

Нестеренко Марія Леонідівна,
аспірант,
викладач кафедри терапевтичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-4504-2947
м. Ужгород, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВІДТВОРЮВАНОСТІ ТА СТУПЕНЯ ПЕРЕКРИТТЯ ОКЛЮЗІЙНИХ КОНТАКТІВ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ЦИФРОВОЇ РЕЄСТРАЦІЇ МІЖОКЛЮЗІЙНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ В УМОВАХ ЧАСТКОВОЇ АДЕНТІЇ

Вступ. У сучасній стоматології цифрові технології займають провідне місце в діагностиці та плануванні ортопедичного лікування. Застосування інтраорального сканування дозволяє отримувати високоточні тривимірні моделі зубних рядів і здійснювати детальний аналіз оклюзійних взаємовідношень. Незважаючи на значну кількість досліджень, питання точності цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень залишається дискусійним. Більшість досліджень присвячена оцінці точності цифрових реєстратів у пацієнтів без виражених стоматологічних порушень, тоді як їх застосування у складних клінічних випадках висвітлено недостатньо. Особливо це стосується складних умов, таких як часткова адентія та наявність препарованих зубів, де зменшується кількість стабілізуючих оклюзійних контактів, що обумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на аналіз відтворюваності оклюзійних контактів при різних підходах до цифрової реєстрації прикусу у пацієнтів з частковою адентією.

Мета дослідження. Провести порівняльну оцінку відтворюваності площ оклюзійних контактів при фронтальній та двобічній цифровій реєстрації прикусу на гіпсових моделях з частковою адентією та наявним відпрепарованим зубом під ортопедичну конструкцію.

Матеріали та методи. Дослідження виконано на базі кафедри терапевтичної стоматології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» і було спрямоване на аналіз розподілу площ оклюзійних контактів залежно від локалізації цифрової реєстрації прикусу під час інтраорального сканування. Об'єктом дослідження слугували гіпсові моделі верхньої та нижньої щелепи, що відтворювали клінічну ситуацію часткової адентії з наявністю відпрепарованого зуба під ортопедичну конструкцію. Критеріями включення було наявність зубних рядів у межах 17–11/21–27 та 37–31/41–47 із дефектом зубного ряду та препарованим зубом. З метою оцінки відтворюваності цифрових результатів гіпсову модель було відскановано 25 разів із дотриманням ідентичного протоколу сканування, що забезпечило мінімальний вплив випадкових похибок та забезпечило статистичну надійність отриманих даних.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведеного дослідження встановлено, що локалізація цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень істотно впливає на відтворюваність оклюзійних контактів та точність суміщення цифрових моделей. При використанні двобічної реєстрації прикусу показники перекриття (overlapping) варіювали в межах 0,018–0,033 мм, що відповідає фізіологічним значенням та свідчить про високу точність відтворення міжщелепових співвідношень. Натомість при фронтальній реєстрації прикусу встановлено достовірне збільшення величини перекриття до 0,082–0,176 мм, що свідчить про наявність гіперконтактів та потенційних оклюзійних переважань, при цьому розподіл контактів мав виражено асиметричний характер із локалізацією переважно у бічних ділянках, що є ознакою порушення балансу оклюзійних сил. Крім того, візуалізація оклюзійних карт виявила наявність зон інтенсивних контактів та ділянок колізії, що свідчить про зниження точності цифрового суміщення.

Висновки. Проведене дослідження продемонструвало, що локалізація цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень є суттєвим чинником, який впливає на точність та відтворюваність оклюзійних контактів у пацієнтів із частковою адентією та наявним відпрепарованим зубом під ортопедичну конструкцію.

Встановлено, що двобічна реєстрація прикусу забезпечує більш точне суміщення цифрових моделей, що підтверджується низькими значеннями перекриття (0,018–0,033 мм), рівномірним розподілом оклюзійних контактів та відсутністю виражених оклюзійних інтерференцій.

Ключові слова: оклюзія, адентія, оклюзійні співвідношення, інтраоральне сканування, міжщелепові співвідношення, стоматологія, цифрова стоматологія, стоматологічне лікування.

