УДК 616.314-089.843:616.711-018.5
DOI https://doi.org/10.32782/2226-2008-2026-3-8

В. М. Лучинський[1] *https://orcid.org/0000-0002-9339-2589*
Ю. І. Лучинська[1] *https://orcid.org/0000-0001-8622-7334*
Ю. К. Змарко[1] *https://orcid.org/0000-0002-2093-4471*
О. О. Стаханська[1] *https://orcid.org/0000-0003-3013-1346*
В. І. Вівчаренко[2] *https://orcid.org/0009-0007-2133-6960*

ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТІВ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ РІЗНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

[1]Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна
[2] Приватний стоматологічний кабінет «Стоматологія Вівчаренка», Івано-Франківськ, Україна

УДК 616.314-089.843:616.711-018.5

В. М. Лучинський[1], Ю. І. Лучинська[1], Ю. К. Змарко[1], О. О. Стаханська[1], В. І. Вівчаренко[2]

ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТІВ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ РІЗНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

[1]Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна
[2]Приватний стоматологічний кабінет «Стоматологія Вівчаренка», Івано-Франківськ, Україна

Дентальні імпланти було встановлено 96 хворим віком 18–59 років з різною мінеральною щільністю кісткової тканини. Для характеристики кортикального шару нижньої щелепи використовували мандибулярно-кортикальний індекс за Klemetti E. Оцінку стабільності імпланту проводили з використанням резонансно-частотного аналізу з вираховуванням коефіцієнта стабільності імпланту. Результатами дослідження встановлено, що застосування резонансно-частотного аналізу для вивчення стабільності імплантів виявило низку особливостей залежно від віку пацієнтів, типу кортикальної пластини та від місця їх локалізації. Встановлено, що середні дані коефіцієнта стабільності імпланту у осіб основної і контрольної груп перевищували дані у пацієнтів порівняльної групи у середньому на 24,38 ($p < 0,05$) та на 29,91 % ($p < 0,01$) відповідно.

Ключові слова: лікування, імплантація, коефіцієнт стабільності імпланту, резонансно-частотний аналіз.

UDC 616.314-089.843:616.711-018.5

V. M. Luchynskyi[1], S. A. Yu. I. Luchynska[1], Yu. K. Zmarko[1], O. O. Stakhanska[1], V. I. Vivcharenko[2]

ASSESSMENT OF DENTAL IMPLANT STABILITY IN PATIENTS WITH DIFFERENT BONE DENSITY

[1]Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine
[2]Private dental office "Vivcharenko Dentistry", Ivano-Frankivsk, Ukraine

Introduction. For predicting the functional condition of the surrounding peri-implant bone tissues, it is crucial to obtain evidence-based assessment of the implant-bone interface status after implant placement.

The aim of the study is to investigate and evaluate the effectiveness of dental implantation in individuals of different age groups, considering the condition of the bone tissue.

Materials and methods. Dental implants were placed in 96 patients aged 18 to 59 years with varying levels of bone mineral density. The Mandibular Cortical Index was used to characterize the cortical layer of the mandible. Implant stability was assessed using resonance frequency analysis by calculating the Implant Stability Quotient.

Results. The study found that immediately after dental implantation, Implant Stability Quotient values did not significantly differ among the groups. After six months, the mean ISQ values in the main and control groups exceeded those of the comparative group by 24.38 % and 29.91 % respectively. Analysis of Implant Stability Quotient values depending on the type of cortical bone showed no significant differences for type C1 bone. Notably, in patients with type C2 bone in the main group, Implant Stability Quotient values exceeded those in the comparative group by 26.92 % at three months and by 31.48 % at six months. Among patients with osteopenia and type C3 cortical bone, Implant Stability Quotient values in the main group significantly exceeded those of the comparative group by 25.90 % at three months and by 30.71 % at six months following implantation.

Conclusions. Resonance frequency analysis of implant stability revealed several specific features depending on the patient's age, cortical bone type, and implant localization.

