



DOI

УДК 616.314-089.843:616.716.85018.43]-071/.072

В.Ю. Вовк, кандидат медичних наук, доцент, кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, dr.vovk1987@gmail.com

Ю.В. Вовк, доктор медичних наук, професор, завідувач, кафедра хірургічної та ортопедичної стоматології, факультет післядипломної освіти, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАБІЛЬНОСТІ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ХІРУРГІЧНОМУ ТА ОРТОПЕДИЧНОМУ ЕТАПАХ СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ

Вступ. Стабільність розташування імплантатів у тканинному оточенні щелеп є важливим чинником, який впливає на планування методики встановлення та навантаження дентальних імплантатів (ДІ). Згідно з літературними джерелами та практичними рекомендаціями вважається, що початкова механічна стабільність і відсутність будь-яких небажаних мікрорухів під час досягнення біологічної стабільності є важливими морфологічними умовами, необхідними для адекватної підготовки дентальних імплантатів до функціонального навантаження в разі протезування. Оцінювання наявних натеper методів вимірювання стабільності дентальних імплантатів чітко демонструє потребу в неінвазивному, кількісному, повторюваному та надійному способі її вимірювання. Ще в 1996 році [12] уперше повідомили про можливості використання аналізатора резонансної частоти (RFA) для оцінювання стабільності дентальних імплантатів шляхом визначення частоти вібраційних сигналів, багаторазово скерованих на поверхню датчика, уведеного в дентальний імплантат. Чим міцніше об'єднання дентальних імплантатів із кістковою поверхнею, тим вища частота резонансу, що виникає. За допомогою цієї інноваційної цифрової методики ми протягом трирічного періоду провели дослідження й аналіз даних RFA стабільності дентальних імплантатів у хворих із дефектами зубних рядів. Вимірювання інструментальних показників RFA здійснювали за допомогою цифрового пристрою Osstell в одиницях ISQ під час встановлення та перед функціональним навантаженням протезних конструкцій на дентальних імплантатах у ранньому періоді загоєння впродовж 2–4 місяців та відтерміновано – через 4–6 місяців. Для визначення успішності дентальних імплантатів використовувався статистичний аналіз показника міжквартильного оптимуму отриманих цифрових значень RFA на етапах раннього та відтермінованого протезування в порівнянні з висхідними даними після введення дентальних імплантатів. На основі аналізу отриманих даних RFA під час імплантації виявлено, що чим менший міжквартильний діапазон показників ISQ стабільності дентальних імплантатів на хірургічному й ортопедичних етапах імплантаційного лікування хворих, тим сприятливішим буде поєднання первинної та вторинної стабільності дентальних імплантатів, що приведе до кращої остеоінтеграції.

Ключові слова: дентальні імплантати, біомеханічна та біологічна стабільність імплантатів у кістковій тканині, функціональне навантаження імплантатів, резонансно-частотний аналіз стійкості дентальних імплантатів.

V.Y. Vovk, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, 69 Pekarska str, Lviv, Ukraine, postal code 79010, dr.vovk1987@gmail.com

Y.V. Vovk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of Oral Surgery and Prosthetic Dentistry, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, 69 Pekarska str, Lviv, Ukraine, postal code 79010

THE RESULTS OF THE STUDY OF INSTRUMENTAL PARAMETERS OF THE STABILITY OF DENTAL IMPLANTS AT THE SURGICAL AND PROSTHETIC STAGES OF PATIENT'S DENTAL TREATMENT.

Introduction. The stability of implant positioning in the tissue surrounding the jaws is an important factor influencing the planning of the methodology for placement and loading of dental implants (DI). According to



literature sources and practical recommendations, it is considered that initial mechanical stability and the absence of any undesirable micro-movements upon achieving biological stability are important morphological conditions necessary for adequate preparation of DI for functional loading during prosthetic rehabilitation. The assessment of current methods for measuring DI stability clearly demonstrates the need for a non-invasive, quantitative, repeatable, and reliable method of measurement. As early as 1996 [12], first reported the possibilities of using a Resonance Frequency Analyzer (RFA) to assess DI stability by determining the frequency of vibration signals repeatedly directed at the sensor surface inserted into the DI. The stronger the union of the DI with the bone surfaces, the resonance occurs at a higher frequency. By employing this innovative digital method, we conducted a three-year study and analysis of RFA data on DI stability in patients with tooth arch defects. Instrumental RFA measurements were performed using the Osstell digital device in ISQ units during placement and prior to functional loading of prosthetic constructions on DI in the early healing period within 2–4 months and delayed loading – after 4–6 months. Statistical analysis of the interquartile optimum indicator of obtained digital RFA values was used to determine the success of DI at the stages of early and delayed prosthetic rehabilitation compared to baseline data after DI insertion. Based on the analysis of the obtained RFA data during implantation, it was found that the smaller the interquartile range of ISQ stability indicators of DI at surgical and orthopedic stages of implant treatment in patients, the more favorable the combination of primary and secondary DI stability, which will lead to better osseointegration.

Key words: dental implants, biomechanical and biological stability of implants in bone tissue, functional load of implants, resonance-frequency analysis of dental implants.

