

Михайличенко Богдан Григорович,
аспірант кафедри терапевтичної та дитячої стоматології,
Національний університет охорони здоров'я імені П.Л. Шупика
ORCID ID: 0009-0007-0001-1921
м. Київ, Україна

Єрмакова Людмила Георгіївна,
кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри терапевтичної та дитячої стоматології,
Національний університет охорони здоров'я імені П.Л. Шупика
ORCID ID: 0000-0001-5745-1265
м. Київ, Україна

Мочалов Юрій Олександрович,
доктор медичних наук, професор,
професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-5654-1725
м. Ужгород, Україна

Мар'ян-Йовбак Вікторія Юрївна,
старший викладач кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0001-7459-6888
м. Ужгород, Україна

Пруц Галина Чеславівна,
PhD, асистент клініки стоматології та щелепно-лицевої хірургії, Університет імені Я.А. Коменського
ORCID ID: 0009-0005-5797-8696
Братислава, Словаччина

Шупяцький Ілля Михайлович,
кандидат медичних наук, професор,
завідувач кафедри хірургічної, ортопедичної стоматології та ортодонції,
ПЗВО «Київський міжнародний університет»
ORCID ID: 0009-0009-9562-760X
м. Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ РЕТЕНЦІЇ ЗНІМНОГО ЗУБНОГО ПРОТЕЗА З ОПОРОЮ НА РІЗНУ КІЛЬКІСТЬ МІНІМПЛАНТАТІВ

Вступ. Ретенція є одним з найважливіших факторів успішного користування знімними протезами з опорою на дентальні імплантати, а також умовно знімних протезів. У контексті використання мініімплантатів як опорних елементів, кількість імплантів була запропонована як основна змінна, що впливає на ретенцію протеза, механічну стабільність, довговічність використання та задоволеність пацієнтів

Методологія та методи дослідження. Мета дослідження – дослідити в лабораторних умовах силу ретенції фіксаторів для повних знімних протезів з фіксацією на дентальних мініімплантатах при різних варіантах конструкції. Було використано моделі щелеп із чотирма паралельно встановленими мініімплантатами. До акрилової пластини протеза фіксували гільзи-матриці O-ring. Силу ретенції визначали за допомогою тензометричної установки з реєстрацією максимального навантаження при від'єднанні у Ньютонах. Для кожної конфігурації (1, 2 поруч, 2 протилежно, 3 та 4 опори) виконували по 10 вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено поступове зростання сили ретенції зі збільшенням кількості мініімплантатів: 5,31±1,15 Н (1 опора), 9,72±1,81 Н (2 поруч), 11,90±3,17 Н (2 протилежно), 18,45±3,31 Н (3 опори) та 21,73±2,95 Н (4 опори). Тест ANOVA виявив статистично значущі відмінності між групами ($p < 0,001$), парні порівняння показали вірогідну

© Михайличенко Б. Г., Єрмакова Л. Г., Мочалов Ю. О.,
Мар'ян-Йовбак В. Ю., Пруц Г. Ч.,
Шупяцький І. М., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

різницю між усіма групами, за винятком двох конфігурацій з 2 імплантатами ($p=0,14$). Розмір ефекту був великим ($\eta^2=0,846$), що свідчить про визначальний вплив кількості імплантатів на ретенцію. Отримані дані підтверджують лінійну залежність між числом опор і силою фіксації протеза та узгоджуються з сучасними літературними даними. Збільшення кількості мініімплантатів суттєво підвищує ретенцію, хоча приріст між трьома і чотирма опорами менш виражений. Обмеження дослідження пов'язані з лабораторним характером моделі та відсутністю клінічних факторів, тому результати потребують подальшої клінічної верифікації.

Висновки. Застосування двох, трьох та чотирьох опор прогресивно збільшує силу ретенції знімного зубного протеза з опорою на дентальні імплантати. Розташування імплантатів в не сусідніх сегментах зубного ряду при двоопорній конструкції також збільшує силу ретенції, порівняно із розташуванням опор поруч.

Ключові слова: стоматологія, зубне протезування, знімні конструкції, імплантати, ретенція протеза.

