнти виключені з подальшого проспективного спостереження, що дало 84,2% успіху. Досі незрозуміло, чому певні випадки MARPE є невдалими.

Brunetto та ін. вважають, що причиною цього є [6] черепно-лицьова архітектура (високий опір) і розбіжності в моделях кальцифікації піднебінного шва. Choi [10] погоджується з Lee та ін. [22] і вважає, що нездатність розширення в дорослих спричинена відмінностями в облітерації шва з резистентністю черепно-лицьових характеристик. У результаті вони дійшли висновку, що ефект виличного опору та опір крилопіднебінного з'єднання були причиною невдалих результатів в дев'яти випадках, незважаючи на те, що скелетне розширення було успішно досягнуто в більшості випадків. Однак вони вважали, що опір черепно-лицьових структур відіграє головну роль у подальшому рецидиві [10].

У своєму систематичному огляді Liu [25] вказує на успішність розкриття середньопіднебінного шва під час RME, незважаючи на те, що

у двох дослідженнях [3, 12] пацієнти були набагато старшими за 18 років. Korbmacher et al. [20] використовували комп'ютерну томографію, щоб розділити піднебінні тканини людини на три вікові групи від 14 до 71 року (до 25, від 25 до 30 і більше 30 років). Лише щільність кісткової тканини показала значні зміни між віковими групами. У найстаршій і молодшій вікових групах щільність кісткової тканини була значно знижена, тоді як у групі середнього віку була найбільша щільність кісткової тканини (53,2%). У цьому дослідженні не спостерігалось зв'язку між зразками середнього піднебінного шва та середнього індексу облітерації з хронологічним віком. Згідно з Liu та ін., щільність швів кістки є ознакою, яка обмежує консервативний метод RME [25].

Вплив різних конструкцій MARPE. В роботі Lee було представлено двадцятирічного пацієнта в ході пілотного експерименту у 2010 році за допомогою першого розширювального пристрою, прикріпленого до піднебіння за допомогою міні-гвинтів. Експеримент підтвердив можливість кісткового розширення («bone-bone») [22]. Подальші клінічні та рентгенографічні дослідження підтвердили, що розширення було успішним з мінімальним впливом на зуби і пародонт, із задовільними клінічними й рентгенологічними результатами. Автори виявили, що це швидке скелетне розширення верхньої щелепи є ефективною стратегією терапії для трансверзальної піднебінної корекції в дорослих пацієнтів із черепно-лицевими аномаліями, що виключає необхідність хірургічних операцій. Щоб закріпити міні-гвинти, Lee et al. використовували металеві подовжувачі, припаяні до розширювального гвинта та скріплені епоксидною смолою [22].

Moon [31] і MacGinnis та ін. [26] використали результати Lee, запропонувавши чотири міні-гвинти, паралельні серединному піднебінному шву та з'єднані з одним опорним зубом з кожного боку й корпусом розширювального гвинта. Авторами було представлено новий розширювач верхньощелепного скелета із зубно-кістковим кріпленням (MARPE).

Park et al. [37] провів дослідження з використанням MARPE на чотирнадцяти особах віком $20,1 \pm 3,8$ років. Цього разу пристрій MARPE було створено шляхом модифікації звичайного пристрою RME типу Huxar. Вони припаяли чотири міцні роз'єми з дроту з нержавіючої сталі з гвинтовими гачками до основи стандартного корпусу гвинта Huxar. Зона піднебінних складок отримала два передніх гачка, а парасагітальна ділянка — два задні гачки. Потім кожен спіральний гачок був оснащений чотирма міні-гвинтами

в центрі. Пізніше така ж конструкція апарату використовувалася в багатьох експериментах [2, 8, 16, 40, 46].

Lim et al. [23] використовували цей метод для дослідження варіації вимірювань зубів, комірок і скелета у двадцяти чотирьох осіб (середній вік 21,6 років). Автори підтвердили результати попередніх досліджень про успішність MARPE в дорослих пацієнтів. У двох інших роботах використовувався аналогічний дизайн апарату. Перший випадок полягав в оцінці стабільності ефекту в шістдесяти дев'яти дорослих пацієнтів [10]. Іншим був випадок лікування трансверзального звуження верхньої щелепи у двадцятичотирьохрічної жінки [11]. Обидва дослідження виявили, що MARPE є успішною технікою лікування дорослих пацієнтів із трансверзальним звуженням верхньої щелепи.