Nesterenko Mariia Leonidivna, Postgraduate Student, Lecturer at the Department of Restorative Dentistry, Uzhhorod National University; ORCID ID: 0000-0002-4504-2947, Uzhhorod, Ukraine

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE REPRODUCIBILITY AND DEGREE OF OVERLAP OF OCCLUSAL CONTACTS UNDER VARIOUS METHODS OF DIGITAL RECORDING OF INTEROCCLUSAL RELATIONS IN CONDITIONS OF PARTIAL EDENTULISM

Introduction. In modern dentistry, digital technologies play a leading role in diagnosing and planning prosthetic treatment. Intraoral scanning enables the acquisition of highly accurate three-dimensional models of the dentition and detailed analysis of occlusal interactions.

© Нестеренко М. Л., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

Despite numerous studies, the accuracy of digital registration of interocclusal relations remains controversial. Most studies focus on evaluating the accuracy of digital registrations in patients without significant dental abnormalities, while their application in complex clinical cases has not been sufficiently addressed. This is particularly true for complex conditions, such as partial edentulism and the presence of prepared teeth, where the number of stabilizing occlusal contacts is reduced, necessitating studies aimed at analyzing the reproducibility of occlusal contacts using different approaches to digital bite registration in patients with partial edentulism.

Objective. To conduct a comparative assessment of the reproducibility of occlusal contact areas during frontal and bilateral digital bite registration on plaster models with partial edentulism and a prepared tooth for an orthopedic restoration.

Materials and methods. The study was conducted at the Department of Restorative Dentistry of Uzhhorod National University and was aimed at analyzing the distribution of occlusal contact areas depending on the location of digital bite registration during intraoral scanning. The study subjects were plaster models of the upper and lower jaws that replicated a clinical situation of partial edentulism with a prepared tooth for a prosthetic restoration. Inclusion criteria were the presence of dental arches within the ranges 17–11/21–27 and 37–31/41–47 with a dental arch defect and a prepared tooth. To assess the reproducibility of digital results, the plaster model was scanned 25 times using an identical scanning protocol, minimizing the impact of random errors and ensuring the statistical reliability of the data.

Results and Discussion. The study revealed that the location of digital registration of interocclusal relations significantly affects the reproducibility of occlusal contacts and the accuracy of digital model alignment. When using bilateral bite registration, the overlapping values ranged from 0.018 to 0.033 mm, which corresponds to physiological values and indicates high accuracy in reproducing intermaxillary relations. In contrast, with frontal bite registration, a significant increase in the overlap value to 0.082–0.176 mm was observed, indicating the presence of hypercontacts and potential occlusal overloads, while the distribution of contacts was markedly asymmetrical, localized predominantly in the lateral regions, which is a sign of an imbalance in occlusal forces. Furthermore, visualization of the occlusal charts revealed the presence of zones of intense contact and areas of collision, indicating a reduction in the accuracy of digital registration.

Conclusions. The research demonstrated that the positioning of the digital registration of interocclusal relations is a significant factor influencing the accuracy and reproducibility of occlusal contacts in patients with partial edentulism and a prepared tooth for a prosthetic restoration.

It was determined that bilateral bite registration ensures more accurate alignment of digital models, as evidenced by low overlap values (0.018–0.033 mm), uniform distribution of occlusal contacts, and the absence of significant occlusal interferences.

Key words: occlusion, edentulism, occlusal relationships, intraoral scanning, interarch relationships, dentistry, digital dentistry, dental treatment.

Вступ. Сучасна стоматологія характеризується активним впровадженням інтраоральних сканерів у структуру цифрових протоколів стоматологічної реабілітації, що значно розширило можливості діагностики та планування ортопедичного лікування [1, 2].

На точність цифрової реєстрації прикусу впливає комплекс взаємопов'язаних факторів, серед яких провідну роль відіграють технічні характеристики систем внутрішньоротового сканування, рівень клінічного досвіду оператора, а також індивідуальні особливості клінічної ситуації пацієнта [1, 3, 4].

Водночас питання точності та відтворюваності цифрових реєстратів міжоклюзійних співвідношень залишається актуальним, особливо у пацієнтів із аномаліями прикусу та дефектами зубних рядів, адже при таких клінічних умовах навіть незначні похибки під час реєстрації можуть призводити до значних змін при розподілі оклюзійного навантаження [2].