Mykhajlychenko Bohdan Hryhorovych, Postgraduate Student at the Department of Therapeutical and Pediatric Dentistry, Shupyk National Healthcare University of Ukraine; ORCID ID: 0009-0007-0001-1921, Kyiv, Ukraine

Yermakova Liudmyla Heorhiyivna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Therapeutical and Pediatric Dentistry, Shupyk National Healthcare University of Ukraine; ORCID ID: 0000-0001-5745-1265, Kyiv, Ukraine

Mochalov Iurii Oleksandrovych, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University; ORCID ID: 0000-0002-5654-1725, Uzhhorod, Ukraine

Maryan-Yovbak Viktoriya Yuryivna, Senior Lecturer at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University; ORCID ID: 0000-0001-7459-6888, Uzhhorod, Ukraine

Pruts Halyna Cheslavivna, PhD, Assistant Professor at the Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Comenius University; ORCID ID: 0009-0005-5797-8696, Bratislava, Slovakia

Shupiatskyi Illia Mykhailovych, Candidate of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgical, Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Kyiv International University; ORCID ID: 0009-0009-9562-760X, Kyiv, Ukraine

DETERMINATION OF THE RETENTION STRENGTH OF A REMOVABLE DENTAL PROSTHESIS SUPPORTED BY A VARIOUS NUMBER OF MINI-IMPLANTS

Introduction. Retention is one of the most important factors in the successful use of removable dentures supported on dental implants, as well as conditionally removable dentures. In the context of using mini-implants as supporting elements, the number of implants has been proposed as the primary variable affecting denture retention, mechanical stability, durability of use, and patient satisfaction.

Methodology and methods of the study. The study aimed to investigate the retention force of retainers for complete removable dentures with fixation on dental mini-implants in different design variants in laboratory conditions. Jaw models with four parallel installed mini-implants were used. O-ring matrix sleeves were fixed to the acrylic plate of the prosthesis. The retention force was determined using a strain gauge, with the maximum load upon detachment recorded in Newtons. For each configuration (1, 2 side by side, 2 opposite, 3 and 4 supports) 10 measurements were performed.

Summary of the primary study material. A gradual increase in retention force with increasing number of mini-implants was established: 5.31 ± 1.15 N (1 support), 9.72 ± 1.81 N (2 side by side), 11.90 ± 3.17 N (2 opposite), 18.45 ± 3.31 N (3 supports) and 21.73 ± 2.95 N (4 supports). The ANOVA test revealed statistically significant differences between groups ($p < 0.001$). Paired comparisons showed significant differences between all groups, except for two configurations with 2 implants ($p = 0.14$). The effect size was large ($\eta^2 = 0.846$), indicating a strong association between the number of implants and retention. The obtained data confirm a linear relationship between the number of supports and the prosthesis's fixation force and are consistent with the current literature. An increase in the number of mini-implants significantly increases retention, although the increase between three and four supports is less pronounced. The limitations of the study include the model's laboratory nature and the absence of clinical factors, so the results require further clinical verification.

Conclusions. The use of two, three, and four supports progressively increases the retention force of a removable denture supported by dental implants. The location of implants in non-adjacent segments of the dentition in a two-support design also increases retention force compared to when the supports are adjacent.

Key words: dentistry, dental prosthetics, removable structures, implants, denture retention.

Вступ. Ретенція є одним з найважливіших факторів успішного користування знімними протезами з опорою на дентальні імплантати, а також умовно знімних протезів. У контексті використання мініімплантатів як опорних елементів, кількість імплантів була запропонована як основна змінна, що впливає на ретенцію протеза, механічну стабільність, довговічність використання та задоволеність пацієнтів. Хоча виживання та гранична втрата кісткової тканини широко вивчалися, конкретні механічні наслідки використання різної кількості мініімплантів для опори залишаються невизначеними [1-3].

Одним з найвражаючих висновків у доступній літературі є відносна незалежність біологічних результа-

тів від кількості використаних дентальних імплантів у якості опор, у діапазоні від трьох до чотирьох імплантів. 5-річне рандомізоване клінічне дослідження, виконане Celebic et al., не показало суттєвої різниці у граничній втраті кісткової тканини (саусеризації) або «виживання» конструкцій між трьома та чотирма імплантатами. Це може вказувати на те, що з погляду біології зменшення кількості імплантатів не обов'язково порушує остеоінтеграцію або стан обміну речовин у периферичній кістці. Проте така ситуація не є тотожною механічній еквівалентності. Біологічна стабільність в першу чергу залежить від остеоінтеграції, хірургічної техніки та протоколів навантаження, тоді

як механічна ретенція залежить від більшого числа факторів, як то прикріплення, розподілу імплантатів та здатності розподіляти навантаження між опорами. Літературні джерела вказують, що хоча трьох імплантів може бути достатньо з погляду біології, чотири імплантати можуть забезпечити все ж таки кращу механічну ретенцію та розподіл навантаження [4-6]. Тому рішення щодо визначення кількості встановлення мініімплантатів при складанні плану лікування пацієнта з повною адентією щелепи не мають ґрунтуватися виключно на даних про їх виживання, механічні властивості конструкції необхідно оцінювати окремо (рис. 1).