Keywords: treatment, implantation, implant stability quotient, resonance frequency analysis.

© В. М. Лучинський, Ю. І. Лучинська, Ю. К. Змарко та ін., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії

Вступ

На сучасному етапі стоматологічна наука має на меті поліпшити якість профілактики та лікування, що значною мірою пов'язано зі стійкістю отриманих результатів [1–5]. Досягнення максимального результату під час профілактики та лікування захворювань органів порожнини рота безпосередньо пов'язане з використанням сучасних технологій. Сучасні нанотехнології, що поєднують у собі досягнення оперативної стоматології та ортодонтії, обізнаність про будову остеоїдної тканини і м'яких тканин порожнини рота, сучасні матеріали, які заповнюють дефекти зубних рядів, є потенціалом для використання зубних імплантів. Проведення імплантації дає змогу виконати корекцію обмежених розсіяних дефектів зубних рядів. Іноді виникає необхідність застосування імплантації у зв'язку з обмеженням або навіть неможливістю використання знімних протезів як результат чутливості до акрилатів. Також застосування внутрішньокісткової імплантації може бути корисним у разі станів повної адентії, у випадках зниження висоти альвеолярних відростків [6–9].

Початкова стійкість під час встановлення дентальних імплантів (первинна механічна стабільність) і розвиток процесів остеоінтеграції з подальшим динамічним загоєнням (вторинна біологічна стабільність) є важливими факторами для тривалого успішного функціонування імплантів. Тому для прогнозування функціонального стану навколишніх переімплантних кісткових тканин надзвичайно актуальним є доказове визначення статусу імплантно-кісткового інтерфейсу після встановлення імплантів, до фіксування абатментів та під час припасування протезних конструкцій, а також на етапах подальшого догляду [10–14].

Мета дослідження – вивчити та оцінити ефективність дентальної імплантації у осіб різного віку з урахуванням стану кісткової тканини.

Матеріали та методи дослідження

Дентальні імпланти (ДІ) було встановлено 96 хворим віком 18–59 років з різною мінеральною щільністю кісткової тканини. Особи з нормальною мінеральною щільністю кісткової тканини (МЩКТ) становили контрольну групу (30 осіб), пацієнти з остеопенією, які не отримували остеотропну терапію, – порівняльну групу (39 чол.), та хворі, яким була рекомендована остеотропна курація остеопенії, доповнена біорегенераційною композицією для кращої стабілізації імплантів – основна група (58 осіб). Всього хворим груп дослідження було встановлено 217 дентальних імплантів: 107 – у осіб основної групи; 77 – у пацієнтів порівняльної групи та 33 ДІ – у досліджуваних контрольної групи. Хворим основної групи, задля інтеграції імплантів, у підготовлене імплантне ложе вносили у пропорційних кількостях крапельно композицію, що містила «Easy Graft+збагачену тромбоцитами плазму (ЗТП)+мультипотентні мезенхімальні стромальні клітини жирової тканини (ММСК ЖТ).

До дослідження включали пацієнтів віком 18–59 років із частковою відсутністю зубів, яким за клінічними показаннями було проведено внутрішньокісткову дентальну імплантацію. Обов'язковими умовами включення були визначена мінеральна щільність кісткової тканини, достатній об'єм кісткової тканини для встановлення імплантатів за стандартним протоколом, відсутність абсолютних протипоказань до дентальної імплантації, можливість проведення клінічного та рентгенологічного контролю в динаміці та наявність добровільної інформованої згоди на участь у дослідженні.

Критеріями виключення були тяжкі декомпенсовані соматичні та системні захворювання, активні онкологічні процеси, патологічні стани, що суттєво впливають на метаболізм кісткової тканини, проведення променевої терапії в ділянці голови та шиї, активні запальні та інфекційні процеси в зоні імплантації, недостатній об'єм кісткової тканини для стандартної імплантації, необхідність складних реконструктивних втручань, неліковані захворювання пародонта, незадовільна гігієна порожнини рота, що не піддавалася корекції, а також неможливість дотримання протоколу спостереження або відмова пацієнта від подальшої участі у дослідженні.