Незалежно від виду ортопедичної конструкції точна реєстрація міжоклюзійних взаємовідношень є важливою умовою забезпечення функціональної та морфологічної відповідності майбутніх реставрацій. Крім того, досягнення коректної оклюзійної інтеграції та мінімізація необхідності клінічних корекцій безпосередньо залежать від коректного перенесення оклюзійних співвідношень у цифрове середовище, що забезпечує достовірну віртуальну артикуляцію між тривимірними моделями щелеп [2, 3, 4].

Ряд досліджень демонструє, що точність реєстрації міжоклюзійних взаємовідношень істотно залежить від анатомічних умов, насамперед від протяжності та розташування беззубих ділянок. Доведено, що локалізовані дефекти зубного ряду, як правило, не створюють значного впливу на точність реєстрації, тоді як значні ділянки з адентією, особливо у фронтальних або бічних відділах впливають на зниження точності та відтворюваності цифрових реєстратів міжоклюзійних

співвідношень, що зумовлено зменшенням кількості стабілізуючих оклюзійних контактів, які забезпечують коректне позиціонування щелеп [2, 5, 6].

При цифровій реєстрації міжоклюзійних співвідношень вище наведені фактори набувають особливого значення, оскільки недостатня кількість опорних контактів може призводити до зміщення моделей під час їх віртуального суміщення. Крім того, наявність препарованих зубів додатково знижує оклюзійну стабільність, що може впливати на точність визначення оклюзійних контактів у цифровому середовищі [2, 4].

Крім того, більшість досліджень переважно зосереджені на пацієнтах без зубочелепних патологій, тоді як вплив локалізації цифрового реєстрату при наявності складних клінічних випадків залишається недостатньо вивченим, що обумовлює необхідність дослідження відтворюваності оклюзійних контактів, отриманих у подібних клінічних умовах [6, 7].

У сучасній науковій літературі описано різні підходи до віртуальної реєстрації міжоклюзійних співвідношень, які відрізняються за принципами реалізації та рівнем точності [1, 5]. Водночас, незважаючи на наявність значної кількості досліджень, питання відтворюваності цифрових оклюзійних контактів залишається дискусійним, особливо при складних клінічних ситуаціях у пацієнтів з частковою адентією, при яких відсутність зубів призводить до порушення оклюзійної стабільності та нерівномірного розподілу жувального навантаження, при цьому навіть незначні похибки цифрової реєстрації можуть спричинити суттєві зміни у відтворенні міжоклюзійних співвідношень [2, 7, 8, 9].

Мета дослідження. Провести порівняльну оцінку відтворюваності площ оклюзійних контактів при фронтальній та двобічній цифровій реєстрації прикусу на гіпсових моделях з частковою адентією та наявним відпрепарованим зубом під ортопедичну конструкцію.

Матеріали та методи. Дослідження виконано на базі кафедри терапевтичної стоматології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» і було спрямоване на аналіз розподілу площ оклюзійних контактів залежно від локалізації цифрової реєстрації прикусу під час інтраорального сканування.

У якості об'єкта дослідження використовувалися гіпсові моделі верхньої та нижньої щелепи. Критеріями включення були наявність зубних рядів (17–11/21–27 та 37–31/41–47) із частковою адентією та наявністю відпрепарованого зуба під ортопедичну конструкцію, що забезпечувало стандартизовані умови моделювання клінічної ситуації.

З метою підвищення відтворюваності результатів та забезпечення статистичної надійності гіпсову модель було відскановано 25 разів із дотриманням протоколу сканування. Така кількість повторів дозволила мінімізувати випадкові похибки та оцінити стабільність цифрової реєстрації оклюзійних співвідношень.

Інтраоральне сканування виконували за допомогою сканера Medit i500 (Medit Corp., Сеул, Корея) із застосуванням двох різних підходів до реєстрації міжоклюзійних співвідношень: двобічної реєстрації в ділянках молярів з обох сторін щелепи, яка використовувалася як референтний (контрольний) метод та фронтальної реєстрації, що розглядалася як експериментальний варіант.

Отримані цифрові моделі підлягали подальшій обробці у програмному забезпеченні Medit Link із використанням модуля *Occlusion Analyzer*, де проводили віртуальне суміщення моделей верхньої та ниж-

ньої щелепи, що дозволяло детально проаналізувати оклюзійні взаємовідношення.