У дослідженні Cantarella та ін. [8], апарат для швидкого скелетного розширення верхньої щелепи було зафіксовано на піднебінні за допомогою чотирьох мікроімплантатів. Результати показали, що розкриття середнього піднебінного шва було практично точно паралельним передньо-задній частині цього апарату та його положенню. Ті ж автори в 2018 році опублікували іншу статтю [7] з використанням іншого дизайну апарату. Пристрій MARPE цього разу складався з гвинта з чотирма отворами для піднебінних мінігвинтів і двосторонніх плечей, прикріплених до молярів. Вони виявили, що після лікування MARPE верхньощелепна та вилична кістки, а також вилична дуга були значно зміщені у латеральному напрямку в горизонтальній площині. Центр обертання вилично-щелепного комплексу був у напрямку до проксимального відділу виличного відростка скроневої кістки.

Zong та ін. у своєму дослідженні [47] використовували пристрій, що складається з центрального розширювального гвинта, припаяного до чотирьох трубок, які слугували для встановлення мікроімплантатів. Мікроімплантати мали діаметр 1,8 мм і довжину 11 мм. За словами авторів, чим довша довжина мікроімплантатів, тим кращий виникав бікортикальний анкораж з перфорацією піднебіння та носового дна, що, у свою чергу, вимагало меншої сили, необхідної при розширенні.

Wilmes та ін. представив мініімплантати з абатментами (Benefit system, PSM Medical Solutions, Тутлінген, Німеччина) у 2008 році [34], які передбачають гвинтову фіксацію ортодонтичної конструкції. Автор рекомендує встановлювати мініімплантати в ділянці передньої третини піднебіння, оскільки товщина кісткової тканини в цьому місці є найбільшою. Також при такому

позиціонуванні мініімплантів вектор розширення наближається до центру опору верхньощелепних сегментів, що забезпечує менший щічний нахил молярів і меншу резорбцію щічної коміркової кістки [45], та більше базальне розширення верхньої щелепи. Встановлення піднебінних мініімплантатів є мінімально інвазивним, не потребує хірургічної клаптевої операції. Для розширення верхньої щелепи встановлення мініімплантів виконується в межах ділянки, яку автор називає Т-зоною, безпосередньо позаду третьої піднебінної складки [30, 32]. У дорослих потрібне попереднє свердління на 2–3 мм через щільну кортикальну кістку та використовуються мін-імплантати діаметром 2 мм і довжиною 9 мм. Таке позиціонування мініімплантів гарантує, що імплантати знаходяться в зоні з найкращою якістю кісткової тканини, подалі від коренів різців. Система забезпечує легке з'єднання зі звичайним розширювальним гвинтом Нугах за допомогою спеціальних абатментів, що робить процес встановлення ортодонтичної конструкції простішим.

Мініімплантат, встановлений занадто далеко спереду, може пошкодити носо-піднебінний канал, який містить нерви та артерії. У той час як встановлення в задній частині твердого піднебіння може спричинити пошкодження слинних залози цієї ділянки. Вибір відповідних мінігвинтів обговорювався Nojima та ін. [33], який представив систематизований протокол, також у цій статті були оцінені та обговорені показники, пов'язані з товщиною кістки та м'яких тканин піднебіння.

Темпи швидкого розширення верхньої щелепи. Brunetto [6] представив роботу, де було вивчено швидкість розширення апаратом з кроком активації 0,2 мм за оберт. Найчастіше швидкість розширення в різних дослідженнях [35, 39] становила два оберти на день (0,2 мм на оберт). Така ж величина розширення була застосована Zong та ін. [47], але з іншою шириною гвинта (0,3 мм на оберт). З іншого боку, Lagraverе та ін. [21] і Choi та ін. [10] у своїх дослідженнях використовували повільне розширення через день (один оберт на 0,2 мм), щоб зменшити пошкодження тканин, запалення та дискомфорт.