Для характеристики кортикального шару нижньої щелепи використовували індекс MCI (мандибулярно-кортикальний індекс) за E. Klemetti та співавторами [15]. При цьому оцінювалися морфологічні характеристики кортикальної пластини нижньої щелепи, розташованої нижче ментального отвору. Залежно від морфологічних характеристик виділяють три її типи: С1 – внутрішня межа кортикальної пластинки чітка і рівна, не пошкоджений кортикальний шар; С2 – край кортикального шару має поодинокі півмісяцеві дефекти з розшаруванням кортикальної пластини з однієї або двох сторін, значно пошкоджений кортикальний шар; С3 – межа нечітка, нерівна кортикальна пластинка розшарована, має безліч дефектів.

Оцінку стабільності імпланту проводили з використанням резонансно-частотного аналізу з вираховуванням коефіцієнта стабільності імпланту (КСІ) (N. Meredith, 1998). Методика ґрунтується на реєстрації резонансних коливань імпланту і навколишньої кістки у разі впливу на них електромагнітного поля за допомогою штифта і обчисленні КСІ [16].

Результати мікрорухомості імплантів вивчали безпосередньо після їх встановлення та через 3 і 6 місяців після імплантації.

Дослідження схвалено Комісією з питань біоетики Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України (протокол № 81 від 03.04.2025) та виконано з дотриманням принципів Етичного кодексу Всесвітньої медичної асоціації (Гельсінська декларація) щодо досліджень, до яких долучають людей. Від усіх обстежених пацієнтів отримана письмова згода на проведення клінічних досліджень.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили з використанням програми Microsoft Excel, що входить до пакета Microsoft Office, та програми Statistica. Для виконання статистичної обробки отриманих даних було застосовано такі методи: аналіз варіаційних рядів; проведення оцінки вірогідності отриманих результатів за критерієм Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 1), що у обстежених 18–44-річного віку безпосередньо після встановлення імплантів максимальні значення КСІ спостерігались у осіб контрольної групи (66,90 ± 5,52 %) за найменших даних у пацієнтів порівняльної групи – 56,10 ± 2,7 % ($p > 0,05$). При цьому дані КСІ безпосередньо після імплантації не відрізнялись статистичною значущістю у разі міжгрупового порівняння ($p > 0,05$).

Через 3 місяці після проведення дентальної імплантації значення цього параметра дещо знижувались у хворих контрольної та порівняльної груп. При цьому значення КСІ у пацієнтів 18–44 років контрольної і основної груп вірогідно не відрізнялись між собою (64,78 ± 5,38 та 64,25 ± 3,25 % відповідно, $p > 0,05$). Однак у осіб порівняльної групи значення КСІ було на 23,39 % нижче середнього значення у пацієнтів основної і контрольних груп ($p < 0,01$).

Через 6 місяців після проведення дентальної імплантації значення КСІ збільшувалось до 69,92 ± 5,59 % у контрольній та до 65,36 ± 5,32 % у основній групах. При цьому у хворих порівняльної групи віком 18–44 роки значення цього параметра залишалось на 25,53 та на 20,12 % нижче, ніж у осіб контрольної ($p < 0,01$) та основної групи ($p < 0,05$) відповідно.

У досліджуваних старшої вікової підгрупи значення КСІ безпосередньо після проведення дентальної імплантації коливалось від 62,58 ± 5,24 % у контрольній групі до 56,15 ± 3,72 % у основній групі ($p > 0,05$). При цьому у осіб порівняльної групи віком 45–59 років значення параметра, який аналізували, було на 18,83 % нижче, ніж у осіб контрольної групи ($p < 0,05$), однак вірогідно не відрізнялось від даних КСІ у пацієнтів основної групи ($p > 0,05$).

