

*Бобокал А. М.**Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ, Україна*

Використання дентальних імплантатів та мікроімплантатів під час ортодонтичного лікування стоматологічних хворих

▷ **Актуальність.** Анкери (стабільні опори) є однією з найважливіших складових успішного ортодонтичного лікування. Традиційно ортодонтія використовує зуби та екстра- або внутрішньоротові пристосування для утримання, їх ефективність часто залежить від готовності пацієнта. Ортодонтичні мікроімплантати в ортодонтії також називають тимчасовими анкерними пристроями, або мініімплантатами. Мінігвинти використовуються для виконання складних ортодонтичних рухів. Ортодонтичні мініімпланти можуть бути ефективним допоміжним засобом у виправленні складних зміщень.

Мета: проаналізувати літературні джерела та оцінити частоту відторгнення і чинники, що впливають на стабільність і успішність тимчасових анкерних пристроїв, які використовують як ортодонтичні фіксатори.

Матеріал і методи. Використано електронні бази даних *PubMed* і *Google Scholar* за пошуковими запитом про тимчасові анкерні пристрої. Критерії включення джерел: видання англійською мовою, що містять проспективні та ретроспективні клінічні та експериментальні дослідження імплантатів і гвинтів, що застосовуються як ортодонтичні фіксувальні пристрої. Пошук відобразив 209 джерел. Після ознайомлення та застосування критеріїв відбору у дослідження включили 66 статей. Отримані дані розділили на дві теми: чинники, що вплинули на рівень успішності тимчасових анкерних пристроїв; якою мірою та у скількох працях ці чинники цитувалися. Клінічні чинники були розділені на три основні групи: пов'язані з пацієнтом; пов'язані з імплантатом; пов'язані з лікуванням. Усі проаналізовані джерела повідомляють про показники успіху 80% і вище, проте чинники, що визначають їх, не узгоджені в усіх дослідженнях, тому складно робити будь-які висновки.

Результати. Загальна успішність фіксації скелета мікроімплантатами становить 79%. Відсоток успіху не залежить від статі, віку та боку розміщення, але значно підвищується зі збільшенням загальної та губчастої щільності кісткової тканини. Рівень успіху ортодонтичних мікроімплантатів істотно не корелює зі щільністю кортикальної кістки. Не виявлено кореляції між значеннями діаметра та крутного моменту шести різних самосвердлювальних мікроімплантатів. Швидкість затягування гвинта не має значного впливу на пікове значення крутного моменту, але було показано, що 6-міліметрові ортодонтичні мікроімплантати характеризуються значно вищими значеннями крутного моменту, ніж 8- та 10-міліметрові. Деякі дослідники повідомляли про ефективність використання радіологічних шаблонів і тримачів півки для створення хірургічного шаблону для введення ортодонтичних мікроімплантатів. Рівень успіху ортодонтичних мікроімплантатів істотно підвищувався зі збільшенням їх довжини та висоти розміщення, а також зі зменшенням кута.

Висновки. Успіх мікроімплантатів залежить від чинників, які пов'язані з пацієнтом, ортодонтом, дизайном і матеріалом. Мікроімплантати мають численні переваги, тому їх варто широко використовувати в сучасній ортодонтичній практиці для лікування усіх можливих патологій прикусу.

Ключові слова: дентальні імплантати, мініімпланти, ортодонтія, анкораж.

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



Вступ

Анкери (стабільні опори) є однією з найважливіших складових успішного ортодонтичного лікування. Традиційно ортодонтія використовує зуби та екстра- або внутрішньоротові пристосування

для утримання, їх ефективність часто залежить від готовності пацієнта. Ортодонтичні мікроімплантати (ОМІ) в ортодонтії також називають тимчасовими анкерними пристроями (ТАД), або мініімплантатами. Мінігвинти використовуються для виконання складних ортодонтичних рухів.

Ортодонтичні мініімпланти можуть бути ефективним допоміжним засобом у виправленні складних зміщень.

