



УДК 616.314.1

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-1394.2025-2.4>

С.С. Горзов, старший викладач кафедри дитячої стоматології, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, semen.horzov@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9332-8106>

М.В. Білей, старший лаборант кафедри терапевтичної стоматології, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, bilei.mariia@student.uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0007-7687-9882>

М.К. Сушкова, здобувачка вищої освіти стоматологічного факультету, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, sushkova.mariana@student.uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0003-7308-4794>

М.Ю. Гончарук-Хомин, доктор філософії, доцент кафедри терапевтичної стоматології, академічний редактор *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-7482-3881>

КВАНТИФІКАЦІЯ ЛІНІЙНИХ ТА ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ У ХОДІ ПОВТОРЮВАНОГО ІНТРАОРАЛЬНОГО СКАНУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ З УСТАНОВЛЕНИМИ БРЕКЕТ-СИСТЕМАМИ

Вступ. Внутрішньоротові скани можуть бути використані як інструмент для серійної періодичної оцінки переміщення зубів у процесі ортодонтичного лікування та підтвердження відповідності попередньо сформульованому плану, зважаючи на те, що рух зубів часто є нерівномірно послідовним та характеризується значущими рівнями стандартних відхилень.

Мета дослідження. Провести аналіз вираженості та оцінювання значущості лінійних та просторових відхилень зареєстрованого положення зубів як графічних елементів цифрового відбитку в процесі повторюваного інтраорального сканування щелеп пацієнтів з установленими брекет-системами.

Матеріали та методи. До процесу інтраорального сканування в процесі дослідження було залучено 12 осіб з установленими брекет-системами, яким проводили сканування нижньої та верхньої щелеп, тричі кожної. Отримання цифрового відбитка забезпечували із застосуванням інтраорального сканера YouJoy. Набір отриманих сканів надалі аналізувався в програмному забезпеченні Medit Link та підпрограмі Medit Design. На кожному наборі сканів визначали параметри міжклікової та міжмолярної відстаней. Просторові девіації в проєкції окремих зубів між сканами визначали за результатом їх суперімпозиції.

Результати. У процесі суміщення повторюваних сканів у спеціалізованому програмному забезпеченні найбільш виражені відхилення, верифіковані із застосуванням інструменту картування девіацій, були виявлені з вестибулярної сторони зубів (у проєкції встановлених брекетів), і вони статистично перевищували девіації, ідентифіковані для лінгвальних та палатинальних поверхонь зубів ($p < 0,05$). Діапазон відхилень міжклікової відстані серед досліджуваної вибірки повторюваних інтраоральних сканів, отриманих від пацієнтів з установленими брекет-системами, становив 0,04–0,12 мм, тоді як для міжмолярної відстані цей показник сягав 0,08–0,14 мм.

Висновки. Інтраоральний сканер, котрий функціонує за технологією оптичного відеозахоплення, забезпечує отримання повторюваних відбитків високої якості з мінімальним діапазоном девіацій міжзубних відстаней та відтворюваних контурів окремих зубів, котрі можуть бути категоризовані як клінічно незначущі в пацієнтів з установленими брекет-системами. Області сканування, безпосередньо



суміжні до ділянок установлених брекетів, характеризуються наявністю дефектів скану, проте клінічна значущість таких є мінімальною.

Ключові слова: ортодонтичне лікування, брекети, інтраоральний сканер, діагностика, цифрові відбитки, лінійні відхилення, зуби.

S.S. Horzov, PhD-student, Senior Lecturer at the Department of Pediatric Dentistry, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, semen.horzov@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9332-8106>

M.V. Bilei, Senior laboratory assistant at the Department of Restorative Dentistry, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, bilei.mariia@student.uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0007-7687-9882>

M.K. Sushkova, Student of 5th course at the Faculty of Dentistry, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, sushkova.mariana@student.uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0003-7308-4794>

M.Y. Goncharuk-Khomyn, PhD, Associate Professor at the Department of Restorative Dentistry, Academic Editor of Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-7482-3881>

QUANTIFICATION OF LINEAR AND SPATIAL DEVIATIONS DURING REPEATED INTRAORAL SCANNING OF PATIENTS WITH BRACES SYSTEMS

Introduction. Intraoral scans can be used as a tool for serial periodic assessment of tooth movement during orthodontic treatment and for evaluating its conformity to the initially formulated treatment plan, considering that tooth movement patterns are often non-uniform and characterized by substantial standard deviations.