Через 3 місяці після проведення дентальної імплантації у осіб контрольної і основної груп значення КСІ вірогідно не відрізнялись між собою ($p > 0,05$) і перевищували дані у порівняльній групі: на 26,83 % – у контрольній ($p < 0,05$) та на 24,41 % – у основній групі ($p < 0,01$).

Через 6 місяців після проведення дентальної імплантації значення КСІ вірогідно не відрізнялись у осіб контрольної і основних груп ($p > 0,05$). Водночас у пацієнтів порівняльної групи значення параметра, який аналізували, були нижче ніж у контрольній групі на 34,87 % ($p < 0,001$) та на 29,05 % – у основній групі ($p < 0,01$).

Отже, аналізуючи середні дані КСІ у групах дослідження, встановлено, що безпосередньо після проведення дентальної імплантації значення КСІ вірогідно не відрізнялись між собою. Через 3 місяці після проведення дентальної імплантації середнє значення КСІ у осіб порівняльної групи було нижче на 25,24 % стосовно даних у пацієнтів контрольної групи ($p < 0,01$) та на 23,72 %, ніж у пацієнтів основної групи ($p < 0,01$). Через 6 місяців після проведення дентальної імплантації спостерігалась аналогічна тенденція: середні значення КСІ у пацієнтів основної і контрольної груп перевищували дані у осіб порівняльної групи на 24,38 % та на 29,91 % ($p < 0,01$) відповідно.

Аналіз значення коефіцієнта стабільності дентальних імплантів залежно від типу кортикального шару у пацієнтів груп дослідження показав (табл. 2), що стабільність імплантів при типі кісткової тканини С1 у хворих груп дослідження як безпосередньо, так і через 3, 6 місяців після встановлення імплантів вірогідно не відрізнялись між собою ($p > 0,05$).

Звертало увагу, що безпосередньо після проведення ДІ у осіб порівняльної і основних груп з типом кортикального шару С2 значення КСІ вірогідно не відрізнялись між собою ($p > 0,05$). Водночас через 3 місяці після проведення ДІ у осіб основної групи з типом С2 значення КСІ перевищували дані у хворих порівняльної групи з таким же типом кортикальної пластини на 26,92 % ($p < 0,01$), а через 6 місяців після проведення ДІ це перевищення становило 31,48 % ($p < 0,001$).

У пацієнтів з остеопенією при типі кортикального

Таблиця 1

Результати резонансно-частотного аналізу стабільності дентальних імплантів (%)

Групи дослідження	Вік, роки	Значення коефіцієнта стабільності імпланту		
		після імплантації	через 3 місяці	через 6 місяців
Контрольна група, $n = 33$	18–44, $n = 16$	66,90 ± 5,52	64,78 ± 5,38	69,92 ± 5,59
	45–59, $n = 17$	62,58 ± 5,24	60,36 ± 5,18	64,80 ± 5,38
	Разом, $n = 33$	64,74 ± 5,38	62,57 ± 5,28	67,36 ± 5,49
Порівняльна група, $n = 77$	18–44, $n = 35$	56,10 ± 2,75	49,43 ± 2,96	52,21 ± 2,75••
	45–59, $n = 42$	50,80 ± 2,12 •	44,13 ± 2,46^	42,21 ± 2,43•••^^^{00}
	Разом, $n = 77$	53,45 ± 2,34	46,78 ± 2,71••	47,21 ± 2,89••
Основна група, $n = 107$	18–44, $n = 52$	60,92 ± 4,28	64,25 ± 3,25	65,36 ± 5,32*
	45–59, $n = 55$	56,15 ± 3,72	58,38 ± 3,90**	59,49 ± 4,05**
	Разом, $n = 107$	58,54 ± 4,90	61,32 ± 4,58**	62,43 ± 4,69**

Примітки:

1. Достовірна різниця значень стосовно даних контрольної групи: •$p < 0,05$; ••$p < 0,01$; ••• $p < 0,001$;
2. Достовірна різниця значень стосовно даних порівняльної групи: *$p < 0,05$; **$p < 0,01$; ***$p < 0,001$;
3. Достовірна різниця значень стосовно 18–44-річних:
$^{0}p < 0,05$; $^{00}p < 0,01$; $^{000}p < 0,001$;
4. Достовірна різниця значень стосовно даних після імплантації:
^$p < 0,05$; ^^$p < 0,01$; ^^^$p < 0,001$.