Постановка проблеми. Успішна остеointegraція дентальних імплантатів (далі – ДІ) – це прямий зв’язок між кісткою щелепи та імплантатом, що функціонує [6]. Остеоінтегрований ДІ є стабільним і здатним забезпечити відповідність протезних конструкцій функціональному навантаженню протягом досить тривалого часу [1]. Відомі два основні типи стабільності ДІ – первинна та вторинна. Первинна стабільність є біомеханічною характеристикою стійкості під час введення ДІ в кісткову тканину щелеп. Вторинна стабільність є біологічною особливістю загоєння імплантатів у кістковотканинному оточенні [12]. Вторинна стабільність перекриває та змінює первинну стабільність у відповідь на процеси загоєння та/або регенерацію та ремоделювання кістки [1; 4; 14]. Сучасними дослідженнями доведено, що вторинна стабільність починає зростати через 2–4 тижні після встановлення ДІ [11]. Експерименти на тваринах, які проведені [7], показали, що розвиток остеointegraції відбувається в періоді від 1 до 6 тижнів після встановлення ДІ, а через 6 тижнів починається фаза ремоделювання періімплантної кістки [3]. Натепер вважається аксіомою, що первинна стабільність є умовою успішної вторинної стабільності. Разом вони, як тотальна стабільність ДІ, диктують час їх функціонального навантаження [17]. Було показано, що

вторинна стабільність починає зростати через 4 тижні після встановлення імплантату [8]. Під час клінічних досліджень пацієнтів описали терміни та послідовність подій на етапах остеointegraції ДІ. Вони повідомили також, що відсоток зрілої кістки в контакті з підготовленими поверхнями ДІ становить 61,5% після 6 тижнів загоєння. У цьому зв’язку важливість точного вимірювання стабільності ДІ у клінічній дентальній імплантології спонукала до розроблення високочутливих цифрових електронних пристроїв. Для вимірювання стабільності ДІ запропоновано неінвазивний спосіб резонансно-частотного аналізу (далі – RFA), який тестує ДІ на бічний згин, функціонуючи подібно до електронного камертона. Змінні модуляції різної частоти надсилаються до перетворювача (далі – SmartPeg), що прикручується безпосередньо до ДІ. SmartPeg починає вібрувати в резонансній частоті, ця вібрація передається на аналізатор частоти пристрою Osstell. Датчик усередині пристрою вимірює ці частоти та визначає їхні числові параметри, що відповідають міцності з’єднання межі ДІ та кістки, що оточує за периметром. Типові значення резонансної частоти коливаються від 3,5 до 8,5 кГц, а пристрій відображає ці частоти за допомогою одиниці, відомої як коефіцієнт стабільності імплантату (далі – ISQ). Значення ISQ варіюють від 0 до



100, вищі значення ISQ відповідають більшій тотальній стабільності ДІ. З концептуального погляду вища резонансна частота означає більший опір бічному вигину. На бічне згинання впливає міцність кістково-імплантного інтерфейсу, отже, сприяє якісному та повноцінному остоінтеграційному процесу [17]. Проспективні дослідження з використанням протоколу навантаження після 3 тижнів загоєння продемонстрували, що титанові імплантати з модифікованою поверхнею SLA можуть сприяти негайному досягненню та довготривалій підтримці успішної остоінтеграції ДІ. Метод RFA дозволяє відстежувати стабільність ДІ протягом усього періоду їх остоінтеграції та відповідно змінювати протоколи лікування [16].

За допомогою застосування у клінічній практиці такого високоточного, повторюваного та надійного кількісного RFA-методу вимірювання стабільності ДІ, упродовж тривалого періоду спостереження переглянуто оригінальний протокол лікування за допомогою ДІ в разі втрати зубів, який був розроблений ще у 70-х рр. минулого століття професором [16]. Автори цього протоколу рекомендували розпочинати функціональне навантаження ДІ через 4 місяці на нижній щелепі та через 6 місяців на верхній щелепі після видалення зубів і повноцінного загоєння зубних лунок. Спираючись на новітні морфологічні дослідження остоінтеграції ДІ та уточнені інструментальним RFA-методом показники стабільності ДІ, було доведено, що функціональне навантаження протезних конструкцій на ДІ у пацієнтів можна застосовувати вже через 2 місяці на нижній і через 4 місяці на верхній щелепах після їх установа, що обґрунтовувало сучасну модифікацію протоколів клінічного застосування ДІ [1; 5; 9; 10; 13].

Мета дослідження полягала у проведенні оцінювання результатів клінічного й інструментального дослідження хворих основної групи безпосередньо після введення дентальних імплантатів (первинна стабільність) та через 2–4 місяці після встановлення імплантатів

(рання вторинна стабільність). У контрольну групу ввійшли хворі, у яких повторне визначення стабільності імплантатів проводили через 4–6 місяців після встановлення (пізня вторинна стабільність). Ми виходили із загальноприйнятого положення, що остоінтеграційний процес оптимальний для функціонального навантаження в період, коли показники механічної та біологічної стабільності найбільш наближені хронологічно один до одного.

Альтернативною гіпотезою нашого дослідження було досягнення більш високих значень діапазону міжквартильного розмаху клінічно-інструментальних значень стабільності ДІ через 2–4-місячний період остоінтеграції, ніж тих, які встановлені у хворих через 4–6 місяців, під час уведення ДІ, що підтверджувало б досягнення рівня оптимальної остоінтеграції ДІ після 4–6 місяців загоєння.