Aim of the study. To quantify and assess the significance of linear and spatial deviations during repeated intraoral scanning of the jaws in patients with fixed orthodontic appliances.

Research materials and methods. Twelve individuals undergoing orthodontic treatment with fixed appliances were enrolled in the study. Each patient underwent three intraoral scans of the maxilla and mandible using YouJoy intraoral scanner. The obtained digital impressions were analyzed in Medit Link and Medit Design software. Intercanine and intermolar distances were measured on each scan set. Spatial deviations of individual molars and anterior teeth between repeated scans were assessed using superimposition analysis.

Results. Superimposition of repeated scans revealed the most pronounced deviations were noted on the vestibular surfaces of teeth (at the sites of brackets), which were significantly greater than deviations on the lingual and palatal surfaces ($p < 0,05$). The deviation range for intercanine distance was 0,04–0,12 mm, and for intermolar distance 0,08–0,14 mm.

Conclusions. Intraoral scanner with the technology of optical videocapture provided reproducible high-quality digital impressions with minimal deviations in inter-tooth distances and individual tooth contours, which can be considered clinically insignificant among patients with fixed brackets. Minor scan defects were detected in regions adjacent to brackets, though their clinical relevance appears minimal.

Key words: orthodontic treatment, brackets, intraoral scanner, diagnostics, digital impressions, linear deviations, teeth.

Вступ. Можливості застосування інтраоральних сканерів в ортодонтичній практиці прогресивно розширюються та корелюють із вищою преферативністю як лікарів, так і пацієнтів щодо використання саме цифрових, а не конвекційних еластомерних відбитків під час клінічного прийому [1; 2]. Інтраоральні

скани можуть бути застосовані з метою автоматизації процесу визначення потреби в ортодонтичному лікуванні за різними індексними показниками, при цьому автоматичні обрахунки, здійснені на цифрових, а не аналогових моделях, характеризуються вищими рівнями репродуктивності та повторюваності [3; 4; 5].



Підходи до автоматичної сегментації окремих зубів, частина з котрих наразі працює із залученням технологій штучного інтелекту, значно спрощують етап планування ортодонтичного лікування як із використанням елайнерів, так і з класичних брекет-систем [3]. Внутрішньоротові скани можуть бути використані як інструмент для серійної періодичної оцінки переміщення зубів у процесі ортодонтичного лікування та підтвердження відповідності попередньо сформульованому плану, зважаючи на те, що рух зубів часто є нерівномірно послідовним і характеризується значущими рівнями стандартних відхилень [4–6].

У систематичному огляді М. Jedlinski та колег було встановлено, що нові впровадження в застосуванні інтраоральних сканерів в ортодонтичній практиці включають можливості аналізу та динамічних змін оклюзійних контактів у процесі переміщення зубів, опції деталізованої візуалізації міжзубних ділянок та підходи до реєстрації центрального співвідношення в ході комплексного застосування цифрових технологій [7].

При цьому на точність інтраорального сканування ортодонтичних пацієнтів може впливати факт потреби отримання скану з усієї зубної дуги, наслідки відбивання світла від металевих об'єктів, наявність ділянок адентії значної протяжності, складність належного контролю сухості ділянок сканування [6; 8]. Ретроспективне дослідження Y. Kim та колег продемонструвало, що середній рівень похибок поверхонь сканів із брекетами є значуще вищим, ніж такий, зареєстрований серед повторюваних сканів щелеп без брекетів, що дозволило припустити, що факт наявності брекетів впливає на правдивість інтраорального скану [9]. З іншого боку, одразу в низці досліджень було відмічено, що рівень девіацій внутрішньоротового скану в умовах наявності брекетів є клінічно-незначущим загалом або ж принаймні для представників окремих сканерів зі специфічною технологією захоплення та оброблення зображення [10–13]. Крім даних неузгодженостей щодо рівнів правдивості