Анкораж має великий потенціал, його використання різноманітне та малоінвазивне. Ортодонтичне лікування є економічно вигідним. ОМІ можуть допомогти в ортопедичному зубо-лицевому лікуванні, зокрема, у процедурах тракції, протрузії верхньої щелепи, розширенні сегмента щілини, стабілізації та переміщенні зуба у вузькі альвеолярні ділянки. Контроль закріплення має вирішальне значення для успішного ортодонтичного лікування. Фіксація на ОМІ запобігає небажаному переміщенню елементів зубів, що характерно у традиційних ортодонтичних процедурах, забезпечуючи альтернативу ортогнатичній хірургії. ОМІ як тимчасові анкерні пристрої можна використовувати під час тракції кістки, виправлення нахилу верхньої щелепи після вертикальної тракції гілки, стабілізації передніх зубів на беззубій щелепі та переміщення зубів в атрофовану альвеолярну ділянку [1].

Мікроімплантатна скелетна фіксація є рішенням для лікування дорослих пацієнтів з ортодонтичними труднощами, коли традиційна фіксація зубів або мобільна фіксація неможлива або коли пацієнт не погоджується, що ускладнює носіння мобільних пристроїв або еластиків [2]. Їх використання є ідеальним рішенням, коли дентальний анкораж призводить до небажаних наслідків або побічних ефектів, таких як зміни вертикальних розмірів, спричинені застосуванням звичайних міжщелепних сил [1]. ОМІ для фіксації на скелетну опору забезпечують ефективнішу ортопедичну модифікацію росту, а їх використання поліпшує лікування пацієнтів, які не є кандидатами на коригувальну операцію [3, 4]. Успіх ОМІ вимагає атрауматичних хірургічних методів, регенерації та остеоінтеграції, відповідного середовища для первинного загоєння та біосумісних матеріалів. Іншими важливими аспектами під час використання ОМІ як анкерних елементів є співпраця пацієнта та визнання болю і травми, спричинених хірургічним втручанням, а саме процедурами введення та видалення [4].

Багато ортодонтів уникають застосування ОМІ як елементів кріплення, тому що не знайомі з хірургічними процедурами, необхідними для їх встановлення, або тому, що бояться невдачі. Інша причина полягає в тому, що існує менший інтерес до нових технологій порівняно з методами лікування, які використовуються регулярно. Ці обмеження більше не повинні існувати, а ортодонтам потрібно вивчити хірургічні методи, необхідні для використання ОМІ.

Стаття розроблена як невеликий посібник для практичної діяльності лікаря-ортодонта і допоможе у застосуванні ОМІ, описуючи наявні типи, їх застосування, клінічні ситуації, в яких вони можуть використовуватися, а також проблеми, які можуть виникнути під час лікування такого тип анкоражу.

Мета: проаналізувати літературні джерела та оцінити частоту відторгнення і чинники, що впливають на стабільність і успішність тимчасових анкерних пристроїв (TAD), які використовують як ортодонтичні фіксатори.

Матеріал і методи

Систематичний пошук літературних джерел проводили з використанням баз даних *PubMed* і *Google Scholar*. Назви та анотації усіх отриманих досліджень переглядали і виключали дослідження, які відповідали одному або декільком критеріям виключення. Статті, вибрані для читання повного тексту, рецензували два автори, а статті, у яких бракувало інформації щодо цього огляду, виключали. Початковий пошук загалом дав 209 джерел, з них 114 знайдено у базі даних *PubMed* і 95 — *Google Scholar*. Повні тексти усіх статей переглянули і виключили 8 статей, оскільки основна тема не відповідала меті огляду, та один запис, тому що повний текст не був доступний англійською мовою.

Критерії включення: наукові праці, опубліковані з січня 2006 р. до червня 2024 р.; видання англійською мовою; серії випадків, оригінальні дослідження та оглядові статті. Критерії виключення: статті, опубліковані до січня 2006 р.; публікації, у яких клінічні випадки представлені нечітко; звіти про клінічні випадки; розділи книг, документи; статті про малі випробування.

Після застосування критеріїв включення до читання заголовків і рефератів на основі типу публікації (книга чи стаття), тематики, мови та неможливості отримати анотації або повні тексти прийнятними визнали 50 джерел. Крім того, ми здійснили ручний пошук у списках посилань усіх вибраних досліджень і включили три додаткові джерела після ознайомлення з повним текстом. Зрештою, 66 досліджень були включені в систематичний огляд для аналізу даних.