Таблиця 2

Результати резонансно-частотного аналізу стабільності дентальних імплантів залежно від типу кортикального шару (%)

Групи дослідження (кількість імплантів)	Тип кісткової тканини	Значення коефіцієнта стабільності імпланту		
		Безпосередньо після імплантації	Через 3 місяці	Через 6 місяців
Контрольна група, *n* = 33	С1, *n* = 33	66,74 ± 5,38	62,57 ± 5,28	67,36 ± 5,49
Порівняльна група, *n* = 77	С1, *n* = 11	57,79 ± 4,46	53,48 ± 2,98	58,83 ± 2,20
	С2, *n* = 31	53,46 ± 4,34	44,80 ± 2,79••	42,76 ± 3,17•••
	С3, *n* = 35	49,11 ± 4,23•	42,06 ± 2,36•••	40,04 ± 2,30•••
Основна група, *n* = 107	С1, *n* = 15	62,88 ± 4,72	65,90 ± 4,72*	67,12 ± 4,92
	С2, *n* = 45	58,53 ± 4,22	61,30 ± 4,56**	62,40 ± 4,64***
	С3, *n* = 47	54,20 ± 4,08	56,76 ± 4,45**	57,78 ± 4,51***

Примітки:

1. Достовірна різниця значень стосовно даних контрольної групи: •$p < 0,05$; ••$p < 0,01$; ••• $p < 0,001$;
2. Достовірна різниця значень стосовно даних порівняльної групи: *$p < 0,05$; **$p < 0,01$; ***$p < 0,001$.

шару С3 безпосередньо після проведення ДІ значення КСІ не відрізнялись статистичною значущістю між собою ($p > 0,05$). Однак зі збільшенням терміну після проведення ДІ значення КСІ у пацієнтів основної групи вірогідно перевищувало дані у осіб порівняльної групи: на 25,90 % через 3 місяці ($p < 0,01$) та на 30,71 % через 6 місяців після проведення дентальної імплантації ($p < 0,001$).

Аналіз значень коефіцієнта стабільності дентальних імплантів залежно від їх локалізації (верхня, нижня щелепа) у пацієнтів груп дослідження показав (табл. 3), що у осіб контрольної групи безпосередньо після проведення ДІ значення КСІ на верхній щелепі (в/щ) було найвищим і дорівнювало 63,28 ± 5,08 %, що перевищувало дані у осіб з остеопенією: на 23,05 % у осіб порівняльної групи ($p < 0,05$) та на 13,40 % у хворих основної групи ($p > 0,05$).

Через 3 місяці після проведення ДІ значення КСІ на в/щ знижувалось в усіх групах дослідження, однак у досліджуваних контрольної групи дані КСІ залишались найбільшими і перевищували значення: на 25,0 % у порівняльній групі ($p < 0,05$) та вірогідно не відрізнялись від значень у пацієнтів основної групи. При цьому у осіб основної групи значення КСІ на верхній щелепі були на 25,20 % вище, ніж у осіб порівняльної групи ($p < 0,05$).

Через 6 місяців досліджень значення КСІ на верхній щелепі у пацієнтів контрольної групи становило 64,88 ± 5,14 % та було на 29,23 % вище, ніж у осіб порівняльної групи ($p < 0,01$), та не відрізнялось статистичною значущістю від даних у пацієнтів основної групи ($p > 0,05$). Водночас значення КСІ на в/щ у осіб основної групи перевищувало дані у порівнянні на 22,72 % ($p < 0,05$).