інтраоральних сканів, отриманих за наявності брекет-систем, у літературі також відмічається дефіцит досліджень, орієнтованих на квантифікацію рівня прецизійності інтраоральних сканів, одержаних у таких умовах. Тобто актуальним для дослідження залишається аспект діапазону девіацій повторюваних внутрішньоротових сканів один відносно одного, коли такі отримано в пацієнтів із зафіксованими брекет-системами, зважаючи на те, що саме повторювані скани надалі можуть бути використані для оцінювання прогресування ортодонтичного лікування.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Провести аналіз вираженості та оцінювання значущості лінійних та просторових відхилень зареєстрованого положення зубів як графічних елементів цифрового відбитку в процесі повторюваного інтраорального сканування щелеп пацієнтів з установленими брекет-системами.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводилося на базі кафедри терапевтичної стоматології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» із залученням пацієнтів різного віку, які користувалися брекет-системами. Критеріями включення пацієнтів виступали такі: 1) наявність зафіксованої брекет-системи на вестибулярній поверхні зубів (конструкцій брекетів та металевої дуги); 2) згода пацієнта на проведення інтраорального сканування з діагностичною метою та подальшою анонімізацією особистих даних; 3) відсутність ознак нещодавнього хірургічного втручання та травматичного ушкодження слизової оболонки порожнини різного генезу. Як критерії виключення застосовувалися такі: 1) пацієнти, котрим брекети були зафіксовані не на всіх зубах; 2) пацієнти із зафіксованими брекетами, проте без установленної металевої дуги; 3) пацієнти хоча б з одним проміжком між сусідніми зубами величиною в понад 10 мм; 4) пацієнти з ознаками нещодавно проведеного хірургічного втручання або травматичними ушкодженнями слизової оболонки порожнини рота (наявність швів, кровоточивість). Усього



до процесу інтраорального сканування було залучено 12 осіб, яким проводили сканування нижньої та верхньої щелеп тричі кожної.

Отримання цифрового відбитка забезпечували із застосуванням інтраорального сканера YouJoy (Ningbo Youjoy Dental Equipment Co., Нінгбо, Китай). Використовувана стратегія сканування була тотожна рекомендованій виробником. Інтервал між повторюваним скануванням одного і того ж пацієнта становив 7–10 хвилин, протягом якого проводилась перевірка чистоти дзеркала сканера та його очищення за потреби. Набір отриманих сканів надалі аналізувався в програмному забезпеченні Medit Link (Medit Corp., Сеул, Південна Корея) та підпрограмі Medit Design. На кожному наборі сканів визначали параметри міжклікової (між верхівками бугрів ікол) та міжмолярної відстаней (між верхівками мезіющичних бугрів перших молярів). Просторові девіації в проєкції окремо дистальних та окремо передніх зубів між сканами визначали за результатом їх суперімпозиції в процесі активації функції автоматичного суміщення («Automatic Alignemnt») у структурі підпрограми Medit Design.

Групування даних, їх систематизація та відповідна структуризація з метою оптимізації для подальшого статистичного оброблення проводилися у програмному забезпеченні

Microsoft Excel 2021 (Microsoft Office 2021, Microsoft, США). Статистичне опрацювання результатів реалізовували з використанням додаткового статистичного плагіну XLSTAT (Addinsoft Inc., Нью Йорк, США) як надбудови до встановленої програми Microsoft Excel 2021 (Microsoft Office 2021, Microsoft, США).

Результати та їх обговорення. У процесі суміщення повторюваних сканів у спеціалізованому програмному забезпеченні найбільш виражені відхилення, верифіковані із застосуванням інструменту картування девіацій, були виявлені з вестибулярної сторони зубів (у проєкції встановлених брекетів), і такі статистично перевищували девіації, ідентифіковані для лінгвальних та палатинальних поверхонь зубів, на яких брекети були відсутні ($p < 0,05$) (рис. 1).

Діапазон відхилень контурів зубів на повторюваних сканах у проєкції брекетів становив 0,047–0,148 мм, тоді як діапазон відхилень з лінгвальної та палатинальної сторін зубів – 0,014–0,042 мм (рис. 2–3).