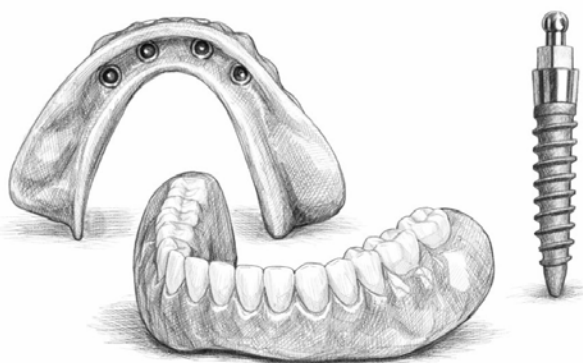


Рис. 1. Схематичне зображення знімних зубних протезів з опорою на міні імплантати

Проведені серії лабораторних досліджень в різний час надають окреме уявлення про сили ретенції знімних конструкцій на опорах. На приклад, дослідження *in vitro*, проведене Alshenaiber та ін. (2023) виявило збільшення рівня ретенції знімної супраконструкції при збільшенні кількості самих імплантатів. Загалом, конфігурація конструкції з чотирма опорними імплантатами забезпечує значно вищу ретенцію та менше зниження її рівня протягом імітованих циклів зносу порівняно з конструкцією, яка має два або три імплантати. Автори не виявили суттєвої різниці між двома та трьома імплантатами. Такі отримані дані загалом ставлять важливе питання, яке стосується біомеханіки функціонування знімних протезів з опорами на дентальні імплантати. Виникає запитання, чому ретенція не збільшується пропорційно між двома та трьома імплантатами, і зростає більш помітно при наявності чотирьох опор? Одним з можливих пояснень такого явища може бути такий факт, що обертальний опір стає ефективніше контролюватися, коли імплантати розподілені симетрично в чотириточковій конфігурації. Трикутне розташування опор (три імплантати) все ще може допускати обертальний момент при навантаженні всієї конструкції, тоді як чотирикомпонентна конфігурація більш виразно стабілізує зубний протез [7].

Подальше підтвердження прогресування рівня ретенції можна віднайти в роботі Canizales (2011), де наявні дані поступове збільшення сили зміщення зі збільшенням кількості опорних імплантатів від одного до чотирьох. Однак покращення ретенції між чотирма та п'ятьма імплантатами було мінімальним і не було

статистично значущим. Це може свідчити свідчить про зменшення явища перерозподілу навантаження та стабілізації протеза при додаванні до конструкції опор, вже після наявних чотирьох. Але наведені дані та вимірювання можна екстраполювати на клінічні умови з максимальною обережністю. Переважна більшість досліджень ретенції знімних протезів виконується *in vitro* та при цьому застосовують моделювання вертикальних сил зміщення в максимально контрольованих лабораторних умовах. Функціонування знімного зубного протеза *in vivo* включає прикладання до нього різнонаправлених сил, наявності вологого середовища, яке може зменшувати тертя поверхонь, сприяти адгезії вологих поверхонь, забезпечувати формування під протезом просторів зі знизеним атмосферним тиском (т. зв. клапанів). До всього переліченого доцільно додати скоординовані рухи м'язів та рухомої слизової оболонки та специфічні для пацієнта звички жування, й можливі парафункції. Тому можна твердити, що лабораторні значення ретенції дуже малою мірою й непрямым чином можуть впливати на ретенцію, фіксацію та стабілізацію знімних пластинчастих зубних протезів з опорою на дентальні імплантати в клінічних умовах [8].