Матеріали та методи дослідження. Ретроспективне когортне дослідження було проведено у 53 хворих на клінічній базі Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (медичний стоматологічний центр ПП «Біоімплант-сервіс») у період із лютого 2020 р. по березень 2023 р. (рис. 1). Усі дослідження виконані за добровільної згоди обстежуваних, згідно із сучасними вимогами до науково-практичних досліджень – «Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації»: етичні принципи медичних досліджень за участю людини як об'єкта дослідження. Основними критеріями залучення в дослідження були системно здорові пацієнти віком від 23 до 69 років. Окрім того, у передбачуваний ділянці імплантації мав бути достатнім об'єм кістки щелепи для ДІ діаметром 4,3 мм та мінімальної довжини 8 мм, а локації імплантації були вільними від інфекції та/або залишків зубів. Імовірність розширеного нарощування кісткової тканини перед встановленням імплантату також була критерієм включення. Окрім хворі мали порушення фізіологічного співвідношення щелеп із наявністю парафункціональних проявів (стирання зубів, стискання та/або бруксизм).



PATIENTS

Active patients			
Patient ID	Patient Name	Last Change	Consultation
001		Feb 08, 2020, 11:01 PM	
002		Feb 08, 2020, 10:56 PM	
003		Oct 05, 2020, 12:26 PM	
003		Oct 05, 2020, 12:26 PM	
006		Oct 05, 2020, 12:26 PM	
012		Oct 25, 2022, 3:15 PM	
013		Oct 05, 2020, 12:26 PM	
12	Lesiv Michael	Dec 30, 2021, 7:38 PM	
17		Oct 21, 2020, 10:23 AM	
18		Jun 04, 2021, 2:53 PM	
21		Feb 06, 2023, 3:50 PM	
23		Dec 09, 2022, 12:01 PM	
26		May 24, 2021, 3:58 PM	
29		Feb 06, 2023, 4:32 PM	
30		Jul 21, 2021, 4:25 PM	
33		Sep 29, 2021, 12:09 PM	
40		Apr 05, 2022, 11:00 AM	
50		Dec 06, 2022, 12:07 PM	
51		Jan 20, 2023, 11:54 AM	
53		Mar 07, 2023, 12:10 PM	

Рис. 1. Витяг фрагмента протоколу Osstell із переліком посилань на номер історії хвороби пацієнта під час його клінічно-інструментального обстеження та дату його проведення

Не залучалися хворі, які зловживали алкоголем, ті, що палили понад 10 цигарок на день, вагітні жінки, а також хворі з виявленими пухлинами, пухлиноподібними утвореннями та виразками на слизовій ротовій порожнині. До критеріїв виключення також відносилися виявлені ознаки несприйнятливої ставлення до імплантологічного лікування.

Для лікування дефектів зубних рядів застосовували 135 двокомпонентних конічно-циліндричних ДІ Implantatswiss із підготовленою остеοфільною поверхнею (Novodent SA, Yverdon-les-Bains, Switzerland). Вказані імплантати мали конічне з'єднання із шестигранним індексом і перемиканням платформи, пристосовані до ендосальної частини ДІ і абатментів. Завдовжки імплантати, які використовувалися для установлення у хворих, були 8, 10, 12 і 14 мм; діаметри – 3,7 і 4,3 (regular). Під час проведення хірургічного втручання дотримувалися хірургічного протоколу, рекомендованого виробником. Використовувалася двоетапна

операція імплантації. Усі імплантати були встановлені або в загоєну лунку (принаймні через місяць після видалення зуба), або в лунки безпосередньо після видалення зубів. Застосовувані ДІ встановлювалися на рівні наявної або відновленої кістки (bone level). На цій стадії проводили визначення первинної стабільності імплантатів – І0). Другий етап лікування проводили у 29 хворих через 2–4 місяці. У 24 хворих з'єднання ендосальної частини ДІ з абатментом проводили в терміни від 6 місяців. Під час цих етапів імплантологічного лікування визначали заключний ISQ показник (І1) через 2–4 місяці раннього розкриття ДІ та відтермінованого (пізнього) ISQ показника (І2) після 6 місяців остеοінтеграції ДІ. На етапах раннього та відтермінованого протезування на обраних абатментах фіксувалися тимчасові або постійні протезні конструкції гвинтовим або цементованим способами.

На вказаних етапах спостереження (І0; І1; І2) стабільність ДІ визначали за допомогою



резонансно-частотного аналізу (RFA). Загалом було проведено 238 вимірів показників резонансно-частотної стабільності імплантатів. Процедури їх реєстрації були виконані за допомогою пристрою Osstell (Integration Diagnostics AB, Göteborg, Швеція).

Коли вимірювали стабільність ДІ, реєстрували коефіцієнт стабільності імплантату (ISQ од.) на електронно-цифровому табло пристрою. Водночас трансдюсер-реєструючий наконечник пристрою підводили в горизонтальному напрямку до спеціального феромагнітного перетворювача SmartPeg (тип 35; Osstell AB, Göteborg, Швеція), який вкручували з помірним зусиллям (5 Нсм, до упору в установлену ендоосальну частину ДІ) (рис. 2).



Рис. 2. Послідовність процедури встановлення стабільності ДІ за допомогою SmartPeg та дистанційної резонансно-частотної перкусії трансдюсером пристрою Osstell

Кінчик трансдюсера пристрою Osstell розташовували на відстані приблизно 3 мм від намагніченої верхньої частини SmartPeg і проводили визначення ISQ од. у двох стандартних напрямках (вестибулярно-внутрішньоротовому та мезіально-дистальному) (рис. 3). SmartPeg – це делікатний вимірювальний пристрій специфічної будови для застосовуваних систем ДІ, який вібрує за подачі магнітних імпульсів трансдюсером. Для кожного ДІ проводили по два вимірювання з їх повторенням двічі.