Результати та обговорення

Рівень успіху мікроімплантації. За даними [4], загальна успішність фіксації скелета мікроімплантатами становила 79,0–98,2%, тоді як у [6] повідомляється про показник 85,0%. Систематичний огляд, що включав 14 клінічних випробувань, показав середній загальний рівень успішності $83,8 \pm 7,4\%$,

без істотної різниці залежно від статі пацієнта [7]. Мінігвинти діаметром 1,0–1,1 мм менш успішні, ніж діаметром 1,5–2,3 мм. Слід уникати гвинтів завдовжки менше 8 мм і діаметром 1,2 мм [7]. Мінігвинти діаметром 6 мм мають значно нижчий рівень успіху, ніж мінігвинти діаметром 8 мм (72 проти 90 %) [7]. В іншому дослідженні рекомендований діаметр і довжина ОМІ, вставлених в альвеолярну кістку, становили 1,2–1,6 і 6–7 мм відповідно [8]. Інші автори [9] дійшли висновку, що відсоток успіху не залежить від статі, віку та боку розміщення, але значно підвищується зі збільшенням загальної та губчастої щільності кісткової тканини. Рівень успіху ОМІ істотно не корелює зі щільністю кортикальної кістки.

Конструкція імплантату. Дослідники намагалися удосконалити конструкцію ОМІ, щоб підвищити міцність і стабільність на скручування та зменшити пошкодження кістки під час встановлення. Корейські дослідники [10] побудували та розв'язали цільову функцію, яка називається стабільним коефіцієнтом (SQ), використовуючи як параметри висоту різьби та крок мікроімплантату AbsoAnchor SH1312-7 (Dentos Inc., Тегу, Південна Корея). Тривимірне моделювання кінцевих елементів, випробування крутного моменту та клінічні випробування дали чотири моделі з оптимізованою конструкцією різьблення і доброю продуктивністю. Це свідчить про те, що метод оптимізації можна використовувати для розроблення різьблення ОМІ.

Пікове значення крутного моменту під час закручування гвинтів є ще одним параметром, який впливає на стабільність ОМІ, це залежить від виробника [11]. У цьому дослідженні не було виявлено кореляції між значеннями діаметра та крутного моменту шести різних самосвердловальних мікроімплантатів. Швидкість затягування гвинта не мала значного впливу на пікове значення крутного моменту, але було показано, що 6-міліметрові ОМІ мають значно вищі значення крутного моменту, ніж 8- і 10-міліметрові. Ефективним може бути використання гвинта для обмеження моменту вкручування або попереднього просвердлювання кортекса для зменшення крутного моменту введення.

Анатомічні та хірургічні деталі. Нині розроблені різні способи уникнення ускладнень під час використання ОМІ. Найсерйознішим ускладненням є пошкодження коренів сусідніх зубів. Точне хірургічне планування перед введенням ОМІ є важливим. Деякі дослідники повідомляли про використання радіологічних шаблонів і тримачів плівки для створення хірургічного шаблону для введення ОМІ [12]. Рівень успіху ОМІ перевіряли панорам-

ними рентгенограмами, що показують положення гвинта і кути [6]. Загальні показники успішності були вищими у пацієнтів віком від 20 років, у кого гвинти були розміщені зліва, у жінок, у пацієнтів із видаленням, у кого ОМІ розміщено на міжкорінцевої серединній лінії. Рівень успіху ОМІ значно підвищувався зі збільшенням довжини та висоти розміщення, а також зі зменшенням кута [6].

Інші автори стверджують, що зображення конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) можуть надати точнішу інформацію про положення зуба, резорбції кореня та різних патологій порівняно з панорамними рентгенограмами [9]. Панорамна рентгенографія передбачає низьке радіаційне опромінення, є недорогою та доволі надійною. Порівняно ефективність оптичної когерентної томографії (ОКТ) з мікрокомп'ютерною томографією (КТ) для виявлення та аналізу мікропошкоджень у кортикальній кістці відразу після введення [13]. Візуалізація окремих мікротріщин дуже корелювала. Незважаючи на те що ОКТ має обмежену глибину проникнення, вона може надати зображення мікропошкодження кістки з високою роздільною здатністю навколо ОМІ. ОКТ-системи мають високу контрастність і роздільну здатність, тому якість зображення кортикальної поверхні вища, ніж зображення КТ [13].