В плані оцінки рівня ретенції знімної супраконструкції вплив кількості опор не можна обговорювати без урахування їх просторового та взаємного розташування. Дослідження Canizales (2011) показали, що два імплантати, розміщені з більшою відстанню між собою, можуть забезпечити значно кращу ретенцію протеза, ніж два імплантати з розташуванням поруч. Цей висновок підкреслює важливість вибору правильної просторової конфігурації опор (дентальних імплантатів) для тривалого успішного функціонування конструкції. Дані літератури свідчать, що на ретенцію знімного протеза впливає не лише кількість ретенційних одиниць, але і їх геометричне співвідношення. Більша відстань між опорами збільшує протидію конструкції обертальному та латеральному зміщенню, збільшуючи опорний полігон протеза. Отже, стратегічно розміщена конфігурація навіть з трьома імплантатами може в ряді випадків перевершити за своєю ефективністю погано розподілену конфігурацію з чотирма імплантатами та більше. Тому позиціонування імплантатів може виглядати таким же дієвим фактором, як і їх кількість. Проте більшість досліджень часто просто виокремлюють кількість імплантатів без систематичного аналізу просторової геометрії, що є обмеженням у наявних даних [8].

Довговічність кріплення є важливим для клінічного застосування результатом. Збільшення кількості опор зменшує зношування кріплень, розподіляючи оклюзійні сили між більшою кількістю ретенційних елементів.

Alshenaiber та ін. (2023) повідомляли про виявлені менші деформації у знімних протезах з опорами на 4 імплантати, порівняно з конструкціями з меншою кількістю опор. З погляду механіки, це узгоджується з теорією розподілу навантаження: зі збільшенням кількості імплантатів-опор навантаження на кожен імплантат зменшується, зменшуючи концентрацію

напружень та деформацію матриці [7]. Біомеханічний аналіз Mirchandani та ін. (2021) додатково підтверджує цей принцип, демонструючи, що вища ретенція корелює зі збільшенням передачі напруження, і що системи кріплення впливають на розподіл напруження. Збільшення кількості імплантів зменшує навантаження на кожне кріплення, потенційно підвищуючи довговічність. У випадках жорсткого варіанту фіксації можливо також більш збільшення передачі навантаження на опорний імплантат, що може викликати додаткові біомеханічні напруження в кістковій тканині й навколо імплантата. Тому, окремі дослідники вважають, що оптимальна кількість імплантів повинна збалансувати покращення ретенції з модуляцією напруження. А протилежно, надмірна ретенція може парадоксально збільшити біомеханічну напругу в кістковій тканині, якщо конструкція є непружна та ригідна [9].

Дані літератури вказують на неминучу деградацію ретенції протезів з часом внаслідок зношування фіксаційних елементів. Vukvic та ін. (2025) у своїх дослідженнях показали, що оптимальну ретенцію фіксаторів з кулеподібними елементами можна відновити навіть через 10 років шляхом заміни еластичного ущільнювача. І такий підхід є варіантом забезпечення тривалого контролю сили ретенції конструкції. Цілком ймовірно, що конфігурації з меншою кількістю імплантів можуть показати швидше зниження ретенції внаслідок перевантаження фіксаційних елементів, але прямих таких доказів у літературі немає. Особливо варто відзначити відсутність відомих тривалих досліджень такої проблеми [10].

Збільшення кількості імплантів як опор для знімного протеза може призводити до ряду наслідків, які стосуються як стану здоров'я пацієнта, так і організації самого процесу його комплексної реабілітації. Такими додатковими факторами можуть бути збільшення тривалості хірургічного втручання, зростання собівартості хірургічного етапу лікування, зростання ризику післяопераційних ускладнень та потребу у виготовленні складніших ортопедичних конструкцій [11].

Якщо проаналізувати доступну літературу з обраного проблемного напрямку, то можна виявити окремі методологічні обмеження, які можуть призводити до окремих хибних моментів у розумінні проблеми ретенції знімних зубних протезів з опорою на дентальні імплантати. Такими може бути переважання досліджень ретенції *in vitro*, обмежена кількість довгострокових рандомізованих контрольованих досліджень, що оцінюють ретенцію як первинний результат, відсутність стандартизованих протоколів вимірювання ретенції, невідповідні визначення діаметра імплантів-опор, мінімальна кореляція між механічними даними та задоволеністю пацієнтів.

Окремі результати свідчать про ієрархію ефективності ретенції знімної конструкції:

- 1) Два імпланти: адекватна, але обмежена ретенція, яка має високу залежність від розподілу;
- 2) Три імпланти: порівнянна біологічна стабільність при помірному покращенні механіки;
- 3) Чотири імпланти: оптимальна ретенція та розподіл навантаження;

4) П'ять імплантів: мінімум переваг, порівняно з попереднім варіантом.