Діапазон відхилень міжклікової відстані серед досліджуваної вибірки повторюваних інтраоральних сканів, отриманих від пацієнтів з установленими брекет-системами, становив 0,04–0,12 мм, тоді як для міжмолярної відстані цей показник сягав 0,08–0,14 мм (рис. 4).

Усі скани характеризувалися наявністю поодиноких ділянок дефектів сканування

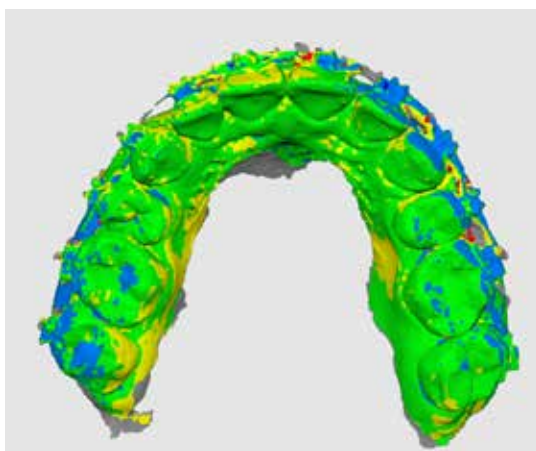


Рис. 1. Приклад карти девіацій за взаємосуміщення повторюваних сканів щелеп із встановленими брекетами



Рис. 2. Приклад лінійних та просторих девіацій, ідентифікованих за суміщенням контурів у проєкції моляра

в проєкції встановлених брекетів, проте особливості розподілу та виникнення таких не демонстрували жодних специфічних тенденцій чи патернів (рис. 5–6).

У проспективному дослідженні М. Palone та співавторів було відмічено, що в порівнянні із ситуаціями без наявних брекет-систем, за наявності таких інтраоральні скани демонстрували мінімально виражену тенденцію до зменшення міжкілової та міжмолярної відстаней як на верхній, так і на нижній щелепах (зменшення міжзубних відстаней у діапазоні 0,04–0,21 мм), яку автори інтерпретували як феномен графічної контракції скану за наявності брекетів [10]. У проведеному нами дослідженні не проводилося порівняння сканів до та після фіксації брекет-системи, однак діапазон відхилень за повторюваних сканів

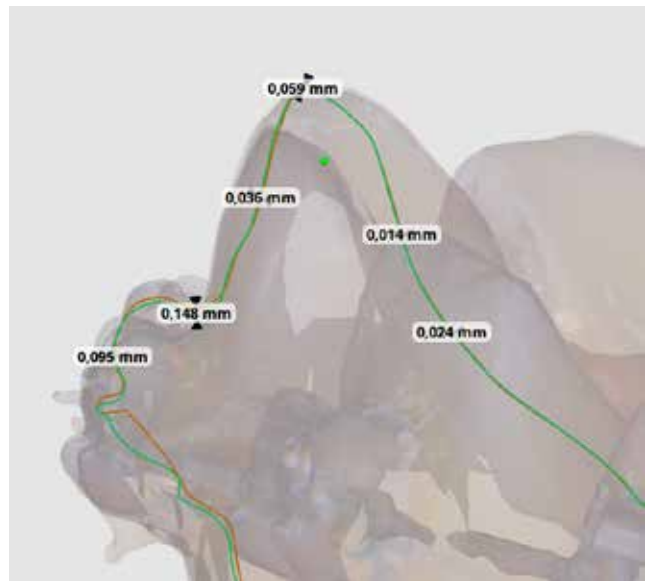


Рис. 3. Приклад лінійних та просторих девіацій, ідентифікованих за суміщенням контурів у проєкції різця