Оцінка стабільності після швидкого хірургічного розширення верхньої щелепи. У роботі Lagraverе та ін. [21] досліджено короткострокові та віддалені ефекти апаратів для розширення верхньої щелепи із скелетною та дентальною опорою. Коронка та верхівка кореня першого моляра верхньої щелепи, коронка та корінь першого премоляра, комірка в ділянці першого моляра та премоляра та корінь центрального різця продемонстрували значне тривале розширення в обох

групах лікування. Choi у своєму дослідженні [10] виконав задньо-передні цефалометричні рентгенографічні знімки та відбитки зубів, які були отримані під час проспективного спостереження після $30,2 \pm 13,2$ місяців лікування. Оскільки в жодного з пацієнтів не було рецидиву заднього перехресного прикусу, автори вважають MARPE клінічно прийнятним і стабільним підходом до лікування для цієї вікової групи (середній вік $20,9 \pm 2,9$ років). Lim та ін. [23] досліджували зміни зубних, коміркових і скелетних маркерів через рік після MARPE у 24 пацієнтів (середній вік — 21,6 років). Незважаючи на деякі рецидиви, MARPE призвело до значних покращень у більшості випадків із загалом стабільними результатами. Kim et al. [18] виявили, що об'єм і площа поперечного перерізу носової порожнини збільшувались і залишалися стабільними в чотирнадцяти пацієнтів (середній вік — 22,7 року) через рік після розширення за допомогою MARPE.

Висновки

Вплив традиційного RME на скелет у дорослих є доволі варіабельним, а метод — ефективним, у

той же час, не завжди повністю передбачуваним, ризикованим, з високою частотою побічних ефектів. Швидке скелетне розширення представлено в літературі з різними конструкціями щодо кількості та довжини міні-гвинтів, кількості опорних зубів і розташування апарату на піднебінні. Однак, усі вони характеризувалися клінічно порівняною ефективністю щодо зубокоміркових, скелетних та назальних ефектів.

Натепер цей напрямок вважається методом вибору при ситуаціях трансверзального дефіциту верхньої щелепи в дорослих. У порівняльних дослідженнях переваги MARPE було доведено в рівномірному розподілі тиску, що зменшило навантаження на щічні кортикальні пластини в ділянці опорних зубів.

В численних роботах присвячених RME показано стабільні зміни скелета, дихальних шляхів та м'яких тканин обличчя через рік і більше після розширення.

Попри це, такий метод потребує додаткового дослідження щодо оцінки віддалених результатів, прогнозу успішності лікування, просвіту дихальних шляхів та впливу на структури лицевого скелета та змін, які виникають у м'яких тканинах після використання MARPE.

Список використаної літератури

- Allam A, Basaruddin A, Ab Rahman N. Maxillary Skeletal Expansion as a Reliable Technique for Correction of Transverse Deficiencies in Adults: A Concise Review. *Journal of Research in Medical and Dental Science*. 2022; 10 (10): 23-32. Available from: <https://www.jrmds.in/articles/maxillary-skeletal-expansion-as-a-reliable-technique-for-correction-of-transverse-deficiencies-in-adults-a-concise-review-96475.html>
- Alsawaf DH, Almaasarani SG, Hajeer MY, Rajeh N. The effectiveness of the early orthodontic correction of functional unilateral posterior crossbite in the mixed dentition period: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod*. 2022; 23 (1): 5. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-022-00398-4>
- Baydas B, Yavuz I, Uslu H, et al. Nonsurgical rapid maxillary expansion effects on craniofacial structures in young adult females: A bone scintigraphy study. *Angle Orthod*. 2006; 76: 759–67. Available from: [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2006\)076\[0759:NRMEEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2006)076[0759:NRMEEO]2.0.CO;2)
- Boryor A, Hum B, Hohmann A, et al. Use of a modified expander during rapid maxillary expansion in adults: An in vitro and finite element study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013; 28: 11–16. Available from: <https://doi.org/10.11607/jomi.2078>
- Bräutigam M, Wilmes B, Tarraf NE, Drescher D. Surgically assisted rapid maxillary expansion in lingual orthodontics – optimizing of coupling and timing. *Bräutigam et al. Head & Face Medicine*. 2018; 14: 16. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13005-018-0172-6>
- Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, et al. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dent Press J of Orthod*. 2017; 22: 110-25. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.22.1.110-125.sar>
- Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog in Orthod*. 2017; 18: 34. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-017-0188-7>
- Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, et al. Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with CBCT images. *Prog in Orthod*. 2018; 19: 41. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0240-2>
- Carmen M, Marcella P, Giuseppe C, Roberto A. Periodontal evaluation in patients undergoing maxillary expansion. *J Craniofac Surg*. 2000; 11: 491–4. Available from: <https://doi.org/10.1097/00001665-200011050-00009>
- Choi SH, Shi KK, Cha JY, et al. Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod*. 2016; 86: 713–20. Available from: <https://doi.org/10.2319/101415-689.1>
- Cunha AC, Lee H, Nojima LI, et al. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion for managing arch perimeter in an adult patient. *Dent Press J Orthod*. 2017; 22: 97-108. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.22.3.097-108.oar>
- Davidovitch M, Efstathiou S, Sarne O, et al. Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2-versus 4-band appliances. *Am J of Orthod and Dentofac Orthoped*. 2005; 127: 483–92. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.01.021>
- Gerlach KL, Zahl C. Transversal palatal expansion using a palatal distractor. *J of Orofac Orthoped*. 2003; 64: 443–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00056-003-0241-7>
- Hortono N, Seogiharto BM, Widayati R. The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE): A finite element analysis. *Prog Orthod*. 2018; 19: 33. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0229-x>