З позицій біомеханіки, чотири імплантати, здається, забезпечують найсприятливіший баланс між величиною ретенції, розподілом навантаження та тривалістю функціонування конструкції. Тому переваги від наявності чотирьох імплантів-опор є чисто механічними, а не біологічними. Тому вибір кількості імплантів в якості опор слід індивідуалізувати на основі клінічної ситуації (морфологія альвеолярного гребеня/частини, якості та кількості доступної кістки), функціональних потреб, фінансових міркувань, рівня загальносоматичного здоров'я очікувань пацієнтів.

З огляду на викладене вище, рівень сили ретенції таких конструкцій вимірювався переважно в лабораторних умовах, і різні дослідники презентують відмінні значення. Наприклад, Canizales (2011) вказує, що при застосуванні різної кількості та варіантів установки мініімплантів «MDI» сила ретенції прогресивно зростала зі збільшенням кількості опор. Наприклад, при використанні однієї опори вона складала $\approx 4,1$ Н, при двох (близьке розташування) – $\approx 7,8$ Н, при двох (широке розташування) – $\approx 13,5$ Н. При використанні трьох опор сила ретенції була $\approx 18,5$ - $19,5$ Н, при застосуванні чотирьох – $\approx 24,1$ Н, а вже п'яти – $\approx 26,9$ Н [8]. Але провести паралелі до показників ретенції в клінічних умовах є складно. Таким чином, на сьогоднішній день дані, які стосуються ретенційних характеристик знімних зубних протезів з опорою на мініімпланти, є неповними, оскільки було досліджено обмежену кількість конструкцій мініімплантів, без урахування виду ущільнювача та інших додаткових факторів..

Мета дослідження – дослідити в лабораторних умовах силу ретенції фіксаторів для повних знімних протезів з фіксацією на дентальних мініімплантатах при різних варіантах конструкції.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження було використано навчальні полістиролові моделі верхньої щелепи, в які було встановлено по 4 дентальні мініімпланти IUS251510 (Dentium, Korea), паралельно один до одного. Відповідно до встановлених імплантів на моделі умовного знімного протеза (акрилова пластина товщиною 1,0 мм, з круглим отвором $\varnothing 3,0$ см по центру, для введення штоку тензометричної установки) було за допомогою акрилового клею фіксовано гільзи-матриці, які встановлюються в товщу базису знімного протеза, O-ring BPF3 з гумовим кільцем BNO1 (Dentium, Korea) (рис. 2).

Для вимірювання було використано тензометричну установку яку було під'єднано до персонального комп'ютера, де результати оброблялися в програмі «Керам-тест», в програмі фіксувалося максимальне навантаження в кілограмах, яке переводили в Ньютони. Вимірювали максимальне навантаження моделі щелепи на шток тензометричної установки, при якому відбувалося скидання пластинки (від'єднання матриць) від опорних мініімплантів. Кожне вимірювання проводили десять разів. Варіанти вимірювання проводили в таких варіантах: 1 опора, 2 опори поруч на одній стороні зубної дуги, 2 опори на протилежних сторонах зубної дуги, 3 опори та 4 опори.



Рис. 2. Фото моделі нижньої щелепи з установленими мініімплантатами на етапах експерименту

Облік результатів проводили в електронних таблицях Microsoft Excel 2016, де й було проведено попередній аналіз результатів та застосовано тести описової статистики. Тести порівняльної статистики було виконано з використанням пакетів Microsoft Excel 2016, BioStat LE, SPSS/Statistica/Python. Нормальність даних оцінювали за допомогою тесту Шапіро-Уїлка. Для порівняння значень сили ретенції між п'ятьма групами було застосовано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Попарні порівняння «*post hoc*» проводили за допомогою тесту Тьюкі HSD. Рівень статистичної значущості було встановлено на рівні $p < 0,05$. Розмір ефекту розраховували за допомогою ета-квадрату (η^2).

Результати дослідження та їх обговорення.