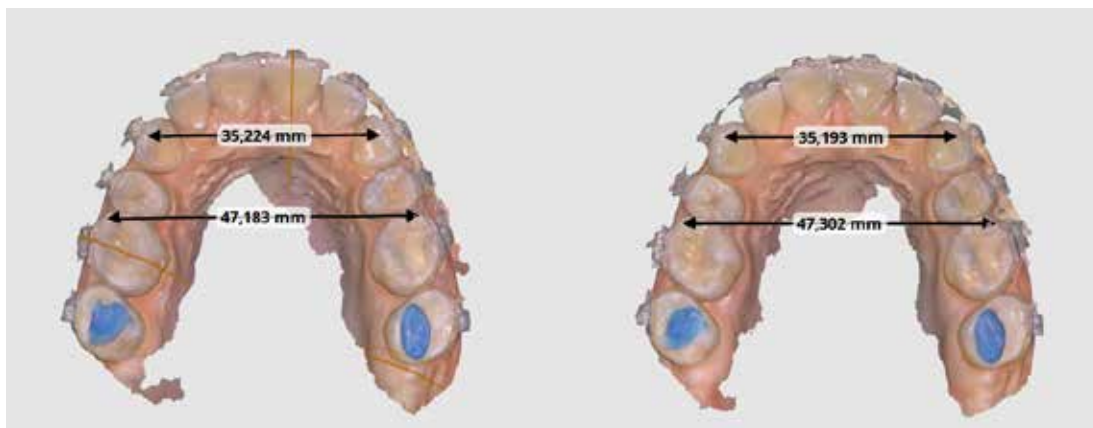


Рис. 4. Приклади девіацій міжкілової та міжмолярної відстаней у разі повторюваного сканування щелеп із зафіксованими брекет-системами



Рис. 5. Приклад ділянки інтраорального скану без дефектів сканування в проєкції брекетів



Рис. 6. Приклад ділянки інтраорального скану з дефектами сканування в проєкції брекетів



не перевищував діапазон, зазначений у дослідженні М. Palone та співавторів, що свідчить про те, що наявність брекет-системи як потенційного фактора впливу виражено не компрометує прецизійність використовуваної в цій роботі системи інтраорального сканування, яка працює за технологією оптичного відеозахоплення.

Інше комперативне дослідження цифрових та еластомерних відбитків підтвердило високі показники як правдивості, так і прецизійності інтраоральних сканів у відтворенні розмірних параметрів відстаней, при цьому демонструючи відмінності діапазонів девіацій для різних внутрішньоротових сканерів (42 ± 41 мкм для Primescan, 47 ± 44 мкм для Trios 4, 57 ± 64 мкм для Emerald S, 60 ± 56 мкм для Emerald S) [12]. Діапазони даних девіацій, відмічених у роботі N. Bock та колег, тотожні діапазонам відхилень, відмічених під час апробації сканера, котрий функціонує за технологією оптичного відеозахоплення, у цьому дослідженні.

Перевага отримання інтраоральних сканів, а не конвекційних еластомерних відбитків у пацієнтів з установленими брекетами полягає також у можливості реалізації процедури за коротший період часу (80 ± 20 – 136 ± 31 секунд проти 349 ± 30 секунд) [14].

Попередні порівняння можливостей внутрішньо- та позаротового сканування для об'єктивного відтворення просторих та розмірних параметрів зубів та щелеп за наявності встановлених брекет-систем підтвердили клінічно-прийнятну точність обох вищезгаданих підходів [13]. Попри те, що факт наявності брекетів впливав на точність інтраорального скану, він не провокував розвитку клінічно-значущих дисторцій, оскільки середній показник відмінностей просторових параметрів, зареєстрованих на позаротовому та внутрішньоротовому сканах, становив $0,12 \pm 0,03$ мм [13]. Найбільші відхилення інтраорального скану по відношенню до оцифрованої моделі в дослідженні E. Vargas та колег були відмічені в проєкції латеральних різців (середня різниця в 0,05 мм сторону збільшення роз-

міру зуба) [13], однак у нашому дослідженні таких девіацій у проєкції латеральних різців зазначено не було. Це може бути обґрунтовано тим, що в наукових роботах застосовувалися апарати інтраорального сканування, які функціонують за різною технологією захоплення зображення. Однак як гіпотезу, котра потребує подальшого підтвердження, варто відзначити, що різці нижньої щелепи є одними з найменших за розмірами одиниць зубного ряду, відповідно, співвідношення розмірів брекетів та металевої дуги, встановлених на поверхню таких, до площі відсканованої поверхні зуба в цілому є найбільшим, і сам цей фактор може бути відповідальним за розвиток критичних девіацій в проєкції даних зубів.