Комплексна оцінка результатів включала визначення величини перекриття (overlapping, мм) як показника точності суміщення, аналіз локалізації та площі оклюзійних контактів, оцінку рівномірності їх розподілу, а також виявлення можливих оклюзійних інтерференцій.

Статистичну обробку отриманих даних проводили із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2021, що забезпечувало базову кількісну оцінку та порівняльний аналіз досліджуваних параметрів.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами аналізу першого скану на рисунку 1, отриманого при двобічній реєстрації, величини перекриття становили 0,018; 0,020; 0,029 та 0,033 мм. Встановлено, що показники перекриття знаходяться в межах 0,018–0,033 мм, що відповідає фізіологічній оклюзії та свідчить про високу точність цифрового суміщення моделей. Розподіл оклюзійних контактів характеризувався відносною рівномірністю із переважною локалізацією у бічних ділянках зубних рядів, що відповідає функціональному розподілу жувального навантаження, при цьому контактні зони визначалися у ділянці молярів та премолярів, із частковою участю фронтальної ділянки. (Рис.1).

У межах клінічної картини відмічається ділянка відсутнього 14 зуба, що формує локальний дефект зубного ряду та часткову зміну розподілу оклюзійного навантаження у відповідному сегменті. Окрім цього, візуалізується відпрепарований зуб 13, який характеризується модифікованою анатомічною формою

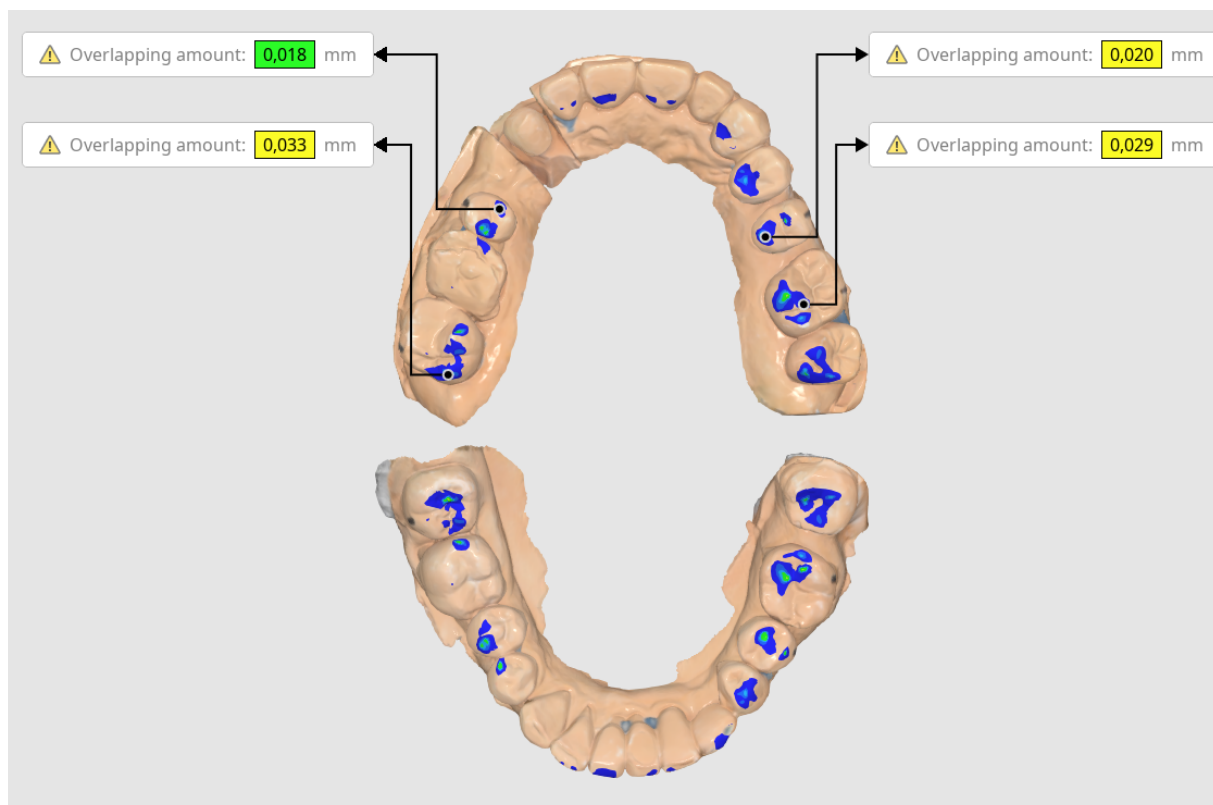


Рис. 1. Візуалізація оклюзійних контактів при двобічній реєстрації міжоклюзійних співвідношень