Отримані показники стабільності ДІ автоматично заносилися в інтернет-портал (OsstellConnect) збору та зберігання параметрів ISQ хворих. Взаємопов'язані клінічні дані хворих

поєднувалися з параметрами RFA стабільності ДІ, у кінцевому варіанті створювалася індивідуальна карта імплантологічного лікування хворих, легкодоступна для перегляду та вивчення. У ній наочно подається розвиток стабільності ДІ у процесі лікування, отримується чітка констатація стану ДІ в кістковій тканині щелеп хворих, у реальному часі отримується резервна копія даних і їх підтримка в онлайн-форматі (рис. 3).

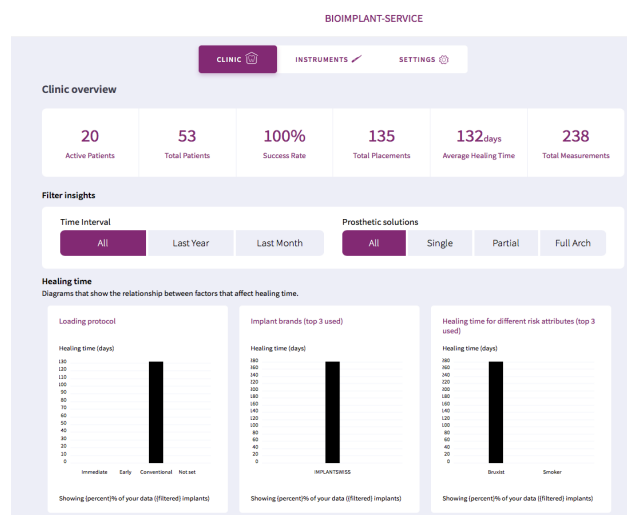


Рис. 3. Клінічно-статистичні показники інструментального обстеження RFA стабільності ДІ хворих в архіві порталу OsstellConnect

Ризик похибки спостережень був зменшений завдяки нашій командній роботі, двох лікарів-спеціалістів – хірурга-стоматолога й ортопедо-стоматолога з досвідом роботи з технологією реєстрації значень ISQ протягом 7 років. Подальші дослідження були обмежені 1 роком після втручання, не було жодного випадку виходу хворих із протоколу спостереження. Вищезазначений протокол жодного разу не було порушено, він доступний в електронно-цифровому OsstellConnect-сховищі показників хворих (рис. 4).

Для аналізу отриманих резонансно-частотних параметрів стабільності ДІ використовували описову статистику показників середнього математичного значення, максимальних і мінімальних показників і розмаху їх міжквартильного інтервалу. Отримані показники RFA обстеження пацієнтів були оцінені на рівні

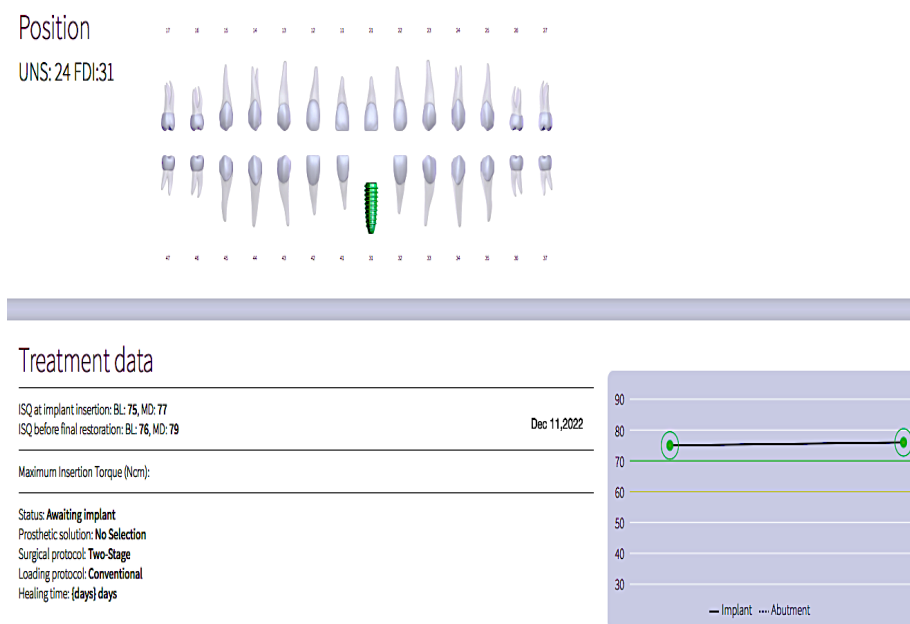


Рис. 4. Зразок індивідуального протоколу інструментального обстеження пацієнта пристроєм Osstell

досягнених порогових значень за допомогою програмного забезпечення для статистичного аналізу у внутрішній мережі накопичення даних порталу OsstellConnect.

Результати та їх обговорення. Середні значення ISQ на момент встановлення ДІ (I0) досягали 59,5 од. за максимальної величини 94 од. і мінімальної 25 од., за розмаху міжквартильного інтервалу 12 од. (рис. 5).

