УДК 616.314-089.843-074
DOI https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-6

Гончарук-Хомин Мирослав Юрійович,
PhD, доцент, завідувач кафедри терапевтичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-7482-3881
м. Ужгород, Україна

Гундяк Юрій Ярославович,
аспірант кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0009-0006-7463-3515
м. Ужгород, Україна

Тукало Ігор Васильович,
аспірант кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-8431-8133
м. Ужгород, Україна

Криванич Андрій Володимирович,
аспірант кафедри терапевтичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-1430-4270
м. Ужгород, Україна

До питання точності технології інтраоральної фотограмметрії: аналіз релевантних даних доказової бази

Вступ. Враховуючи нещодавнє впровадження технології інтраоральної фотограмметрії в стоматологічну практику доцільним є проведення узагальнюючого аналізу результатів перших лабораторних та клінічних досліджень, опрацювання котрих дозволить об'єктивізувати показники точності даного методу, переваги його застосування і аспекти, що потребують подальшої деталізації в ході формування запиту на проведення майбутніх прикладних та експериментальних робіт апробаційного характеру.

Мета дослідження. Провести порівняльний аналіз показників точності реєстрації координатного положення дентальних імплантатів з використанням технології інтраоральної фотограмметрії за результатами попередніх лабораторних та клінічних досліджень.

Матеріали та методи. Набір публікацій для проведення цільового огляду літератури проводився шляхом первинного пошуку таких через сервіс Google Scholar (https://scholar.google.com/). В якості ключових слів в ході пошуку використовувались наступні: «intraoral photogrammetry», «dental implant», «intraoral scanner», «trueness», «precision». До уваги приймалися наукові роботи опубліковані англійською мовою, а також такі, представлені у періодичних наукових виданнях, включених до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science.

Результати досліджень та їх обговорення. Технологія інтраоральної фотограмметрії за методологією реалізації не повністю аналогічна технології класичної фотограмметрії, оскільки представляє собою «фотограмметричний алгоритм» метчингу/співставлення положень координатних точок скан-абатментів на основі реконструктивних та порівняльних підходів штучного інтелекту, а не власне одномоментну реєстрацію положення усіх скан-маркерів позаротовим апаратом з відстані та/або проекції, при якій фотофіксація таких відбувається за принципом «одного кадру». Доступні лабораторні та клінічні дослідження засвідчують співмірну точність методу інтраоральної фотограмметрії із методами позаротової фотограмметрії, та вищу точність технології інтраоральної фотограмметрії у порівнянні із іншими технологіями інтраорального сканування щодо об'єктивної реєстрації положення дентальних імплантатів в структурі беззубих щелеп.

Висновки. За даними літератури точність технології інтраоральної фотограмметрії щодо об'єктивної реєстрації координатного положення дентальних імплантатів в структурі беззубої верхньої або нижньої щелепи (моделі) є вищою за точність інших технологій інтраорального сканування не поєднаних з технологією фотограмметрії, які застосовуються з тією ж метою. Показники правдивості та прецизійності технології інтраоральної фотограмметрії є співмірними з аналогічними параметрами окремих систем позаротової фотограмметрії. Валідність алгоритму фотограмметричного суміщення на основі штучного інтелекту при використанні поля зйомки розміром у вікно насадки сканера, тобто такого, яке є виражено меншим за розмір фактичного протезного ложа, потребує подальшого уточнення в умовах стандартизованих клінічних досліджень.

Ключові слова: інтраоральне сканування, фотограмметрія, дентальні імплантати, адентія, беззубі щелепи, точність, стоматологічна реабілітація, ортопедичні конструкції.

Goncharuk-Khomyn Myroslav Yuriyovich, PhD, Associate Professor, Head of Department of Restorative Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-7482-3881,Uzhhorod, Ukraine

Gundjak Yuriy Yaroslavovych, Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0009-0006-7463-3515, Uzhhorod, Ukraine

Tukalo Ihor Vasylovych, Postgraduate Student at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-8431-8133, Uzhhorod, Ukraine

Kryvanych Andriy Volodymyrovych, Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-1430-4270, Uzhhorod, Ukraine

On the issue of the accuracy regarding intraoral photogrammetry technology: an analysis of relevant evidence base data

Introduction. Considering recent introduction of intraoral photogrammetry technology into dental practice, it is advisable to conduct a general analysis of the results obtained from the first laboratory and clinical studies, processing of which will allow to objectify the accuracy indicators for this method, the advantages of its application and aspects that require further detailing, all of which will impact the request for future applied and experimental research works of an approbatory nature.