коронкової частини, що потенційно впливає на характер і площу оклюзійних контактів під час цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень. (Рис. 2)

При аналізі другого скану на рисунку 2, отриманого за умов фронтальної реєстрації, встановлено суттєве збільшення величини перекриття, яка становила 0,082; 0,092; 0,140 та 0,176 мм (діапазон 0,082–0,176 мм). Відзначається нерівномірний розподіл оклюзійних контактних зон із їх переважною концентрацією у бічних ділянках зубних рядів, при цьому значення перекриття перевищують фізіологічні межі та супроводжуються формуванням зон оклюзійних інтерференцій, що свідчить про зниження точності відтворення міжоклюзійних співвідношень. При цьому фронтальна ділянка не забезпечувала достатньої стабілізації міжщелепового положення, що могло додатково сприяти дистальному переважанню окремих оклюзійних зон.

Отримані результати можуть також опосередковано вказувати на вплив клінічних умов, зокрема наявності ділянки відсутнього 14 зуба та відпрепарованого 13 зуба, що потенційно змінюють характер опорної стабілізації при фронтальній реєстрації та сприяють формуванню локальних гіперконтактів.

Встановлено, що зазначені зміни можуть бути зумовлені похибками цифрового суміщення моделей, які проявляються у вигляді зміщення оклюзійних контактів та формування зон переважання в окремих сегментах зубних рядів.

Порівняння двох підходів до реєстрації прикусу продемонструвало суттєві відмінності у відтвореності оклюзійних контактів, при цьому двобічна реєстрація характеризувалася низькими значеннями перекриття, рівномірним розподілом контактів та відсутністю виражених інтерференцій, а фронтальна реєстрація супроводжувалася значним збільшенням величини перекриття, асиметрією контактів та формуванням зон функціонального переважання.

Таким чином, встановлено, що двобічна реєстрація забезпечує більш точне відтворення міжоклюзійних співвідношень порівняно з фронтальним методом. (Табл.1).

Результати проведеного дослідження показали, що локалізація цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень є визначальним фактором, який впливає на точність та відтворюваність оклюзійних контактів, особливо у пацієнтів із частковою адентією.

Зокрема, при застосуванні двобічного методу реєстрації прикусу встановлено низькі значення перекриття (0,018–0,033 мм), що відповідає фізіологічним межах і свідчить про високу точність цифрового суміщення моделей, крім того рівномірний розподіл оклюзійних контактів із переважною локалізацією у бічних сегментах узгоджується з принципами функціональної оклюзії, відповідно до яких основне жувальне навантаження припадає на ділянки молярів.

Натомість при фронтальній реєстрації спостерігалося достовірне збільшення величини перекриття