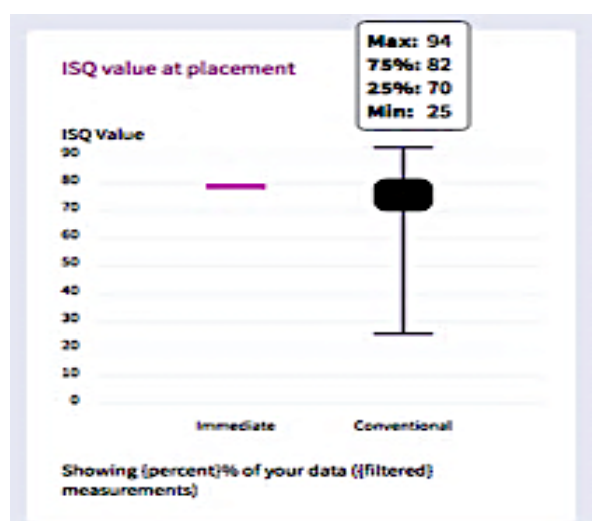


Рис. 5. Значення показників ISQ на момент встановлення ДІ (I0)

Середнє значення ISQ на момент раннього протезування через 2–4 місяці після встановлення ДІ (I1) було вище на 21%, ніж середнє значення на етапі (I0), і становило 75,5 од., однак максимальне значення показника ISQ знизилося до 86 од. за зростання водночас мінімального показника до 65 од. і зменшення на 58% розмаху міжквартильного інтервалу на 5 од. ISQ (рис. 6).

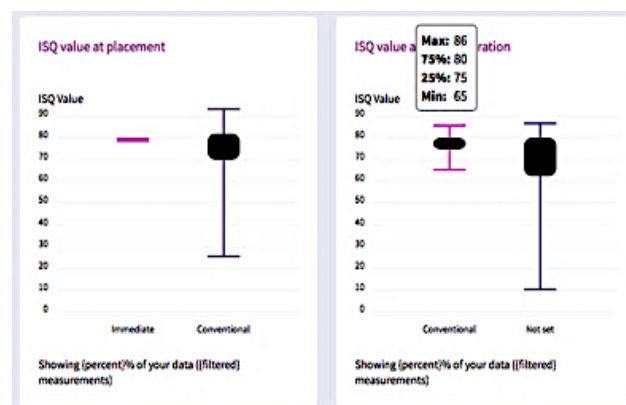


Рис. 6. Значення показників ISQ на момент раннього протезування хворих через 2–4 місяці (I1) після їх установаження (I0)

Середнє значення ISQ на момент початку відтермінованого протезування, через 4–6 місяців



після встановлення ДІ (I2), становило 48,5 од., знижуючись на 18% порівняно з висхідними значеннями та на 36% порівняно з етапом дослідження раннього протезування (I1). Статистичний аналіз отриманих даних дозволив виявити практично однакове, порівняно з висхідним рівнем групи дослідження (I2), максимальне значення ISQ – 87 од., за мінімального значення до 10 од. ISQ, що вказувало на розширення діапазону показників розмаху міжквартильного інтервалу до 17,25 од. ISQ (рис. 7).

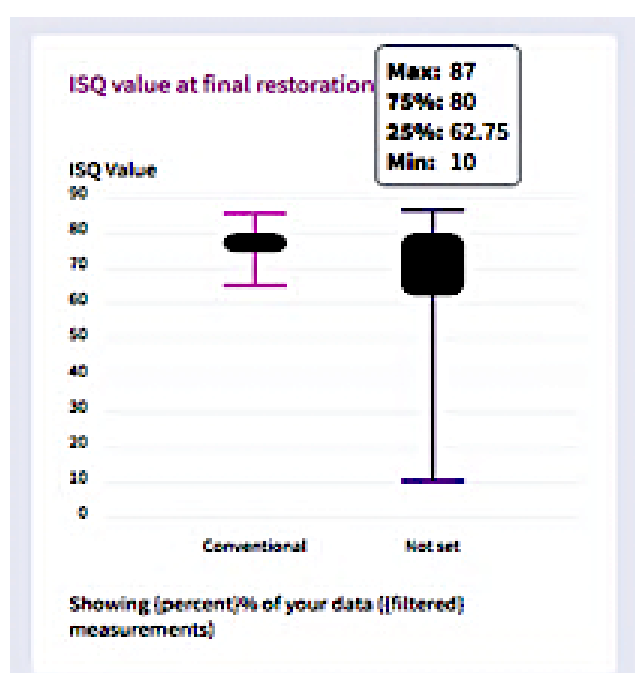


Рис. 7. Значення показників ISQ на етапі відтермінованого протезування хворих через 4–6 місяців (I2) після їх установлення (I0)

У своєму початковому протоколі, запропонованому в 1977 р., P.I. Brånemark охарактеризував двоетапний підхід. Для нижньої щелепи рекомендувався час загоєння до 4 місяців, а для верхньої щелепи – до 6 місяців, перед установленням остаточного реставраційного протеза; також ця послідовність клінічних етапів іменувалася традиційним протоколом навантаження. У 1988 р. D. Buser описав процедуру одноетапного підходу лікування ДІ з метою мінімізації термінів другого хірургічного втручання – re-entry, що характеризу-

валася повноцінним і одночасним загоєнням кістки та м'яких тканин. У наступних дослідженнях науковці та лікарі продемонстрували, що одноетапні підходи можуть досягти рівня виживання ДІ, яке рівноцінне класичному двоетапному підходу. Подібним чином було припущено, що ДІ можуть бути навантажені протезними конструкціями набагато раніше, ніж традиційно рекомендовано. Цей більш прискорений підхід відомий як раннє навантаження, коли постійна протезна конструкція встановлюється протягом 3 місяців після re-entry [16]. Це зводить до мінімуму час, який пацієнт витратить на лікування та відновлення функції й естетики зубних рядів.