Значення стабільності дентальних імплантів за індексом КСІ на нижній щелепі (н/щ) безпосередньо після дентальної імплантації не відрізнялись статистичною значущістю у разі міжгрупового порівняння ($p > 0,05$).

Через 3 місяці після проведення ДІ значення КСІ були найнижчими у пацієнтів порівняльної групи – 50,06 ± 4,90 %, що було менше, ніж у досліджуваних контрольної групи на 13,68 % ($p < 0,05$) та на 22,74 %, ніж у пацієнтів основної групи ($p < 0,05$).

Через 6 місяців після проведення ДІ максимальні

Таблиця 3

Результати резонансно-частотного аналізу стабільності дентальних імплантів залежно від їх локалізації (%)

Групи дослідження (к-сть імплантів)	Локалізація імплантів	Значення коефіцієнта стабільності імплантів		
		Безпосередньо після імплантації	Через 3 місяці	Через 6 місяців
Контрольна група, *n* = 33	в/щ	63,28 ± 5,08	57,99 ± 5,04	64,88 ± 5,14
	н/щ	70,20 ± 5,68	67,15 ± 5,52	69,84 ± 4,84
Порівняльна група, *n* = 77	в/щ	48,70 ± 4,20•	43,50 ± 4,52•	45,52 ± 4,31••
	н/щ	58,20 ± 4,48	50,06 ± 4,90•	48,50 ± 3,83•••
Основна група, *n* = 107	в/щ	54,78 ± 3,90	58,15 ± 4,23*	59,42 ± 4,36*
	н/щ	62,30 ± 4,10	64,49 ± 4,93*	65,44 ± 5,02**

Примітки:

1. Достовірна різниця значень стосовно даних контрольної групи:
•$p < 0,05$; ••$p < 0,01$; ••• $p < 0,001$;
2. Достовірна різниця значень стосовно даних порівняльної групи:
*$p < 0,05$; **$p < 0,01$; ***$p < 0,001$.

значення стабільності імплантів за КСІ досліджували у осіб контрольної і основної груп (69,84 ± 5,14 % і 65,44 ± 5,02 % відповідно), які у середньому перевищували дані у пацієнтів порівняльної групи на 28,30 % ($p < 0,01$).

Сучасні дослідження підтверджують, що низька щільність кісткової тканини є одним із важливих чинників, які ускладнюють досягнення та підтримання стабільності імплантатів. У літературі, присвяченій імплантації в кістку низької щільності, саме проблема забезпечення первинної та вторинної стабільності визначена як одна з основних клінічних проблем сучасної імплантології [1; 3; 7]. Сучасні мета-аналізи показують, що остеопенія не обов'язково веде до втрати імплантатів, але може впливати на стабільність і перебіг остеоінтеграції [12; 13].

Отримані нами дані відповідають цій концепції. У пацієнтів молодшої вікової підгрупи через 3 місяці після встановлення ДІ значення КСІ у порівняльній групі було на 25,24 % нижчим, ніж у контрольній, та на 23,72 %, ніж в основній групі. Через 6 місяців ця тенденція зберігалася: показники КСІ у контрольній та основній групах перевищували відповідні значення порівняльної групи на 29,91 та 24,38 % відповідно. Аналогічні закономірності спостерігалися і в пацієнтів віком 45–59 років. Отже, найбільш суттєві міжгрупові відмінності формувалися саме в період, коли відбувається активне ремоделювання кісткової тканини та перехід від механічної до біологічної стабільності імплантата.

Виявлена закономірність є особливо важливою з огляду на сучасні дані щодо імплантації у пацієнтів зі зниженою мінеральною щільністю кісткової тканини. Систематичний огляд Shibli et al. (2025), який включав 24 клінічні дослідження, 2102 пацієнти та 5954 імплантати, показав, що загальна виживаність імплантатів у пацієнтів з остеопорозом залишається високою – понад 90 %. Водночас частина досліджень продемонструвала нижчі показники стабільності імплантатів у пацієнтів з остеопорозом. Автори наголошують, що остеопороз не слід вважати абсолютним протипоказанням до дентальної імплантації, однак лікування має бути індивідуалізованим [17].