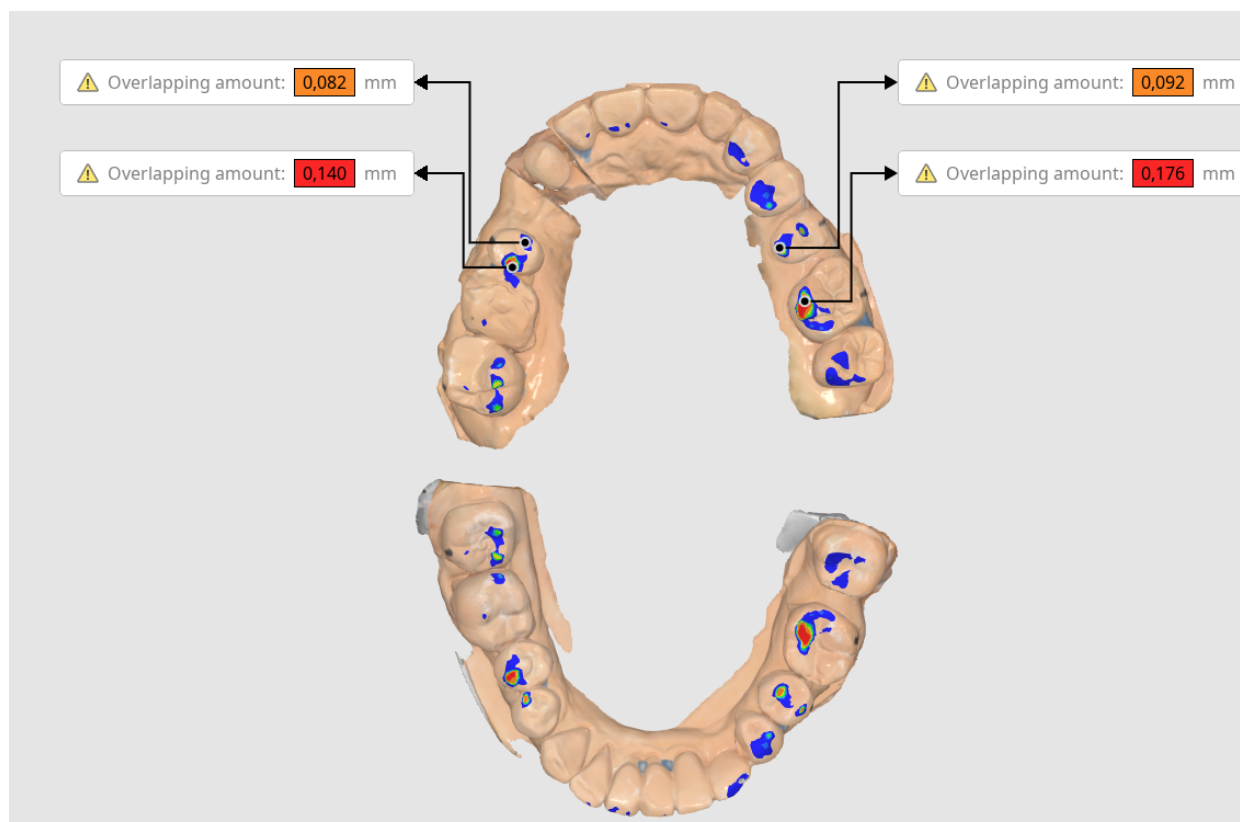


Рис. 2. Візуалізація оклюзійних контактів під час фронтальної реєстрації

Порівняльна характеристика показників відтворюваності оклюзійних контактів під час двобічної та фронтальної цифрової реєстрації прикусу у пацієнтів із частковою адентією

Параметр	Білатеральний метод цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень	Цифрова реєстрація міжоклюзійних співвідношень у фронтальній ділянці
Діапазон (overlapping), мм	0,018–0,033	0,082–0,176
Середнє значення (мм)	0,025	0,123
Характер контактів	Фізіологічні	Перевантажені
Розподіл контактів	Рівномірний	Асиметричний
Оклюзійні інтерференції	Мінімальні	Виразні

(0,082–0,176 мм), що супроводжувалося формуванням зон оклюзійних інтерференцій та вираженою асиметрією контактів, що свідчить про зниження точності відтворення міжоклюзійних співвідношень та наявність похибок відтворення міжоклюзійних співвідношень щелеп.

Слід зазначити те, що наявність відпрепарованого зуба у поєднанні з частковою адентією формує клінічно нестабільні умови для цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень, що зумовлено зменшенням кількості стабілізуючих оклюзійних контактів та порушенням рівноваги оклюзійних опор. У межах представленого спостереження це проявлялося підвищеною варіабельністю положення нижньої щелепи та зміною конфігурації оклюзійної поверхні, особливо в ділянці відпрепарованого зуба.

Отримані результати відповідають сучасним уявленням щодо точності цифрової міжоклюзійної реєстрації, які підкреслюють її високу залежність від кількості стабілізуючих оклюзійних контактів та просторового розташування реєстраційних ділянок. Аналіз літературних даних свідчить, що точність цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень є багатофакторною та залежить як від характеристик скануючих систем, так і від клінічних умов. Зокрема, у дослідженні Kakali L. та співавторів показано, що точність цифрової реєстрації прикусу варіює залежно від технічних особливостей інтраоральних сканерів та умов сканування, що підкреслює неоднорідність результатів між різними системами [10].