Стабільність імплантату – важливий клінічний показник стану ДІ, який допомагає клініцисту у виборі протоколів їх розміщення та навантаження. Моніторинг стабільності ДІ протягом періоду загоєння може надати інформацію для прогнозування втрати ДІ. Первинна стабільність стосується механічної фіксації ДІ в кістці та відсутності будь-яких мікрорухів, тоді як вторинна стабільність стосується успішної остеоінтеграції імплантату з навколишньою кісткою [14]. Первинна стабільність є функцією якості періімплантатної кістки, місця підготовки імплантату та властивостей самого імплантату. Основним чинником стабільності серед цих чинників є періімплантатна щільність кістки. Більш товстий кортикальний шар фіксує ДІ краще, ніж тонший кортикальний шар. Первинна стабільність визначає початкове прилягання ДІ до альвеолярної кістки під час розміщення, вторинна стабільність – через остеоінтеграцію, для реалізації якої необхідний тривалий контакт кістки з ДІ. Остеоінтеграція визначається як прямий структурний і функціональний зв'язок між живою кісткою та поверхнею ДІ, що несе навантаження. Вторинна стабільність ДІ у процесі його остеоінтеграції значною мірою залежить від якості та кількості доступної кістки [1]. Вторинна та первинна стабільність тісно взаємопов'язані одна з одною. Причому первинна стабільність ДІ має вирішальне значення для структурно-функціональної організації вторин-



ної стабільності, оскільки будь-який мікрорух ДІ під час ремоделювання кістки може запобігти апозиції кістки та призвести до фіброзної інкапсуляції й експлантації [17].

Через важливість чинника стабільності ДІ для виживання й успішної остеоінтеграції ДІ в подальшому загоєнні важливо ретельно контролювати цей процес. Прогностична ймовірність постійного зниження стабільності ДІ спонукає клініциста вжити відповідних контрзаходів, щоб запобігти втраті ДІ, як-от застосування технік відтермінованого навантаження та двоетапного встановлення ДІ. І навпаки, якщо під час дослідження ДІ визначається належний рівень стабільності, більш прискорений протокол лікування, наприклад одноетапна імплантація або раннє навантаження (навантаження через 2–4 місяці після розміщення) можуть бути ефективно використані у клінічній практиці [16]. Це вигідно як для клініцистів, так і для пацієнтів, оскільки оптимізація лікування може дати швидші результати та зменшує кількість утручань і відвідувань [5].

Різні клінічні ознаки вказують на загрозу втрати ДІ. До них належать маніфестація ознак запалення прилеглих тканин і рухомість ДІ, періімплантатна втрата кісткової тканини, яка визначається за допомогою пародонтального зонда. Вказані клінічні показники не відповідають критеріям для ухвалення рішення про вибір протоколів лікування, оскільки вони зазвичай виникають тоді, коли ДІ уже неможливо зберегти. Перкуторний тест є поширеним тестом, який використовують клініцисти, оскільки він простий і доступний у виконанні. Стабільність ДІ визначається дзвінкістю звуку, який чути під час постукування ДІ металевим інструментом. Висока суб'єктивність тесту є основною причиною його ненадійності та низької чутливості. Окрім того, суб'єктивізм оцінки унеможливорює виявлення змін стабільності із плином часу. Корисні дослідження вимагають, щоб стабільність ДІ вимірювалася ближче до часу встановлення та функціонального навантаження [17]. Найбільш

точним і безпосереднім методом оцінювання остеоінтеграції є гістологічні дослідження стану кістково-імплантного інтерфейсу з його гістоморфометричним аналізом, оскільки вони якісно та кількісно оцінюють кількість кістки, присутньої на поверхнях ДІ [3]. Однак цей метод трудомісткий, а також належить до інвазивних, оскільки потребує біопсії кісткової тканини. Тому використовувати його в імплантологічній практичній роботі не завжди можливо. Рентгенографія надає можливість переглядати та вимірювати рівень залишкової кістки, а також оцінює якість і щільність трабекулярної та гребневої кістки. Ці методи лише частково інвазивні та можуть контролювати рівень кісткової тканини на будь-якому етапі лікування, зокрема й доопераційному [1]. Традиційні рентгенограми, які забезпечують двовимірні зображення, та сучасні тривимірні комп'ютерні рентгензнімки періімплантного довкілля не виявляють жодних порушень кісткової тканини, які точно підтверджують втрату стабільності ДІ [4; 16]. Також більшість рентгенограм не визначають щільності кістки, доки не відбудеться принаймні 35–55% її демінералізації [13]. Перевірка крутного моменту за введення ДІ використовується для означення їхньої стабільності, оскільки крутний момент легко визначити за допомогою редуційного механічного наконечника або ручного динамометра. Високий крутний момент, який відчуває лікар, суб'єктивно корелює з доброю первинною стабільністю [1]. Цей тест забезпечує тактильні відчуття та пряме вимірювання первинної стабільності ДІ під час установлення. Однак це не дозволяє об'єктивно оцінити стабільність у часі. Проба зворотного крутного моменту оцінює вторинну стабільність ДІ, створюючи силу обертання, протилежну напрямку введення. Цей спосіб вимірює стабільність обертання, а не бічну стабільність, причому остання є більш репрезентативною для фактичних сил, яким ДІ піддається під час функціонування. Окрім того, цей маневр створює ризик для виживання ДІ, оскільки численні дослідження показали, що будь-який



мікрорух ДІ може призвести до мікророзривів, фіброзної інкапсуляції та, зрештою, до експлантації [1].