Лабораторне дослідження Н. Нео та колег установило, що діапазон девіацій розмірних параметрів моделей з брекетами відносно референтної моделі без брекетів за суперімпозиції цифрових об'єктів, отриманих із застосуванням інтраорального сканера, залежить і від типу використовуваних брекетів [14]. Так, під час аналізу моделей з металевими брекетами похибка була порівняно меншою, ніж під час аналізу моделі з монокристалізованими брекетами, а також більш вираженою в проєкції молярів, ніж ікол. У разі конкретних технологій інтраорального сканування вестибулярне або лінгвальне положення брекетів може впливати на точність скану, хоча для окремих апаратів цей параметр не впливає на діапазон девіацій правдивості цифрового відбитку [15].

У попередніх дослідженнях було відмічено, що інтраоральні сканери характеризуються недостатніми оптично-захоплювальними потужностями для репродукції геометричної конфігурації складників самих брекетів, а також наявністю недосканованих ділянок (так званих «графічних піднутрень»), які знаходяться суміжно з конструкцією брекета і за окремими алгоритмами процесингу сканів можуть бути штучно виповнені графічним шаром [16]. Спостереження в процесі проведення цього дослідження засвідчили, що використовуваний сканер забезпечував достатню



глибину сканування і для ділянок суміжних до встановлених брекетів та металевої дуги, хоча загалом дефекти скану в цих областях усе ж відмічалися.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок у цьому напрямі. Інтраоральний сканер, котрий функціонує за технологією оптичного відеозахоплення, забезпечує отримання повторюваних відбитків високої якості з мінімальним діапазоном девіацій міжзубних відстаней та відтворюваних контурів окремих зубів, котрі можуть бути категоризовані як клінічно-незначущі в пацієнтів з установленими брекет-системами. Області сканування, безпосередньо суміжні до ділянок установлених брекетів, характеризуються наявністю дефектів скану, проте клінічна значущість таких є мінімальною. При цьому варто зазначити, що потреба проведення повторного сканування пацієнтів із брекет-системами обґрунтована можливістю контролю прогресу переміщення зубів для потенційної корекції лікування, також в умовах, коли планується завершення реабілітації підходом, відмінним від ефекту брекет-системи (наприклад, з подальшою тотальною ортопедичною реабілітацією), практичною доцільністю доскановування або ж перескановування в разі дефіцитної якості первинних сканів та реалізації комплексних підходів до лікування на завершальних етапах ортодонтичної фази (на зразок виконання проміжних етапів ортопедичної реабілітації із застосуванням тимчасових ортопедичних конструкцій

з опорою на дентальних імплантатах в умовах, коли брекет-система досі зафіксована).

Перспектива подальших досліджень передбачає залучення в структуру дизайну такого референтного набору цифрових даних, отриманих із використанням спеціальних калібрувальних елементів для максимізації точності внутрішньоротового скану. Такий підхід дозволить оцінити точність внутрішньоротового скану не тільки по відношенню до еталонної лабораторної моделі, але й по відношенню до найбільш точного цифрового відбитку, який може бути в принципі отриманий у процесі інтраорального сканування. Крім того, доцільним є проведення порівняння змін просторових і розмірних параметрів контурів кожного окремого зуба, а не зубного ряду загалом, в умовах до та після фіксації брекет-системи, досліджуючи при цьому відхилення в проєкції графічного профілю зуба, вільного від зафіксованої конструкції. Перспективним для вивчення також залишається оцінювання девіацій після фіксації брекет-системи в порівнянні з ситуацією до фіксації такої в умовах наявних різних вихідних порушень прикусу, зубних рядів чи окремих зубів. Зокрема, потребує подальшого вивчення вплив скупченості зубів на точність інтраорального сканування до та після фіксації ортодонтичних конструкцій та оцінювання можливості моніторингу динамічних змін у процесі ортодонтичного лікування скупченості з належним рівнем точності реєстрації положення окремих одиниць зубного ряду та їх зміщення за окремі часові періоди.