Хірургічні процедури встановлення показали суперечливі результати між технікою клаптя або без нього для мініімплантатів нижньої щелепи. Навантаження та час загоєння не були важливими для успішності мінігвинтів [7]. Під час використання ОМІ важливо оцінити товщину кортикальної кістки та міжкореневий простір, щоб забезпечити достатню стабільність для застосування ортодонтичних зусиль.

У праці [8] використано 3D-конусоподібну візуалізацію і виявлено, що товщина щічної кортикальної кістки заднього зубного ряду становить 1,12–1,33 мм у верхній щелепі та 1,25–2,98 мм у нижній. Кортикальна кістка поступово потовщується від цементно-емалевого з'єднання до апікальної ділянки. Міжкоренева відстань на верхній щелепі коливається від 1,6 до 3,46 мм, досягаючи максимального значення між другим премоляром і першим моляром. Міжкоренева відстань на нижній щелепі більша, ніж на верхній, і становить від 1,99 до 4,25 мм. Ретромолярна ділянка показала товщину кортикальної кістки 1,96–2,06 мм. Альвеолярний відросток на верхній щелепі завширшки 3,74–5,78 мм, на нижній — 3,11–7,84 мм. Середньопіднебінна ділянка на 20–25 мм ззаду від розрізного отвору коливалася від 7,04 до 6,99 мм. Безпечні місця для встановлення ОМІ із достатнім міжкорінцевим простором — це

щічна ділянка між другим премоляром і першим моляром верхньої щелепи, щічна ділянка між першим премоляром і другим моляром нижньої щелепи, піднебінна ділянка між молярами верхньої щелепи, а також ділянки на середньому піднебінні та позаду корінних зубів [8].

Для вимірювання товщини кортикальної кістки на обох щелепах із метою встановлення ОМІ було проведено КПКТ 32 дорослим пацієнтам із нормальною оклюзією без ортодонтичних втручань [14]. Виявлено, що щічна кора була товстішою на нижній щелепі, на верхній щелепі вона була товщою на щічному боці, ніж на піднебінному. На нижній щелепі щічний кортекс був найтовщим дистально від першого моляра, на верхній — мезіально. З піднебінного боку верхньої щелепи кортикальна кістка була найтовстішою мезіально від другого премоляра. Найтонший кортекс був на щічному боці верхньої щелепи на відстані 4 мм від альвеолярного гребеня, найтовстіший — на відстані 10 мм, за винятком мезіального боку першого премоляра. Товщина щічного та піднебінного кортексів на мезіальному або дистальному боці першого моляра нижньої щелепи мала тенденцію до збільшення зі збільшенням відстані від альвеолярної кістки [14].

Ці найвдаліші місця для розміщення букального мікроімплантату також використовували в іншому дослідженні, де порівнювали втрату фіксатора під час ретракції ікла зі звичайними молярними анкерами і титановими мікроімплантатами [15]. У дорослих пацієнтів середнім віком 19,6 років видаляли перші премоляри, щоб забезпечити простір для ретракції ікла. Між другим премоляром і першим моляром встановлювали титанові мікроімплантати діаметром 1,3 мм і завдовжки 9 мм. Ортодонтичну механіку виконували з використанням закритої гвинтової пружини, що забезпечує натяг для ікл з молярним якорем в одному квадранті та якорем мікроімплантату в іншому. Результати показали, що на боці мікроімплантату втрати анкоражу не спостерігалося, а на боці молярного анкоражу втрата становила від 1,60 до 1,70.

В іншому подібному дослідженні вивчали ефективність мініімплантатів у ретракції ікла [16]. Використовували мініімплантати діаметром 1,3 мм і завдовжки 8 мм, встановлені під кутом 30° між другим премоляром і першим моляром в одному квадранті (правий бік). Щоб збільшити контакт між імплантатом і кісткою, його розміщували під кутом 40° на верхній щелепі та $10\text{--}20^\circ$ на нижній щелепі відносно довгої осі зуба. У лівому квадранті виконували ретракцію ікла з використанням першого моляра як точки