15. Inchingolo AD, Ferrara I, Viapiano F, et al. Rapid Maxillary Expansion on the Adolescent Patient: Systematic Review and Case Report. *Children (Basel)*. 2022; 14(9):1046. Available from: <https://doi.org/10.3390/children9071046>
16. Inchingolo AM, Patano A, De Santis M, et al. Comparison of Different Types of Palatal Expanders: Scoping Review. *Children (Basel)*. 2023; 10 (7): 1258. Available from: <https://doi.org/10.3390/children10071258>
17. Jamilian A, Jamloo H, Majidi K, Zarezadeh M. The Impact of Mini-Screws and Micro-Implants on Orthodontic Clinical Outcomes: An Umbrella Meta-Analysis. *Clin Exp Dent Res*. 2025; 11(5): e70220. Available from: <https://doi.org/10.1002/cre2.70220>
18. Kim SY, Park YC, Lee KJ, et al. Assessment of changes in the nasal airway after nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion in young adults. *Angle Orthod*. 2018; 88: 435-41. Available from: <https://doi.org/10.2319/092917-656.1>
19. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop*. 2004; 65: 467-74. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00056-004-0415-y>
20. Korbmacher H, Schilling A, Puschel K, et al. Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop*. 2007; 68: 364-76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00056-007-0729-7>
21. Lagravère MO, Carey J, Heo G, et al. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *Am J of Orthod and Dentofac Orthop*. 2010; 137: 304-12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.09.016>
22. Lee KJ, Park YC, Park JY, et al. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 137: 830-39. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.10.065>
23. Lim HM, Park YC, Lee KJ, et al. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Korean J Orthod*. 2017; 47: 313-22. Available from: <https://doi.org/10.4041/kjod.2017.47.5.313>
24. Lin L, Ahn HW, Kim SJ, et al. Tooth-borne vs. bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod*. 2015; 85: 253-62. Available from: <https://doi.org/10.2319/030514-156.1>
25. Liu SY, Xu TM, Zou W. Effects of rapid maxillary expansion on the mid-palatal suture: A systematic review. *Euro J of Orthod*. 2015; 37: 6. Available from: <https://doi.org/10.1093/ejo/cju100>
26. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, et al. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex—a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod*. 2014; 29:15:52. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0052-y>
27. Matteini C, Mommaerts MY. Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction: A short-term model study. *Am J of Orthods Dentofac Orthop*. 2001; 120: 498-502. Available from: <https://doi.org/10.1067/mod.2001.118401>
28. Maxwell M, Wang BA, Christos S, et al. The 27 Facial Sutures: Timing and Clinical Consequences of Closure. *Plast Reconstr Surg*. 2022; 149 (3): 701-720. Available from: <https://doi.org/10.1097/prs.00000000000008816>
29. Mommaerts MY. Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *British J of Oral Maxillofac Surg*. 1999; 37:268-72. Available from: <https://doi.org/10.1054/bjom.1999.0127>
30. Montigny M. Mini-implant assisted rapid palatal expansion: New perspectives. *J Dentofac Anom Orthod*. 2017; 20: 405. Available from: <https://doi.org/10.1051/odfen/2017021>
31. Moon W. An interview with Won Moon. By André Wilson Machado, Barry Briss, Greg J Huang, Richard Kulbersh and Sergei Godeiro Fernandes Rabelo Caldas. *Dental Press J Orthod*. 2013 May-Jun;18(3):12-28. Available from: <https://doi.org/10.1590/s2176-94512013000300005>
32. Mosleh MI, Kaddah MA, Abdou F, et al. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015; 148: 599-607. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.040>