Отже, проведені вимірювання в лабораторних умовах та обчислення їх результатів показали, що дійсно, сила ретенції стоматологічної ортопедичної знімної супраконструкції залежить від числа опор (в цьому випадку – мініімплантатів) та їх взаємного розташування. Таким чином, при застосування однієї опори сила ретенції дорівнювала $5,31 \pm 1,15$ Н ($M=5,06$ Н), а значення рееструвались в діапазоні 3,67 – 8,59 Н (табл. 1). Застосування більшого числа опор призвело до прогресивного зростання сили ретенції. Але у випадку застосування двох опор показник залежав від конфігурації самої конструкції (взаємного розташування опор). Так, при розташуванні їх поблизу він становив $9,72 \pm 1,81$ Н ($M=9,28$ Н), а значення коливались в межах 7,34 – 12,60 Н. При розташуванні опор на біль-

шій відстані (в цьому дослідженні – на протилежних сторонах зубної дуги) середні значення зростало майже на 35%. Більші значення були виявлені при застосуванні трьох опор (що давало залучення більшого числа сегментів зубного ряду і вектори сил вже додавалися в площині утвореного умовного трикутника. Значення було $18,45 \pm 3,31$ Н ($M=16,98$ Н), діапазон мінімальних та максимальних значень теж був вищий – 13,33-23,30 Н. І, як було прогнозовано, більші значення ретенції було досягнуто при застосуванні чотирьох опор. Середні значення було $21,73 \pm 2,95$ Н ($M=21,76$ Н), мінімальне – 15,30 Н, максимальне – 24,76 Н.

Дисперсійний аналіз (ANOVA) виявив статистично значущу різницю між групами ($F(4,75) = 102,61$, $p < 0,001$). «*Post hoc*» аналіз показав значну різницю між усіма групами, окрім двох конфігурацій з 2 імплантатами ($p = 0,14$). Розмір ефекту був великим ($\eta^2 = 0,846$), що вказує на сильний вплив кількості імплантатів на ретенцію зубного протеза. Тобто, приблизно 84,6% загальної різниці в силі ретенції зубного протеза пояснюється кількістю мініімплантатів.

«*Post hoc*» попарні порівняння виявили статистично значущі відмінності майже між усіма групами ($p < 0,05$). Статистично значущі відмінності були виявлені між:

- 1) 1 імплантатом та всіма іншими групами ($p < 0,001$)
- 2) 2 імплантатами (обидві конфігурації) та 3 імплантатами ($p < 0,001$)
- 3) 2 імплантатами (обидві конфігурації) та 4 імплантатами ($p < 0,001$)
- 4) 3 імплантатами та 4 імплантатами ($p = 0,006$)

Статистично значущої різниці між двома конфігураціями з 2 мініімплантатами не виявлено ($p = 0,14$). Ці результати підтверджують, що збільшення кількості мініімплантатів значно покращує ретенцію зубних протезів, особливо при порівнянні конструкцій опори з одним імплантатом та кількома імплантатами. Такі результати показали чітко, поступове збільшення сили ретенції знімних протезів зі збільшенням кількості мініімплантатів. І виявлена залежність була лінійною (рис. 3)

Отримані нами результати узгоджуються із подібними публікаціями, які вказують на те, що збільшення кількості мініімплантатів може покращити ретенцію та зменшити знос кріплення. Наприклад, Alshenaiber (2023) повідомляв, що сила ретенції та результати зносу кріплення покращувалися, коли кількість мініімплантатів збільшилася до чотирьох, тоді як різниця між двома та трьома мініімплантатами була менш вираженою – загальна тенденція, яка збігається з нашими висновками (суттєве покращення ретенції

Таблиця 1

Результати вимірювання сили ретенції моделі зубного протеза в різних варіантах фіксації, Н

	Кількість опор та конфігурація їх розташування				
	1	2 (наближені сегменти)	2 (протилежні сегменти)	3	4
M±m	5,31±1,15	9,72±1,81	11,90±3,17	18,45±3,31	21,73±2,95
Median	5,06	9,28	12,51	16,98	21,76
Min.	3,67	7,34	6,51	13,33	15,30
Max.	8,59	12,60	17,84	23,30	24,76