Література:

1. Christopoulou I., Kaklamanos E. G., Makrygiannakis M. A. et al. Intraoral scanners in orthodontics: a critical review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19(3). P. 1407. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031407/>
2. Alassiry A. M. Clinical aspects of digital three-dimensional intraoral scanning in orthodontics—A systematic review. *The Saudi Dental Journal*. 2023. Vol. 35(5). P. 437–442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.04.004/>
3. Eggmann F., Blatz M. B. Recent advances in intraoral scanners. *Journal of Dental Research*. 2024. Vol. 103(13). P. 1349–1357. DOI: <https://doi.org/10.1177/00220345241271937/>
4. Yun D., Choi D. S., Jang I. et al. Clinical application of an intraoral scanner for serial evaluation of orthodontic tooth movement: a preliminary study. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2018. Vol. 48(4). P. 262–267. DOI: <https://doi.org/10.4041/kjod.2018.48.4.262/>
5. Hwang H. H. M., Chou C. W., Chen Y. J. et al. An overview of digital intraoral scanners: past, present and future—from an orthodontic perspective. *Taiwanese Journal of Orthodontics*. 2018. Vol. 30(3). P. 3. DOI: [https://doi.org/10.30036/TJO.201810_31\(3\).0003/](https://doi.org/10.30036/TJO.201810_31(3).0003/)



6. Вплив брекетів на показники точності інтраорального сканування: дані літератури та клінічні спостереження / М.Ю. Гончарук-Хомин та ін. *Intermedical journal*. 2025. № 2. С. 25–30. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-5>.
7. Jedliński M., Mazur M., Grocholewicz K. et al. 3D scanners in orthodontics—Current knowledge and future perspectives—A systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2021. Vol. 18(3). P. 1121. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031121>.
8. Carvalho P. E. G., Ortega A. D. O., Maeda F. A. et al. Digital scanning in modern orthodontics. *Current Oral Health Reports*. 2019. Vol. 6(4). P. 269–276.
9. Kim Y. K., Kim S. H., Choi T. H. et al. Accuracy of intraoral scan images in full arch with orthodontic brackets: a retrospective in vivo study. *Clinical Oral Investigations*. 2021. Vol. 25(8). P. 4861–4869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03792-0>.
10. Palone M., Bellavia M., Floris M. et al. Evaluation of effects of brackets and orthodontic wires on intraoral scans: A prospective in-vivo study. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2024. Vol. 27(1). P. 44–54. DOI: <https://doi.org/10.1111/ocr.12682>.
11. Jung Y. R., Park J. M., Chun Y. S. et al. Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic brackets and wire. *International journal of computerized dentistry*. 2016. Vol. 19(3). P. 203–215. PMID: 27644178.
12. Bock N. C., Klaus K., Liebel M. M. et al. What to prefer in patients with multibracket appliances? Digital vs. conventional full-arch impressions—a reference aid-based in vivo study. *Journal of Clinical Medicine*. 2023. Vol. 12(9). P. 3071. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12093071>.
13. Vargas E. O. A., Vargas D. O. A., da Silva Coqueiro R. et al. Impact of orthodontic brackets on intraoral and extraoral scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022. Vol. 162(2). P. 208–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.03.021>.
14. Heo H., Kim M. The effects of orthodontic brackets on the time and accuracy of digital impression taking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18(10). P. 5282. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18105282>.
15. Park J. M., Choi S. A., Myung J. Y. et al. Impact of orthodontic brackets on the intraoral scan data accuracy. *BioMed Research International*. 2016. Vol. 2016(1). P. 5075182 DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5075182>.
16. Shin S. H., Yu H. S., Cha J. Y. et al. Scanning accuracy of bracket features and slot base angle in different bracket materials by four intraoral scanners: an in vitro study. *Materials*. 2021. Vol. 14(2). P. 365. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14020365>.