33. Nojima LI, Nojima MCG, Cunha AC, et al. Mini-implant selection protocol applied to MARPE. *Dental Press J Orthod*. 2018; 23: 93-101. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.5.093-101.sar>
34. Odenrick L, Karlander EL, Pierce A, et al. Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. *Euro J of Orthod*. 1991; 13: 264-70. Available from: <https://doi.org/10.1093/ejo/13.4.264>
35. Oh H, Park J, Lagravère-Vich MO. Comparison of traditional RPE with two types of micro-implant assisted RPE: CBCT study. *Seminars Orthod*. 2019; 25: 60-8. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2019.02.007>
36. Olszewski R, Wisniewski M. Complications in surgically assisted rapid maxillary expansion: a systematic review of the medical literature. *Nemesis*. 2019; 8:1-20. Available from: <https://doi.org/10.14428/nemesis.v8i1.31583>
37. Park JJ, Park YC, Lee KJ, et al. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod*. 2017; 47: 77-86. Available from: <https://doi.org/10.4041/kjod.2017.47.2.77>
38. Rachmiel A, Turgeman S, Shilo D, et al. Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion to Correct Maxillary Transverse Deficiency. *Ann Maxillofac Surg*. 2020; 10(1): 136-141. Available from: https://doi.org/10.4103/ams.ams_163_19
39. Storto CJ, Garcez AS, Suzuki H, et al. Assessment of respiratory muscle strength and airflow before and after microimplant-assisted rapid palatal expansion. *Angle Orthod*. 2019; 89: 713-20. Available from: <https://doi.org/10.2319/070518-504.1>
40. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, et al. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dent Press J of Orthod*. 2016; 21: 17-23. Available from: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.21.4.017-023.ojn>
41. Sicca N, Benedetti G, Nieri A, Vitale S, Lopponi G, Mura S, Verdecchia A, Spinasi E. Comparison of Side Effects Between Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) and Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion (SARPE) in Adult Patients: A Scoping Review. *Dent J (Basel)*. 2025 Jan 22;13(2):47. Available from: <https://doi.org/10.3390/dj13020047>
42. Venkateshwara K, Soni S, Prashar A. Rapid maxillary expansion: A review. *International Journal of Health Sciences*. 2021; 5 (S2): 239-51. Available from: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v5nS2.5767>
43. Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, et al. The orthosystem—a new implant system for orthodontic anchorage in palate. *J Orofac Orthop*. 1996; 57:142-53. Available from: <https://doi.org/10.1007/bf02191878>
44. Xue H, Qi Y, Ni X, Feng Y, Lin J. Efficiency of Cone-Beam Computed Tomography-Based Personalized Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion in Patients With Maxillary Transverse Deficiency and Thin Palatal Bone. *Int Dent J*. 2026 Feb;76(1):109307. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.109307>
45. Yılmaz A, Arman-Özçırpıcı A, Erken S, et al. Comparison of short-term effects of mini-implant-supported maxillary expansion appliance with two conventional expansion protocols. *Euro J of Orthod*. 2015; 37: 556-64. Available from: <https://doi.org/10.1093/ejo/cju094>
46. Zhao Z, Cao R, Yao M, Liao C. Effects of Hyrax Maxillary Expander on Nasal Cavity and Upper Airway in Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel)*. 2024; 12 (21): 2148. Available from: <https://doi.org/10.3390/healthcare12212148>
47. Zong C, Tang B, Hua F, et al. Skeletal and dentoalveolar changes in the transverse dimension using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE) appliances. *Seminars Orthod*. 2019; 25: 46-59. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2019.02.006>