Зокрема, у дослідженні Rutkūnas V. та співавторів встановлено, що точність цифрової реєстрації міжоклюзійних співвідношень у беззубих щелепах суттєво залежить від типу інтраорального сканера. Автори продемонстрували статистично значущі відмінності між досліджуваними системами, при цьому найвищу точність забезпечував сканер Primescan, тоді як інші пристрої характеризувалися нижчими показниками правдивості та прецизійності [8].

Слід зазначити те, що у дослідженні Sigvardsson J. та співавторів продемонстровано, що цифрові методи дозволяють здійснювати кількісну оцінку площі оклюзійних контактів із високою відтворюваністю. Автори відзначили значущу кореляцію між повторними цифровими вимірюваннями ($r = 0,85$; $p < 0,01$), що свідчить про їхню високу надійність. Водночас встановлено лише помірну або слабку кореляцію між цифровими та традиційними методами оцінки, а відсутність значущого зв'язку між цифровим аналізом та

клінічним визначенням контактів за допомогою артикуляційної фольги вказує на обмежену взаємозамінність цих підходів [11].

Зокрема, у дослідженні Ren S. та колег встановлено, що точність цифрових міжоклюзійних реєстрацій у пацієнтів із частковою адентією суттєво залежить від розміру та локалізації беззубих ділянок. Автори досліджили те, що за відсутності одного зуба в бічних ділянках цифрова реєстрація демонструє високу точність, яка є аналогічною в пацієнтів із інтактним зубними рядами. Водночас збільшення протяжності беззубих сегментів, зокрема при відсутності трьох і більше задніх зубів або при залученні переднього відділу, призводить до статистично значущого зниження точності реєстрації. Отримані результати підтверджують, що анатомічні умови є ключовим фактором похибок цифрової міжоклюзійної реєстрації [2].

Додатково, Wong K.Y. та співавтори продемонстрували, що міжзубні та тривимірні деформації цифрової реєстрації суттєво варіюють між скануючими системами та можуть призводити до клінічно значущих оклюзійних відхилень, включаючи гіпер- та інфраоклюзію реставрацій [12].

Результати дослідження Lee Y. та співавторів (2021) доповнюють отримані дані, демонструючи, що в умовах часткової адентії точність віртуальної міжоклюзійної реєстрації при скануванні в межах одного квадранта знижується зі збільшенням протяжності дефекту зубного ряду. Зокрема, за наявності двох і більше відсутніх зубів реєстрація оклюзійних співвідношень за допомогою інтраоральних сканерів характеризується нижчою точністю та відтворюваністю порівняно з лабораторними методами, що може бути пов'язано зі зменшенням кількості стабільних оклюзійних опор і, відповідно, зниженням надійності алгоритмів цифрового суміщення [13].

У межах дослідження Lee Y. та співавторів (2019), спрямованого на оцінку повторюваності інтраорального сканування всього зубного ряду при частковій адентії, встановлено залежність відтворюваності отриманих цифрових даних від протяжності беззубих ділянок. Зокрема, аналіз отриманих сканів показав, що у випадках із відносно великими дефектами зубного ряду повторюваність сканування знижується порівняно з моделями, які характеризуються меншою протяжністю беззубих ділянок, що вказує на залежність та взаємозв'язок точності цифрового відтворення даних від наявності достатньої кількості анатомічних орієнтирів [14].

Отримані дані підтверджують, що цифрові методи реєстрації міжюкльозійних співвідношень є надійними з точки зору відтворюваності, однак їх точність залежить від клінічних умов та технічних параметрів інтраоральних сканерів, що обмежує можливість їх універсального застосування без урахування цих факторів.

Висновки. Проведене дослідження продемонструвало, що локалізація цифрової реєстрації міжюкльозійних співвідношень є суттєвим чинником, який впливає на точність та відтворюваність юкльозійних контактів у пацієнтів із частковою адентією.