Objective of the research. To conduct a comparative analysis on the accuracy indicators of intraoral photogrammetry technology used for the registration of dental implants coordinate position based on the results of previous laboratory and clinical studies.

Materials and methods. Collection of publications for conducting a targeted literature review was carried out by initial search of such through the Google Scholar service (https://scholar.google.com/). The following keywords were used for the search request: «intraoral photogrammetry», «dental implant», «intraoral scanner», «trueness», «precision». Scientific works published in English were taken into account, as well as those presented in periodical scientific journals indexed within the scientometric databases of Scopus and/or Web of Science.

Results and discussions. The technology of intraoral photogrammetry in terms of implementation methodology is not completely analogous to the technology of classical photogrammetry, since it represents somewhat of «photogrammetric algorithm» for matching the positions of coordinate points present over specific scan abutments using artificial intelligence's reconstructive and comparative approaches for such matter, and not the actual simultaneous registration of the position of all scan markers by an extraoral device from a distance and/or projections at which their photofixation occurs according to the «single frame» principle. Available laboratory and clinical studies demonstrated that the accuracy of the intraoral photogrammetry method is comparative to extraoral photogrammetry methods, and that the accuracy of the intraoral photogrammetry technology is higher in comparison with various technologies of intraoral scanning in means of registering objectified positions of dental implants within edentulous jaws.

Conclusions. Considering available literature data it may be resumed that the accuracy of the intraoral photogrammetry technology for the objective registration of the dental implants' coordinate position within the structure of the edentulous upper or lower jaw (model) is higher than the accuracy of various intraoral scanning technologies, which are not combined with photogrammetry technology, but may be used for the same purpose. The indicators of trueness and precision of the intraoral photogrammetry technology are comparable to similar parameters of some extraoral photogrammetry systems. The validity of the AI-based photogrammetric matching algorithm when using such with field of view equaled to the window's size of scanner tip, which is significantly smaller than the size of the actual prosthetic field, requires further clarification in future standardized clinical studies.

Key words: intraoral scanning, photogrammetry, dental implants, edentulous, edentulous jaws, accuracy, dental rehabilitation, prosthetic constructions.

Вступ. Сучасні підходи до інтраорального сканування (ІОС) та реєстрації положення дентальних імплантатів в умовах реабілітації беззубих щелеп умовно можуть бути класифіковані на такі, котрі реалізуються без додаткового шинування (сплінтування), з використанням некаліброваної шини (сплінта), з використанням каліброваних скан-абатментів, з використанням каліброваного джигу та шляхом застосуванням принципу реверсивного відбитка [1].

Огляд літератури Revilla-Leon M. продемонстрував, що правдивість та прецизійність інтраорального сканування щодо реєстрації об'єктивного положення дентальних імплантатів в структурі беззубих щелеп без використання додаткового шинування (сплінтування) складають –-303 мкм та 25–181 мкм відповідно, з використанням некаліброваної шини (сплінта) – 49–240 мкм та 45–176 мкм відповідно, з використанням каліброваного джигу – 25–79 мкм та 8-17 мкм, і з використанням принципу реверсивного відбитка – 85–120 мкм та 86–108 мкм відповідно [1].

У пізнішій публікації Revilla-Leon M. до вищезгаданих підходів цифрової реєстрації положення дентальних імплантатів також був доданий метод фотограмметрії [2], досвід успішного застосування якого уже неодноразово був описаний у літературі [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Актуальний систематичний огляд Joensahakij N. та колег продемонстрував, що точність конвекційних підходів до отримання еластомерних відбитків із беззубих щелеп із встановленими імплантатами є нижчою, аніж цифрових підходів (інтраоральних сканів та фотограмметрії) [4]. Зокрема, еластомерні відбитки характеризувались лінійними відхиленнями в діапазоні 7,42–885 мкм, інтраоральні скани – 9,48–283 мкм, метод фотограмметрії – 20,15–88 мкм [4]. Хоча окремі дослідження демонстрували інші результати, частково неузгоджені з вищезгаданим систематичним оглядом [21].

Попри те, що технологія позаротової фотограмметрії стала доволі поширеною на стоматологічному ринку впродовж 2023–2024 рр., в 2024 році був представлений новий підхід – інтраоральна фотограмметрія (ІОФ), який зміг поєднати переваги методів інтраорального сканування та власне фотограмметрії, оптимізовуючи таким чином реалізацію цифрового протоколу тотальної стоматологічної реабілітації пацієнтів

конструкціями з опорою на дентальних імплантатах [9, 10, 11, 12].