Таким чином, отримані нами результати не суперечать сучасній концепції безпеки дентальної імплантації у пацієнтів зі зниженою мінеральною щільністю кісткової тканини. Навпаки, вони доповнюють її, демонструючи, що основною проблемою може бути необов'язково втрата імплантата, а не досить сприятлива динаміка його стабілізації в процесі остеоінтеграції.

Це положення підтверджується і результатами сучасного мета-аналізу Kim et al. (2025). Автори не виявили статистично значущих відмінностей щодо виживання імплантатів між пацієнтами з остеопоротичними змінами та особами без остеопорозу (RR = 1,00; 95 % CI: 0,97–1,02), а також щодо частоти невдач імплантації. Водночас автори підкреслюють значну неоднорідність наявних досліджень і необхідність проведення стандартизованих проспективних досліджень [18].

Особливої уваги заслуговує встановлена нами залежність КСІ від типу кортикального шару. У пацієнтів із типом С1 статистично значущих міжгрупових відмінностей не встановлено. Натомість при типах С2 і С3, які характеризуються менш сприятливими структурно-механічними властивостями кістки, відмінності між основною та порівняльною групами поступово збільшувалися в процесі спостереження.

Отримані дані узгоджуються із результатами систематичного огляду Al-Juboori et al. (2024), до якого увійшли 6 досліджень за участю 209 пацієнтів та 418 імплантатів. Автори встановили, що ділянки з товстішим кортикальним шаром демонструють кращу первинну стабільність імплантатів, а показники стабільності змінюються в процесі подальшого загоєння. Водночас зв'язок між товщиною кортикальної кістки та показниками ISQ не був однаково вираженим на всіх етапах спостереження [13].

Таким чином, результати нашого дослідження демонструють, що знижена мінеральна щільність кісткової тканини асоціюється передусім із несприятливішою динамікою стабілізації дентальних імплантатів, особливо у кістковій тканині типів С2 і С3 та на верхній щелепі. Водночас виявлене підвищення КСІ в основній групі через 3 та 6 місяців може свідчити про ефективність запропонованого підходу до ведення пацієнтів з остеопенією.

Отримані результати необхідно розглядати у контексті сучасного положення про те, що остеопенія та остеопороз самі по собі не є абсолютним протипоказанням до дентальної імплантації. Сучасні систематичні огляди свідчать про загалом високу виживаність імплантатів у таких пацієнтів, але водночас вказують на необхідність персоналізованого планування лікування та контролю остеоінтеграції [13; 17; 18].

Висновки

Отже, застосування резонансно-частотного аналізу стабільності імплантів виявив низку особливостей залежно від віку пацієнтів, типу кортикальної пластини та від місця їх локалізації. Встановлено, що середні дані КСІ у осіб основної і контрольної груп перевищували дані у пацієнтів порівняльної групи у середньому на 24,38 ($p < 0,05$) та на 29,91 % ($p < 0,01$) відповідно.