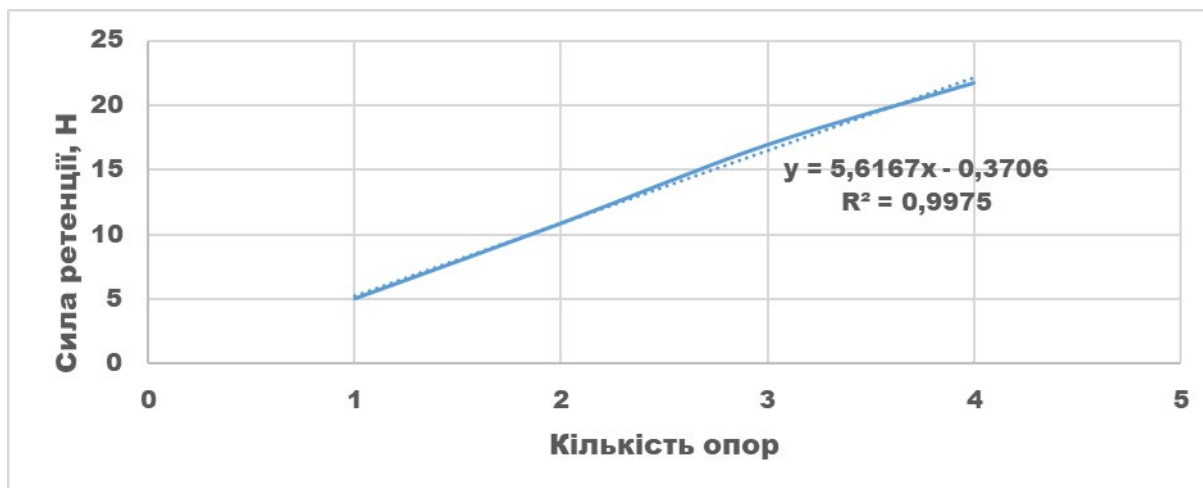


Рис. 3. Зростання сили ретенції протезів при збільшенні кількості опор

від 1→2 та 2→3/4, з меншим приростом при більшій кількості) [7].

З погляду клініки, наявні клінічні рекомендації вже давно підтримують двоімплантні знімні протези нижньої щелепи як мінімальний стандарт догляду за пацієнтами з відсутністю зубів, значною мірою завдяки постійному покращенню стабільності, задоволеності пацієнтів та якості життя, пов'язаної зі здоров'ям порожнини рота, порівняно зі звичайними протезами. Але для верхньої щелепи таких рекомендацій є небагато. Наші результати підтверджують цю позицію, демонструючи помітне збільшення ретенції при переході від одного імплантата до двох імплантів, що узгоджується із сучасною точкою зору стоматологів-практиків. Дані, що порівнюють ефект ретенції двох опор з чотирма імплантатами переважно включають результати дослідження застосування стандартних денціальних імплантів, а не мініімплантів. Довгострокові клінічні результати та задоволеність пацієнтів є подібними, що підтверджує економічну ефективність двоімплантатних протезів у багатьох рутинних випадках. Однак не варто забувати, що рішення про використання мініімплантів можуть прийматися в інших клінічних умовах, що взагалі впливає на біомеханіку всього жуваального апарату пацієнта – діаметр опор, їх механічні властивості, умови – якість кісткової тканини та об'єм доступної кістки [12-15].

Серед *обмежень цього дослідження* можна встановити таке: це дослідження було присвячено визначенню сили механічної ретенції та не враховувало пацієнтоорієнтовані результати (як то комфорт, жувальна ефективність, якість життя), реакцію тканин навколо імплантів або довгострокові ускладнення. Варто відзначити, що опори були встановлені чітко паралельно одна до іншої, що в реальній клінічній практиці трапляється далеко не в 100% випадків. А на

ретенцію протеза також впливають тип кріплення, кут/паралельність імплантата, цикли введення-видалення, умови змащування/аналога слиною та протокол, що використовується для вимірювання сил зміщення. Тому екстраполяцію на клінічну ефективність різних конструктивних рішень слід проводити обережно, а майбутні роботи повинні включати стандартизацію вимірювань та розширений багатофакторний аналіз.

Висновки. Отже, в ході виконання експериментального дослідження в лабораторних умовах було встановлено чітку лінійну залежність між кількістю денціальних мініімплантів і силою ретенції повного знімного протеза. Можна твердити, що збільшення числа опор вірогідно підвищує показники фіксації ($p < 0,001$), причому найбільший приріст спостерігається при переході від однієї до двох і трьох опор. Різниця між двома конфігураціями (розташування поруч, та на протилежних сегментах зубного ряду) з двома імплантатами виявилася статистично невірогідною. Отримані дані підтверджують визначальний вплив кількості опор на ретенцію знімного протеза та обґрунтовують доцільність використання кількох мініімплантів для підвищення стабільності знімної конструкції.

Перспективи подальших досліджень: майбутні дослідження мають охоплювати клінічно обґрунтовані протоколи зношування (старіння) ортопедичних конструкцій (таких, як термоцикування, циклічне введення-видалення та функціональне навантаження), порівняння систем кріплення з однаковими конструкціями імплантів, врахування випадків сервісного обслуговування та відновлення ретенції після заміни окремих компонентів, та оцінку пацієнт-орієнтованих результатів лікування. Також вельми перспективно виглядає організація рандомізованих клінічних досліджень, які б порівнювали різні варіанти конструкцій знімних зубних протезів з опорою на мініімплантати.