кріплення. Відразу було застосовано коригувальну силу 100 г. Для натягу ікла використовували гвинтові пружини. Результати показали, що швидкість ретракції ікла була вищою на боці імплантату — 0,95 мм/міс на верхній щелепі та 0,81 мм/міс на нижній, тоді як на боці моляра вона була нижчою — 0,82 мм/міс на верхній щелепі та 0,76 мм/міс на нижній. Середня втрата фіксації становила 0,1 мм на боці імплантату та 1,3 мм на боці моляра верхньої щелепи та 0,06 мм на боці імплантату та 1,3 мм на боці моляра нижньої щелепи. На обох щелепах спостерігалася статистично значуща різниця між зміною фіксованого нахилу на боці імплантату та моляра: на верхній щелепі 0,3 мм на боці імплантату, 2,45 мм на боці моляра та 0,19 мм на боці моляра, з боку імплантату — 2,69 мм, вона розташована на тильній стороні нижньої щелепи.

Дослідження [15, 16] показали, що фіксація ОМІ є кращою альтернативою фіксації на моляри. У інших численних дослідженнях визначали ідеальний кут введення ОМІ для біомеханічного контролю та кортикальної фіксації. У дослідженні кінцевих моделей верхньої та нижньої щелеп [17] з використанням типів кісток D2 та D3 та мікроімплантатів діаметром 1,3 мм та завдовжки 7–8 мм, вставлених під різними кутами на поверхню кістки, зі збільшенням цього кута введення зменшується напруження на імплантат і корку. Напруження, створені горизонтальними коригувальними силами, поширювалися переважно на кортикальну кістку і меншою мірою на губчасту. Міцність на розрив була вищою в кістці D3, ніж у кістці D2. Дослідження показало, що кут встановлення 90° є ідеальним для стабілізації ОМІ [17]. Недоліком цього методу дослідження є те, що напрямок коригувальної сили горизонтальний, тому ідеальний кут введення гвинта визначався не у всіх трьох просторових площинах, а лише у горизонтальній.

Інші дослідження, які розглядали лише мікроімплантати, встановлені на верхній щелепі, показали протилежні результати, тобто кут введення мікроімплантату і товщина кортикальної кістки не впливали на успіх ортодонтичного встановлення мікроімплантату. Показано [18, 19], що вони незначні. Автори виміряли горизонтальні та вертикальні кути введення з використанням зображень КПКТ. Рівень успіху мікроімплантатів значно зростав зі збільшенням відстані до поверхні кореня. Кут введення впливав на товщину кортикальної кістки, тоді як на близькість до кореня зуба не впливав. Інші цікаві висновки полягали в тому, що рівень успішності гвинтів був вищим з лівого боку; у дорослих пацієнтів,

ніж у підлітків; у жінок, ніж у чоловіків. Рівень успіху зростав зі збільшенням горизонтального кута розміщення, але різниця не була статистично значущою [18].

Вузький міжкореневий простір спричинює контакт між ортодонтичними мініімплантатами та коренями зубів під час встановлення, що є поширеною проблемою [20]. Такий контакт може призвести до пошкодження кореня та підвищення частоти відторгнення імплантату. Тому для діагностування контакту між імплантатом і коренем зуба потрібне точне діагностування. Використання конкретних значень крутного моменту (індексні тести) як діагностичний тест для контакту ОМІ з коренем може бути більш точним і менш шкідливим, ніж рентгенограми. Значення крутного моменту, вставленого ОМІ з кореневим контактом, були вищими, ніж у ОМІ без кореневого контакту. Найбільшу різницю крутних моментів спостерігали під час самостійного свердління порівняно з попереднім свердлінням. Важливо постійно записувати значення крутного моменту в процесі установаження. Напругу в кортикальній кістці під час і після введення попередньо просвердленого самонарізного ОМІ моделювали тривимірним методом кінцевих елементів [21]. Результати показали, що під час введення виникали напруги, які могли призвести до переломів кортикального відділу. Виникали кільцева напруга за максимальної міцності на розтяг і радіальна напруга за максимальної міцності на стискання кори головного мозку. Після введення спостерігали залишкову радіальну напругу, яка може спричинити резорбцію кістки. Високі навантаження, пов'язані з установаженням, засвідчили, що реакція кістки та прогноз мікроімплантатів залежать від умов встановлення, а не від ортодонтичної сили або часу застосування. На первинну стабільність ОМІ впливають різні кути введення та напрямок прикладеної ортодонтичної сили. Вважається, що найвищі значення первинної стабільності досягаються під час введення під кутом 45°, коли мініімплантати піддаються зсуву, і вставним кутом 90°, коли мініімплантати піддаються витягуванню [22]. Різні ОМІ мають широкий діапазон крутних моментів під час відторгнення залежно від виробника, і кореляція між діаметром гвинта та міцністю на розрив низька. Щоб звести