References:

1. Christopoulou, I., Kaklamanos, E. G., Makrygiannakis, M. A., Bitsanis, I., Perlea, P., & Tsolakis, A. I. (2022). Intraoral scanners in orthodontics: a critical review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1407. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031407>
2. Alassiry, A. M. (2023). Clinical aspects of digital three-dimensional intraoral scanning in orthodontics—A systematic review. *The Saudi Dental Journal*, 35(5), 437–442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.04.004>
3. Eggmann, F., & Blatz, M. B. (2024). Recent advances in intraoral scanners. *Journal of Dental Research*, 103(13), 1349–1357. DOI: <https://doi.org/10.1177/00220345241271937>
4. Yun, D., Choi, D. S., Jang, I., & Cha, B. K. (2018). Clinical application of an intraoral scanner for serial evaluation of orthodontic tooth movement: a preliminary study. *The Korean Journal of Orthodontics*, 48(4), 262–267. <https://doi.org/10.4041/kjod.2018.48.4.262>
5. Hwang, H. H. M., Chou, C. W., Chen, Y. J., & Yao, C. C. J. (2018). An overview of digital intraoral scanners: past, present and future—from an orthodontic perspective. *Taiwanese Journal of Orthodontics*, 30(3), 3. DOI: [https://doi.org/10.30036/TJO.201810_31\(3\).0003](https://doi.org/10.30036/TJO.201810_31(3).0003)
6. Goncharu-Khomyn, M.Y., Semen, S.G., Liakh, A.I., & Stoika, V. V. (2025). Vplyv breketiv na pokaznyky tochnosti intraoralnoho skanuvannia: dani literatury ta klinichni sposterezhennia [The influence of brackets on the accuracy of intraoral scanning: literature data and clinical observations]. *Intermedical journal*, (2), 25–30. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-5> [in Ukrainian].
7. Jedliński, M., Mazur, M., Grocholewicz, K., & Janiszewska-Olszowska, J. (2021). 3D scanners in orthodontics – Current knowledge and future perspectives – A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1121. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031121>
8. Carvalho, P. E. G., Ortega, A. D. O., Maeda, F. A., da Silva, L. H., Carvalho, V. G. G., & Torres, F. C. (2019). Digital scanning in modern orthodontics. *Current Oral Health Reports*, 6(4), 269–276. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40496-019-00235-4>



9. Kim, Y. K., Kim, S. H., Choi, T. H., Yen, E. H., Zou, B., Shin, Y., & Lee, N. K. (2021). Accuracy of intraoral scan images in full arch with orthodontic brackets: a retrospective in vivo study. *Clinical Oral Investigations*, 25(8), 4861–4869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03792-0>
10. Palone, M., Bellavia, M., Floris, M., Rombolà, A., Cremonini, F., Albertini, P., & Lombardo, L. (2024). Evaluation of effects of brackets and orthodontic wires on intraoral scans: A prospective in-vivo study. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 27(1), 44–54. DOI: <https://doi.org/10.1111/ocr.12682>
11. Jung, Y. R., Park, J. M., Chun, Y. S., Lee, K. N., & Kim, M. (2016). Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic brackets and wire. *International journal of computerized dentistry*, 19(3), 203–215. PMID: 27644178
12. Bock, N. C., Klaus, K., Liebel, M. M., Ruf, S., Wöstmann, B., & Schlenz, M. A. (2023). What to prefer in patients with multibracket appliances? Digital vs. conventional full-arch impressions—a reference aid-based in vivo study. *Journal of Clinical Medicine*, 12(9), 3071. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12093071>
13. Vargas, E. O. A., Vargas, D. O. A., da Silva Coqueiro, R., Sant’anna, E. F., & Pithon, M. M. (2022). Impact of orthodontic brackets on intraoral and extraoral scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162 (2), 208–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.03.021>
14. Heo, H., & Kim, M. (2021). The effects of orthodontic brackets on the time and accuracy of digital impression taking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5282. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18105282>
15. Park, J. M., Choi, S. A., Myung, J. Y., Chun, Y. S., & Kim, M. (2016). Impact of orthodontic brackets on the intraoral scan data accuracy. *BioMed Research International*, 2016(1), 5075182. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5075182>
16. Shin, S. H., Yu, H. S., Cha, J. Y., Kwon, J. S., & Hwang, C. J. (2021). Scanning accuracy of bracket features and slot base angle in different bracket materials by four intraoral scanners: an in vitro study. *Materials*, 14(2), 365. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14020365>

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2025

Стаття прийнята 12.10.2025

Статтю опубліковано 01.12.2025