Встановлено, що двобічна реєстрація прикусу забезпечує більш точне суміщення цифрових моделей, що підтверджується низькими значеннями перекриття (0,018–0,033 мм), рівномірним розподілом юкльозійних контактів та відсутністю виражених юкльозійних інтерференцій.

При цьому фронтальна реєстрація характеризується достовірним збільшенням величини перекриття

(0,082–0,176 мм), формуванням асиметричних контактних зон та появою юкльозійних інтерференцій, що свідчить про зниження точності відтворення міжюкльозійних співвідношень.

Установлено, що в умовах часткової адентії та наявності відпрепарованого зуба зменшення кількості юкльозійних опор призводить до зниження стабільності положення нижньої щелепи та підвищення ймовірності похибок цифрової реєстрації.

Таким чином, для забезпечення високої точності цифрового протоколу ортопедичного лікування доцільним є застосування двобічної або комбінованої реєстрації прикусу, що сприяє підвищенню стабільності юкльозійного положення та відтворюваності юкльозійних контактів. Це має важливе клінічне значення при плануванні лікування, виготовленні функціонально стабільних ортопедичних конструкцій, дозволяє підвищити точність виготовлення ортопедичних конструкцій та зменшити необхідність клінічних корекцій.

REFERENCES

1. Goncharuk-Khomyn MYu, Tukalo IV, Lyakh AI, Stoika VV. Factors influencing and approaches to optimizing the assessment of interocclusal relationships of the upper and lower jaws using intraoral scanning data. *Visnyk Stomatolohii*. 2024;127(2):107–120. <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-52-2.17>
2. Ren S, Morton D, Lin WS. Accuracy of virtual interocclusal records for partially edentulous patients. *J Prosthet Dent*. 2020;123(6):860–865. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.08.012>
3. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 2013;109(2):121–128. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60028-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60028-1)
4. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017;17:149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
5. Kwon M, Cho Y, Kim DW, Kim M, Kim YJ, Chang M. Full-arch accuracy of five intraoral scanners: In vivo analysis of trueness and precision. *Korean J Orthod*. 2021;51(2):95–104. <https://doi.org/10.4041/kjod.2021.51.2.95>
6. Goncharuk-Khomyn MYu, Rusyn VV, Bokoch AV, Nesterenko ML, Stoika VV. Compensation of the influence of pathological tooth mobility on the registration of static occlusal relationships using an intraoral scanner. *Intermedical Journal*. 2024;(2):24–32. <https://doi.org/10.32782/2786-7684/2024-2-4>
7. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of intraoral scanners: a systematic review of influencing factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018;26(3):101–121. https://doi.org/10.1922/EJPRD_01752Abduo21
8. Rutkūnas V, Jegelevičius D, Gedrimienė A, et al. Effect of different intraoral scanners on the accuracy of bite registration in edentulous arches. *J Dent*. 2024;146:105050. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105050>
9. Jin G, et al. Accuracy improvement of intraoral scanning and buccal bite registration using healing abutments as landmarks: an in vitro study. *Appl Sci*. 2020;11(1):318. <https://doi.org/10.3390/app11010318>
10. Kakali L, Halazonetis DJ. A novel method for testing accuracy of bite registration using intraoral scanners. *Korean J Orthod*. 2023;53(4):254–263. <https://doi.org/10.4041/kjod22.199>
11. Sigvardsson J, Nilsson S, Ransjö M, Westerlund A. Digital quantification of occlusal contacts: a methodological study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10):5297. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105297>
12. Wong KY, Esguerra RJ, Chia VAP, Tan YH, Tan KBC. Three-dimensional accuracy of digital static interocclusal registration by three intraoral scanner systems. *J Prosthodont*. 2018;27:120–128. <https://doi.org/10.1111/jopr.12714>
13. Lee YC, et al. Influence of edentulous conditions on intraoral scanning accuracy of virtual interocclusal record in quadrant scan. *Appl Sci*. 2021;11(4):1489. <https://doi.org/10.3390/app11041489>
14. Lee JH, et al. Repeatability of intraoral scanners for complete arch scan of partially edentulous dentitions: an in vitro study. *J Clin Med*. 2019;8(8):1187. <https://doi.org/10.3390/jcm8081187>

Дата першого надходження статті до видання: 22.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 09.10.2026