до мінімуму ризик перелому гвинта, слід враховувати крутний момент під час введення та бути особливо обережним у місцях щільної кістки без попереднього свердління [23].

Для візуалізації пошкодження кори під час введення та видалення ОМІ було використано поспідовне флуоресцентне фарбування у поєднанні з конфокальною лазерною сканувальною мікроскопією [24]. Показано, що наявність пілотних отворів має мінімальний вплив на властивості мікропошкодження кістки та на максимальний крутний момент введення. Мікропошкодження збільшуються із товщиною кістки. Спостерігалося позитивна кореляція між товщиною кістки та збільшенням максимального моменту введення. Максимальний крутний момент під час введення корелює з загальною площею пошкодження кістки та площею дифузного пошкодження кістки. У результаті дослідження дійшли висновку, що рішення про свердління пілотних отворів для розміщення ОМІ слід ухвалювати залежно від товщини кортикальної кістки. Пошкодження кістки, оцінене у двох типах ОМІ (тип без свердління, тип із самосвердлінням, тип з пілотним отвором), показало зони часткового пошкодження, зони часткової мікротріщини та зони часткового дифузного пошкодження в самосвердлювальних імплантатах і збільшену кортикальну товщину [25]. Самосвердлювальні мікроімплантати забезпечують кращу фіксацію, ніж самонарізні мікроімплантати [26]. Вони мають більшу схильність до руйнування та забезпечують кращий контакт імплантату з кісткою [24, 25]. Показані для застосування в тонких кортикальних ділянках верхньої та нижньої щелеп. Негативні кореляції між пародонтограмами були виявлені переважно для самосвердлювальних мікроімплантатів [27]. Різниця між значеннями крутного моменту вставлення та відповідними показниками стабільності була більшою для самосвердлювальних гвинтів.

Висновки

Успіх мікроімплантатів залежить від чинників, які пов'язані з пацієнтом, ортодонтом, дизайном і матеріалом. Мікроімплантати мають численні переваги, тому їх варто широко використовувати в сучасній ортодонтичній практиці для лікування усіх можливих патологій прикусу.

ПОСИЛАННЯ

1. Vachiramon, A., Urata, M., Kyung, H.M., Yamashita, D.-D., Yen, S.L.-K. (2009). Clinical applications of orthodontic microimplant anchorage in craniofacial patients. *Cleft. Palate Craniofac. J.*, 46(2), 136-146. DOI: <https://doi.org/10.1597/06-219.1>.
2. Leo, M., Cerroni, L., Pasquantonio, G. (2016). Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: Review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clin. Ter.*, 167, e70–e77. DOI: <https://doi.org/10.7417/CT.2016.1936>.