Розгляд наявних натеper методів оцінювання стабільності ДІ, їхніх переваг і недоліків, доводить, що наявна потреба в неінвазивному, кількісному, повторюваному та надійному способі вимірювання стабільності ДІ. RFA є сучасним об'єктивним неінвазивним методом оцінювання стабільності, не створює ризику для ДІ під час етапів діагностики та реалізації лікувальних протоколів у хворих. Спосіб аналізу піддається кількісному вимірюванню, що веде до кращого документування випадків та спілкування між клініцистами, а також дозволяє ухвалювати об'єктивні рішення під час вибору способів лікування за допомогою ДІ [1].

Висновки. Проведено клінічно-інструментальне RFA вивчення стану тотальної стабільності ДІ на ранньому та відтермінованому періодах підготовки до функціонального протезного навантаження в порівнянні з їхнім висхідним рівнем первинної стабільності шляхом здійснення статистичного аналізу рівнів міжквартильного розмаху показників ISQ. Результати проведеного клінічно-статистичного аналізу обґрунтовують підтвердження нульової гіпотези нашого дослідження та відкидають сутність альтернативної гіпотези. У дослідженні отриманих нами результатів підтверджено, що аналіз резонансно-частотної стабільності ДІ є неінвазивним методом вимірювання стійкості ДІ і допомагає керувати

протоколами встановлення та навантаження. Установлено, що отримані середні значення показників стабільності імплантатів (ISQ од.) на етапі протезування через 2–4 місяці після імплантації на 21% вищі порівняно з тими, що були зареєстровані в цих же пацієнтів під час встановлення ДІ. Середнє значення ISQ через 4–6 місяців після встановлення ДІ знижується на 18% порівняно з висхідними значеннями та на 36% порівняно з етапом дослідження раннього функціонального навантаження. На основі аналізу отриманих даних ISQ під час дентальної імплантації виявлено, що чим менший діапазон міжквартильного розмаху показників RFA стабільності ДІ на хірургічному й ортопедичних етапах лікування із застосуванням ДІ, тим швидше формується тотальна стабільність імплантатів. Отримані результати дослідження показників ISQ од. доводять, що впродовж 2–4 місяців параметри імплантометричної стійкості ДІ вказаної системи характеризуються міжквартильним оптимумом, який об'єктивно свідчить про можливість раннього засвоєння функціонального навантаження та подальшого формування адекватної остеointegraції. Оскільки рівень функціональної стабільності ДІ загалом високий, для подальшого з'ясування взаємозв'язку між значеннями ISQ і показниками переходів первинної у вторинну стабільність необхідні додаткові дослідження з більшою кількістю клінічних випадків інструментального RFA-моніторингу показників міжквартильних оптимумів.

Література:

1. Результати клінічно-інструментального визначення стабільності імплантатів у кістковій тканині альвеолярних відростків щелеп / В.Ю. Вовк та ін. *Новини стоматології*. 2014. № 1 (78). С. 66–72.
2. Вовк Ю.В., Вовк В.Ю. Експериментальне дослідження стану кісткової тканини при впливі тривалого функціонального навантаження на дентальні імплантати, введені з різностороннім нахилом. *Новини стоматології*. 2017. № 2 (37). С. 28–36.
3. Вовк Ю.В., Вовк В.Ю. Експериментальне дослідження впливу тривалого функціонального навантаження дентальних імплантатів, уведених в осьовому та параосьовому положеннях на стан періімплантної кісткової тканини. *Матеріали V з'їзду української асоціації черепно-щелепно-лицевих хірургів*. Київ, 2017. С. 181–184.
4. Вовк В.Ю., Вовк Ю.В. Застосування комплексного хірургічно-ортопедичного стоматологічного підходу в діагностиці та лікуванні хворих з дефектами альвеолярних відростків щелеп при порушенні фізіологічних міжщелепових співвідношень. *Сучасна стоматологія та щелепно-лицева хірургія* : матеріали Науково-практичної конференції. Київ, 2020. С. 111.



5. Вовк В.Ю., Вовк Ю.В. Клінічно-інструментальний аналіз впливу функціонально направлено встановлення дентальних імплантатів та протезних конструкцій у пацієнтів з дисфункцією стоматогнатичної системи. *Сучасна стоматологія та щелепно-лицева хірургія. До 30-річчя співпраці ЕАСМФС з УАСМФС і першого візиту президента ЕАСМФС Р. Фріса в Україну* : матеріали Науково-практичної конференції. Київ, 2022. С. 163–164.
6. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period / P.I. Brånemark et al. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977. № 16 (1). P. 132.
7. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants / T. Berglundh et al. *Clin. Oral Implants Res.* 2003. № 14 (3). P. 251–62.
8. Early osseointegration to hydrophilic and hydrophobic implant surfaces in humans / N.P. Lang et al. *Clin. Oral Implants Res.* 2011. № 22 (2). P. 349–356.
9. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants / M. Esposito et al. *Cochrane Data-base Syst. Rev.* 2007. № 2. CD003878.
10. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols / H.P. Weber et al. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009. 24 (Suppl). P. 180–183.
11. Resonance frequency analysis: comparing two clinical instruments / W. Becker et al. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* 2018. № 20 (2). P. 308–312.
12. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J. Prosthodont.* 1998. № 11 (3). P. 491–501.
13. A randomized controlled clinical trial comparing the effects of three loading protocols on dental implant stability / R.M. Barewal et al. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2012. № 27 (5). P. 945–956.
14. A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants / S.F. Balshi et al. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005. № 20 (3). P. 584–954.
15. Sennerby L., Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology.* 2000. № 47 (1). P. 51–66.
16. Early Loading of Nonsubmerged Titanium Implants with a Chemically Modified Sand-Blasted and Acid-Etched Surface: 6-Month Results of a Prospective Case Series Study in the Posterior Mandible Focusing on Peri-Implant Crestal Bone Changes and Implant Stability Quotient (ISQ) Values / M.M. Bornstein et al. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2009. № 48 (1). P. 1–10.
17. Buser D. How to use Osstell ISQ values to shorten implant healing periods in daily practice : Osstell company Webinar, participants Certificate Y. Vovk, V. Vovk. 2020.