REFERENCES

1. Daou EE. Stud attachments for the mandibular implant-retained overdentures: Prosthetic complications. A literature review. Saudi Dent J. 2013 ;25(2):53-60. doi: 10.1016/j.sdentj.2012.12.003.
2. Patil PG, Seow LL, Uddanwadikar R, Ukey PD. Biomechanical behavior of mandibular overdenture retained by two standard implants or 2 mini-implants: A 3-dimensional finite element analysis. J Prosthet Dent. 2021;125(1): 138.e1-138.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.015.

3. Mykhajlychenko BG, Humeniuk VO, Mochalov IO, Tukalo IV, Vakhrusheva TM, Bilichenko IO, Mochalov OO. The influence of implant channel preparation technique on the mechanical and radiological properties of bone during the dental mini-implants placement (ex-vivo experimental study). *Wiad Lek.* 2025; 78(9):1771-1776. doi: 10.36740/WLek/212511.
4. Celebic A, Kovacic I, Petricevic N, Alhajj MN, Topic J, Junakovic L, Persic-Kirsic S. Clinical Outcomes of Three versus Four Mini-Implants Retaining Mandibular Overdenture: A 5-Year Randomized Clinical Trial. *Medicina (Kaunas)*. 2023;60(1):17. doi: 10.3390/medicina60010017.
5. Aljudaibi SM, Alqhtani MAZ, Almeslet AS, Aldowah O, Alhendi KDS. Retention of Mandibular Complete Overdentures using Mini Dental Implants ($\varnothing < 3$ mm) and Standard Diameter Implants ($\varnothing > 3$ mm): A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Oral Health Prev Dent.* 2024; 22: 181-188. doi: 10.3290/j.ohpd.b5282167.
6. Aung ZHP, Win PP, Sastraruji T, Khongkhunthian P. Ball versus other attachments in mini-implant retained overdenture: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):560. doi: 10.1186/s12903-025-05961-z.
7. Alshenaiber R, Barclay C, Silikas N. The Effect of Mini Dental Implant Number on Mandibular Overdenture Retention and Attachment Wear. *Biomed Res Int.* 2023; 2023: 7099761. doi: 10.1155/2023/7099761.
8. Canizales AM. Evaluation of retention using different numbers and position of attachments with mini dental implant overdentures [thesis]. Morgantown (WV): West Virginia University; 2011. Available from: <https://researchrepository.wvu.edu/etd/3270>
9. Mirchandani B, Zhou T, Heboyan A, Yodmongkol S, Buranawat B. Biomechanical Aspects of Various Attachments for Implant Overdentures: A Review. *Polymers (Basel)*. 2021; 13(19): 3248. doi: 10.3390/polym13193248.
10. Bukvic H, Schenk N, Hinz S, Schimmel M, Enkling N, Abou-Ayash S. Retention forces in mini-dental-implant retained mandibular overdentures: 10-year outcomes of a non-comparative longitudinal observational study. *Int J Implant Dent.* 2025;11(1):32. doi: 10.1186/s40729-025-00620-y.
11. Flanagan D. Frailty and mini dental implants. *Clin Case Rep.* 2023; 11(12): e7982. doi: 10.1002/ccr3.7982.
12. Valente MLC, Shimano MVW, Agnelli JAM, Dos Reis AC. Retention force and deformation of an innovative attachment model for mini-implant-retained overdentures. *J Prosthet Dent.* 2019; 121(1): 129-134. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.04.010.
13. Abou-Ayash S, Enkling N, Srinivasan M, Haueter M, Worni A, Schimmel M. Evolution of in vivo assessed retention forces in one-piece mini dental implant-retained mandibular overdentures: 5-Year follow-up of a prospective clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019; 21(5): 968-976. doi: 10.1111/cid.12816.
14. Türk PE, Geckili O, Türk Y, Günay V, Bilgin T. In vitro comparison of the retentive properties of ball and locator attachments for implant overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014; 29(5): 1106-1113. doi: 10.11607/jomi.3621.
15. Scherer MD, McGlumphy EA, Seghi RR, Campagni WV. Comparison of retention and stability of implant-retained overdentures based upon implant number and distribution. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013; 28(6): 1619-1628. doi: 10.11607/jomi.3067.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 03.04.2026