3. Ngan, P., Moon, W. (2015). Evolution of Class III treatment in orthodontics. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 148(1), 22–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.012>.
4. Kyung, H., Ly, N., Hong, M. (2017). Orthodontic skeletal anchorage: Up-to-date review. *Orthod. Waves*, 76(3), 123–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.odw.2017.06.002>.
5. The Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Tools for Use in JBI Systematic Reviews Checklist for Case Reports. URL: <http://joannabriggs.org/research/critical-appraisal-tools.html>.
6. Park, J.H., Chae, J.-M., Bay, R.C., Kim, M.-J., Lee, K.-Y., Chang, N.-Y. (2018). Evaluation of factors influencing the success rate of orthodontic microimplants using panoramic radiographs. *Korean J. Orthod.*, 48(1), 30–38. DOI: <https://doi.org/10.4041/kjod.2018.48.1.30>.
7. Crismani, A.G., Bertl, M., Celar, A.G.; Bantleon, H.-P.; Burstone, C.J. (2010). Miniscrews in orthodontic treatment: Review and analysis of published clinical trials. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 137(1), 108–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.01.027>.
8. Park, J., Cho, H.J. (2009). Three-dimensional evaluation of interradicular spaces and cortical bone thickness for the placement and initial stability of microimplants in adults. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 136(3), 314, e1–12, discussion 314–315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.01.023>.
9. Lee, M.-Y., Park, J.H., Kim, S.-C., Kang, K.-H., Cho, J.-H., Chang, N.-Y., Chae, J.-M. (2016). Bone density effects on the success rate of orthodontic microimplants evaluated with cone-beam computed tomography. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 149(2), 217–224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.07.037>.
10. Kim, K.-D., Yu, W.-J., Park, H.-S., Kyung, H.-M., Kwon, O.-W. (2011). Optimization of orthodontic microimplant thread design. *Korean J. Orthod.*, 41(1), 25–35. DOI: <https://doi.org/10.4041/kjod.2011.41.1.25>.
11. Whang, C.Z.Y., Bister, D., Sherriff, M. (2011). An in vitro investigation of peak insertion torque values of six commercially available mini-implants. *Eur. J. Orthod.*, 33(6), 660–666. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq129>.
12. Wu, J.C., Huang, J.-N., Zhao, S.-F., Xu, X.-J., Xie, Z.-J. (2006). Radiographic and surgical template for placement of orthodontic microimplants in interradicular areas: A technical note. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implant.*, 21(4), 629–634. PMID: 16955616.
13. Lakshmikantha, H.T., Ravichandran, N.K., Jeon, M., Kim, J., Park, H.-S. (2018). Assessment of cortical bone microdamage following insertion of microimplants using optical coherence tomography: A preliminary study. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 19(11), 818–828. DOI: <https://doi.org/10.1631/jzus.B1700612>.
14. Zhao, H., Gu, X.-M., Liu, H.-C., Wang, Z.-W., Xun, C.-L. (2013). Measurement of cortical bone thickness in adults by cone-beam computerized tomography for orthodontic miniscrews placement. *J. Huazhong Univ. Sci. Technol. Med. Sci.*, 33(2), 303–308. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11596-013-1115-x>.
15. Thiruvengkatachari, B., Pavithranand, A., Rajasigamani, K., Kyung, H.M. (2006). Comparison and measurement of the amount of anchorage loss of the molars with and without the use of implant anchorage during canine retraction. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 129(4), 551–554. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.12.014>.
16. Davis, D., Krishnaraj, R., Duraisamy, S., Ravi, K., Dilip, S., Charles, A., Sushil, N. (2018). Comparison of rate of canine retraction and anchorage potential between mini-implant and conventional molar anchorage: An in vivo study. *Contemp. Clin. Dent.*, 9(3), 337–342. DOI: https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_837_17.
17. Jasmine, M.I.F., Yezdani, A.A., Tajir, F., Venu, R.M. (2012). Analysis of stress in bone and microimplants during en-masse retraction of maxillary and mandibular anterior teeth with different insertion angulations: A 3-dimensional finite element analysis study. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 141(1), 71–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.06.031>.
18. Chen, Y., Kyung, H.M., Zhao, W.T., Yu, W.J. (2009). Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: A systematic review. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 135(3), 284–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.08.017>.
19. Park, H.-S., Hwangbo, E.-S., Kwon, T.-G. (2010). Proper mesiodistal angles for microimplant placement assessed with 3-dimensional computed tomography images. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 137(2), 200–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.04.028>.
20. Reynders, R.M., Ladu, L., Ronchi, L., Di Girolamo, N., De Lange, J., Roberts, N., Plüddemann, A. (2016). Insertion torque recordings for the diagnosis of contact between orthodontic mini-implants and dental roots: A systematic review. *Syst. Rev.*, 5, 50. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0227-3>.
21. Yu, W., Park, H.-S., Kyung, H.-M., Kwon, O.-W. (2012). Dynamic simulation of the self-tapping insertion process of orthodontic microimplants into cortical bone with a 3-dimensional finite element method. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 142(6), 834–841. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.08.016>.
22. Araghbidikashani, M., Golshah, A., Nikkerdar, N., Rezaei, M. (2016). In-vitro impact of insertion angle on primary stability of miniscrews. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 150(3), 436–443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.02.020>.
23. Smith, A., Hosein, Y.K., Dunning, C.E., Tassi, A. (2015). Fracture resistance of commonly used self-drilling orthodontic mini-implants. *Angle Orthod.*, 85(1), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.2319/112213-860.1>.