References:

1. Vovk, V.Yu., Vovk, Yu.V., & Oliinyk, A.H. (2014). Rezultaty klinichno-instrumentalnoho vyznachennia stabilnosti implantativ u kistkovii tkanyini alveoliarnykh vidrostkiv shchelep [Results of clinical and instrumental determination of the stability of implants in the bone tissue of the alveolar processes of the jaws]. *Novyny stomatolohii*, 1 (78), 66–72.
2. Vovk, Yu.V., & Vovk, V.Yu. (2017). Eksperymentalne doslidzhennia stanu kistkovoї tkanyiny pry vplyvi tryvaloho funktsionalnoho navantazhennia na dentalni implantaty, uvedeni z riznistoronnim nakhyлом [Experimental study of the state of bone tissue under the influence of long-term functional load on dental implants inserted with a versatile inclination]. *Novyny stomatolohii*, 2 (37), 28–36.
3. Vovk, Yu.V., & Vovk, V.Yu. Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu tryvaloho funktsionalnoho navantazhennia dentalnykh implantativ, uvedenykh u osovomomu ta paraosovomu polozhenniakh na stan peryimplantnoi kistkovoї tkanyiny. [An experimental study of the effect of long-term functional loading of dental implants inserted in axial and paraaxial positions on the state of peri-implant bone tissue]. *Materialy V z'izdu ukrainskoi asotsiatsii cherepno-shchelepno-lytsevykh khirurhiv*, 2017, Kyiv, 181–184.
4. Vovk, V.Yu., & Vovk, Yu.V. (2020). Zastosuvannia kompleksnoho khirurhichno-ortopedychnoho stomatolohichnoho pidkhodu u diahnostytsi ta likuvanni khvorykh z defektamy alveoliarnykh vidrostkiv shchelepnykh porushenni fiziologichnykh mizhshchelepovykh spivvidnoshen [The use of a complex surgical-orthopedic stomatological approach in the diagnosis and treatment of patients with defects of the alveolar processes of the jaws in violation of the physiological intermaxillary relations]. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasna stomatolohiia ta shchelepno-lytseva khirurhiia"*, Kyiv, s. 111.
5. Vovk, V.Yu., & Vovk, Yu.V. (2022). Klinichno-instrumentalniy analiz vplyvu funktsionalno napravlennoho vstanovlennia dentalnykh



- implantativ ta proteznykh konstruktsii u patsiientiv z dysfunktsiieiu stomatohnatychnoi systemy [Clinical and instrumental analysis of the impact of functionally directed installation of dental implants and prosthetic structures in patients with dysfunction of the stomatognathic system]. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasna stomatolohiia ta shchelepno-lytseva khirurgiia. Do 30-richchia spivpratsi EACMFS z UACMFS i pershoho vizytu prezidenta EACMFS R. Frisa v Ukrainu", Kyiv, 163–164.
6. Brånemark, P.I., Hansson, B.O., Adell, R., Breine, U., & Ohman, A. (1977). Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 16 (1), 132.
 7. Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lang, N.P., & Lindhe, J. (2003). De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 14 (3), 251–62.
 8. Lang, N.P., Salvi, G.E., Huynh-Ba, G., Ivanovski, S., Donos, N., & Bosshardt, D.D. (2011). Early osseointegration to hydrophilic and hydrophobic implant surfaces in humans. *Clin. Oral Implants Res.*, 22 (2), 349–356.
 9. Esposito, M., Grusovin, M.G., Willings, M., Coulthard, P., & Worthington, H.V. (2007). Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. *Cochrane Database Syst. Rev.*, (2), CD003878.
 10. Weber, H.P., Morton, D., Roccuzzo, M., Cordaro, L., & Grutter, L. (2009). Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24 (Suppl), 180–183.
 11. Becker, W., Hujoel, P., & Becker, B.E. (2018). Resonance frequency analysis: comparing two clinical instruments. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.*, 20 (2), 308–312.
 12. Meredith, N. (1998). Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J. Prosthodont.*, 11 (3), 491–501.
 13. Barewal, R.M., Stanford, C., & Weesner, T.C. (2012). A randomized controlled clinical trial comparing the effects of three loading protocols on dental implant stability. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 27 (5), 945–956.
 14. Balshi, S.F., Allen, F.D., Wolfinger, G.J., & Balshi, T.J. (2005). A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 20 (3), 584–954.
 18. Sennerby, L., & Meredith, N. (2000). Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology*, 47 (1), 51–66.
 19. Bornstein, M.M., & Hart, Ch.N., Halbritter, S.A., & Buser, D. (2009). Early Loading of Nonsubmerged Titanium Implants with a Chemically Modified Sand-Blasted and Acid-Etched Surface: 6-Month Results of a Prospective Case Series Study in the Posterior Mandible Focusing on Peri-Implant Crestal Bone Changes and Implant Stability Quotient (ISQ) Values. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 48 (1), 1–10.
 20. Buser, D. (2020). "How to use Osstell ISQ values to shorten implant healing periods in daily practice", Osstell company Webinar, participants Certificate Vovk Y., Vovk V.