Для цитування: Кирилюк А.М., Рожко М.М., Дмитришин Т.М., Рожко О.М., Кирилюк М.І., Ковалишин Х.В. Скелетне розширення верхньої щелепи у дорослих: сучасний стан проблеми. *Терапевтика / ім. проф. Бережницького М.М. (Україна)*. 2026;1-2(7):5-12. DOI: 10.31793/2709-7404.2026.7.1.5.

Для кореспонденції: Кирилюк Андрій Миколайович аспірант кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ, ORCID 0009-0005-3323-4318. e-mail: Kyryliuk_An@ifnmu.edu.ua

Відомості про авторів: Кирилюк Андрій Миколайович, аспірант кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ ORCID, 0009-0005-3323-4318. Рожко Микола Михайлович, Член-кореспондент Національної академії медичних наук України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ, ORCID 0000-0002-6876-2533. Дмитришин Тетяна Миколаївна, професор кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ, ORCID 0000-0002-0698-3656. Рожко Олена Миколаївна, доцент кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ ORCID 0009-0004-5764-9924. Кирилюк Микола Іванович, доцент кафедри ортопедичної стоматології ІФНМУ ORCID 0009-0005-8939-5268. Ковалишин Христина Василівна, доцент кафедри ортопедичної стоматології ІФНМУ, ORCID 0000-0002-6477-6663.

Особистий внесок авторів: Кирилюк А.М. — участь у зборі первинних даних, формування списку літератури, резюме статті. Рожко М.М. — автор ідеї та концепції дослідження, ознайомилися з фінальною версією рукопису та схвалили її до публікації. Дмитришин Т.М. — участь у формуванні методології дослідження, аналізі наукових джерел, критичному перегляді тексту статті з важливими інтелектуальними зауваженнями. Рожко О.М. — участь у зборі первинних даних, допомога в інтерпретації результатів дослідження, технічне та наукове редагування рукопису. Кирилюк М.І. — формування мети і завдань, підготовка основного тексту статті, формулювання висновків та остаточне редагування рукопису. Ковалишин Х.В. — проведення історичного огляду дослідження.

Фінансування: Стаття підготовлена в рамках самофінансування.

Декларація з етики: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів або фінансових зобов'язань. Дослідження було проведено відповідно до Гельсінської декларації та схвалено Комісією з біоетики.

Проходження статті: надійшла до редакції 02.12.2025 р., прийнята на друкування 20.03.2026 р., надрукована 23.04.2026 р.

For citation: Kyrylyuk A.M., Rozhko M.M., Dmytryshyn T.M., Rozhko O.M., Kyrylyuk M.I., Kovalyshyn H.V. Skeletal expansion of the upper

jaw in adults: current state of the problem. *Therapeutics / named after professor M.M. Berezhnyskyi (Ukraine)*. 2026;1-2(7):5-12. DOI: 10.31793/2709-7404.2026.7.1.5.

For correspondence: Kyryliuk Andriy Mykolayovych, PhD student, Department of Dentistry, Postgraduate Education, IFNMMU, ORCID 0009-0005-3323-4318. e-mail: Kyryliuk_An@ifnmu.edu.ua

Information about the authors: Andriy Mykolayovych Kyrylyuk, postgraduate student of the Department of Dentistry of Postgraduate Education of the IFNMMU ORCID, 0009-0005-3323-4318. Mykola Mykhailovych Rozhko, Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in the field of science and technology, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor of the Department of Dentistry of Postgraduate Education of the IFNMMU, ORCID 0000-0002-6876-2533. Dmytryshyn Tetyana Mykolaivna, Professor of the Department of Dentistry of Postgraduate Education of IFNMMU, ORCID 0000-0002-0698-3656. Rozhko Olena Mykolaivna, Associate Professor of the Department of Dentistry of Postgraduate Education of IFNMMU ORCID 0009-0004-5764-9924. Kyrylyuk Mykola Ivanovich, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry of IFNMMU ORCID 0009-0005-8939-5268. Kovalyshyn Khrystyna Vasylivna, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry of IFNMMU, ORCID 0000-0002-6477-6663.

Personal contribution of the author: Kyrylyuk A.M. — participation in the collection of primary data, formation of the list of references, summary of the article. Rozhko M.M. — author of the idea and concept of the study, reviewed the final version of the manuscript and approved it for publication. Dmytryshyn T.M. — participation in the formation of the research methodology, analysis of scientific sources, critical review of the text of the article with important intellectual comments. Rozhko O.M. — participation in the collection of primary data, assistance in the interpretation of the research results, technical and scientific editing of the manuscript. Kyrylyuk M.I. — formation of the goal and objectives, preparation of the main text of the article, formulation of conclusions and final editing of the manuscript. Kovalyshyn Kh.V. — conducting a historical review of the study.

Declaration of ethics: the authors have declared no conflicts of interest or financial obligations. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics Committee.

Funding: The article was prepared as part of self-financing.

Article: received 02.12.2025 accepted 20.03.2026, published 23.04.2026.