Перспективи подальших розробок полягають у розробці та впровадженні такої методики для покращення стабілізації імплантів у довготривалому періоді.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Pandey C, Rokaya D, Bhattarai BP. Contemporary Concepts in Osseointegration of Dental Implants: A Review. *Biomed Res Int*. 2022;2022:6170452. doi: https://doi.org/10.1155/2022/6170452.
2. Piasetska LV, Luchynskyi MA, Oshchypko RV, Rozhko VI, Luchynskyi VM. Evaluation of the treatment effectiveness of gingivitis by the oral dysbiosis index in patients with different reactions of psychophysiological maladaptation. *Wiad Lek*. 2020;73(11):2457–2460. doi: https://doi.org/10.36740/WLEK202011122.
3. Avetikov DS, Pronina OM, Lokes KP, et al. The present day issues on conditions restricting the method choice for maxillary and mandibular dental implants. *Visn Probl Biol Med*. 2017;4(3):20–27. (In Ukrainian). doi: https://doi.org/10.29254/2077-4214-2017-4-3-141-20-27.
4. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):7–21. doi: https://doi.org/10.1111/prd.12185.
5. Vadzyuk S, Boliuk Y, Luchynskyi M, et al. Prediction of the development of periodontal disease. *Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci*. 2021;65(2):107–117. (In Ukrainian). doi: https://doi.org/10.25040/ntsh2021.02.10.
6. Alamoudi A. Nanoengineering and Surface Modifications of Dental Implants. *Cureus*. 2024;16(1):e51526. doi: https://doi.org/10.7759/cureus.51526.
7. Luchynskyi VM, Luchynska YI, Patskan LO, et al. Clinical and radiological characteristics of the dental and jaw system state in persons with low mineral density bone tissue. *East Ukr Med J*. 2025;13(2):463–470. (In Ukrainian). doi: https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13(2):463-470.
8. Yousif AAM. Advances in Biomaterials for Dental Implants: From Nanotechnology to Regenerative Medicine. *Future Dent Res*. 2024;2(2):28–38. Available from: https://fdr.nabea.pub/fdr/article/view/13.
9. Nicolae CL, Pirvulescu DC, Niculescu AG, et al. An overview of nanotechnology in dental medicine. *J Compos Sci*. 2024;8(9):352. doi: https://doi.org/10.3390/jcs8090352
10. Rehner AMG, Moldoveanu ET, Niculescu AG, et al. Advances in Dental Implants: A Review of In Vitro and In Vivo Testing with Nanoparticle Coatings. *J Compos Sci*. 2025;9:140. doi: https://doi.org/10.3390/jcs9030140.
11. Gulati K, Chopra D, Kocak-Oztug NA, Verron E. Fit and forget: The future of dental implant therapy via nanotechnology. *Adv Drug Deliv Rev*. 2023;199:114900. doi: https://doi.org/10.1016/j.addr.2023.114900.
12. Rengo C, Nappo A, Pantaleo G, Spagnuolo G, Ferrari M. Influence of implant dimensions and position on primary and secondary stability: prospective clinical study in the mandible using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2019;30(S19):522–522. doi: https://doi.org/10.1111/clr.477_13509.
13. Al-Juboori H, Petronis Z, Razukevicius D, et al. The Interrelation between Cortical Bone Thickness and Primary and Secondary Dental Implant Stability: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res*. 2024;15(4):e2. doi: https://doi.org/10.5037/jomr.2024.15402.
14. Oshurko AP, Oliinyk IYu, Kuzniak NB, Sukhliak VV. Primary and post-osseointegration stability of short (ultra-short) implants on edentulous atrophied distal segments of the mandible – an indicator of immediate or delayed load. *Clin Prev Med*. 2024;(4):63–71. doi: https://doi.org/10.31612/2616-4868.4.2024.09.
15. Klemetti E, Kolmakov S, Heiskanen P, et al. Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1993;75(6):774–779. doi: https://doi.org/10.1016/0030-4220(93)90438-a.
16. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont*. 1998;11(5):491–501.
17. Shibli JA, Naddeo V, Cotrim KC, et al. Osteoporosis' effects on dental implants osseointegration and survival rate: a systematic review of clinical studies. *Quintessence Int*. 2025;56(3):206–216. doi: https://doi.org/10.3290/j.qi.b5927487.
18. Kim SY, Lee YJ, Kang YJ, Kim SG, Rotaru H. Impact of osteoporosis on dental implant survival, failure, and marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2025;14(19):6719. doi: https://doi.org/10.3390/jcm14196719.

Надійшла до редакції 21.10.2025 р.
Прийнята до друку 29.06.2026 р.
Електронна адреса для листування lyshunskiyvm@tdmu.edu.ua