24. Jensen, S., Jensen, E., Sampson, W., Dreyer, C. (2021). Torque requirements and the influence of pilot holes on orthodontic miniscrew microdamage. *Appl. Sci.*, 11(8), 3564. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11083564>.
25. Shank, S.B., Beck, F.M., D'Atri, A.M., Huja, S.S. (2012). Bone damage associated with orthodontic placement of miniscrew implants in an animal model. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 141(4), 412–418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.10.021>.
26. Chen, Y., Shin, H.-I., Kyung, H.-M. (2008). Biomechanical and histological comparison of self-drilling and self-tapping orthodontic microimplants in dogs. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 133(1), 44–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.01.023>.
27. Çehreli, S., Özçirpici, A.A. (2012). Primary stability and histomorphometric bone-implant contact of self-drilling and self-tapping orthodontic microimplants. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 141(2), 187–195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.07.020>.

Use of Dental Implants and Micro-Implants in Orthodontic Treatment of Dental Patients

Bobokal, A.

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Relevance. Anchors (stable supports) are one of the most essential components of successful orthodontic treatment. Traditionally, orthodontics uses teeth and extra- or intraoral appliances for retention, and their effectiveness often depends on the patient's willingness. Micro-implants (OMI) in orthodontics are called temporary anchor devices (TADs) or mini-implants. Or mini-screws are used to perform complex orthodontic movements. Orthodontic mini-implants can be an effective adjunct in resolving complex displacements.

Aim: analyze the literature and assess the frequency of rejection and factors affecting the stability and success of temporary anchorage devices (TADs) used as orthodontic retainers.

Material and methods. Data were collected from electronic databases *PubMed* and *Google Scholar*. The following inclusion criteria were used to select eligible articles: English-language articles containing prospective and retrospective clinical and experimental studies of implants and screws used as orthodontic retention devices. The search yielded 209 abstracts on TADs used as anchors. After reviewing and applying the selection criteria, 66 articles were included in the study. The data obtained was divided into two themes: factors that influenced the success rate of TADs, and to what extent and in how many papers these factors were cited. Clinical characteristics were divided into three main groups: patient-related, implant-related, and treatment-related. Although all papers included in this literature review reported success rates of 80% or higher, the factors determining success rates were inconsistent across all studies reviewed, making it difficult to draw any conclusions.

Results. The overall success rate of skeletal fixation with micro-implants was 79%. The success rate was independent of gender, age, and side of placement and increased significantly with increasing total and cancellous bone density. The success rate of OMI did not correlate significantly with cortical bone density. No correlation was found between the six self-drilling micro-implant diameters and torque values. Screw tightening speed had no significant effect on peak torque values, but 6 mm OMI was shown to have significantly higher torque values than 8 mm and 10 mm OMI. Some investigators have reported the effectiveness of using radiographic templates and film holders to create a surgical template for OMI insertion. The success rate of OMI increased significantly with increasing OMI length and placement height, as well as with decreasing angle.

Conclusions. Considering the study's results, it can be concluded that the success of micro implants includes factors related to the patient, the orthodontist, and the design and material of these devices. Due to their numerous advantages, micro implants should be widely used in modern orthodontic practice for the treatment of all possible occlusion pathologies.

The proposed methods for measuring the diagonal dimensions of dental arches are based on the position of the interdental point, which can change its position in case of anomalies in the shape and size of dental arches. That is why optimizing methods for determining the shape and size of dental arches, considering the individual characteristics of the maxillofacial region within the framework of modern orthodontic diagnostics, requires a more in-depth and detailed study to improve diagnostic and therapeutic measures.

Keywords: dental implants, mini-implants, orthodontics, anchorage.

Бобокал Анатолій Миколайович — кандидат медичних наук, асистент кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця,
E-mail: bobokal.dent@gmail.com, +38 (067) 328 31 21.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0341-5642>

Стаття: надійшла до редакції 19.02.2025 р.; прийнята до друку 10.04.2025 р.