Враховуючи нещодавнє впровадження технології інтраоральної фотограмметрії в стоматологічну практику доцільним є проведення узагальнюючого аналізу результатів перших лабораторних та клінічних досліджень, опрацювання котрих дозволить об'єктивізувати показники точності даного методу, переваги його застосування і аспекти, що потребують подальшої деталізації в ході формування запиту на проведення майбутніх прикладних та експериментальних робіт апробаційного характеру.

Мета. Провести порівняльний аналіз показників точності реєстрації координатного положення дентальних імплантатів з використанням технології інтраоральної фотограмметрії за результатами попередніх лабораторних та клінічних досліджень.

Матеріали та методи. Набір публікацій для проведення цільового огляду літератури проводився шляхом первинного пошуку таких через сервіс Google Scholar (https://scholar.google.com/). В якості ключових слів в ході пошуку використовувались наступні: «intraoral photogrammetry», «dental implant», «intraoral scanner», «trueness», «precision». Публікації, відібрані до первинної когорти, аналізувалися за назвою та даними наведеними в анотації до статті на предмет їх відповідності сформульованій меті дослідження. До уваги приймалися наукові роботи опубліковані англійською мовою, а також такі, представлені у періодичних наукових виданнях, включених до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science. Обмежень щодо глибини пошуку не застосовувалося.

Публікації, які за текстом резюме та назвою потенційно могли були асоційовані з метою даного дослідження, підлягали деталізованому контент-аналізу у відповідності до наступних категорій:

1) показники правдивості та прецизійності інтраоральної фотограмметрії при реєстрації положення дентальних імплантатів;

2) рівні лінійних та ангулярних девіацій при реєстрації координатного положення внутрішньокісткових опор з використанням технології інтраоральної фотограмметрії;

3) точність технології інтраоральної фотограмметрії в порівнянні із точністю різних систем інтраоральних сканерів та технологією позаротової фотограмметрії щодо об'єктивної реєстрації просторового положення дентальних імплантатів в структурі беззубих щелеп (моделей).

Дані екстраговані із окремих публікацій були систематизовані у табличному редакторі Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019, Microsoft, США) за фактом їх зв'язку з однією із сформованих вищезгаданих категорій контент-аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. В ході пошуку наукових робіт, асоційованих із метою даного дослідження, було ідентифіковано наступні, які демонстрували результати використання методу інтраоральної фотограмметрії: in vivo дослідження Nulty A. (опубліковане в Dentistry Journal в 2024 р.) [12], in vitro дослідження Brakoč J. та колег (опубліковане в Journal of Dentistry в 2025 р.) [9], in vivo дослідження Eldabe A. та колег (опубліковане в The Journal of Prosthetic Dentistry в 2025 р.) [10], in vitro дослідження Revilla-León M. та колег (опубліковане в The Journal of Prosthetic Dentistry в 2025 р.) [11] (табл. 1).

Принцип функціонування технології інтраоральної фотограмметрії полягає у комбінації функцій інтраорального сканування та власне фотограмметрії [13, 14]. Закодовані патерни точок специфічних оптичних скан-маркерів, передбачені технологією внутрішньоротової фотограмметрії, відіграють роль реперних ідентифікаторів для подальшого точного суміщення координат відсканованих ділянок, що на відміну від класичних підходів до сплінтування скан-маркерів, чи використання їх специфічних модифікацій, не потребує повноцінного трьохмірного сканування геометричної форми скан-абатментів під різними кутами для належного оцифрування усіх параметрів конфігурації таких [13] (рис. 1).

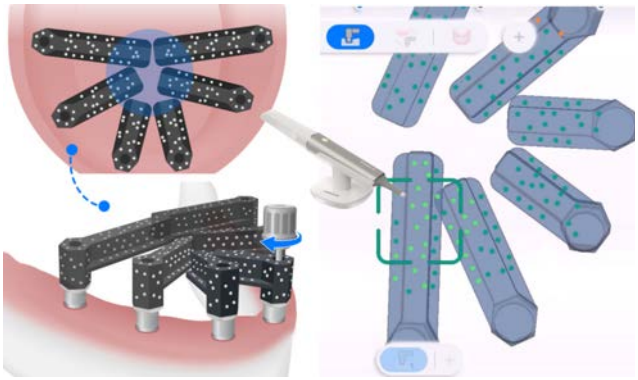

Рис. 1. Система інтраоральної фотограмметрії (Aoralscan Elite, Shining 3D, Китай)

Слід відзначити, що огляд Institute of Digital Dentistry відмітив, що технологія інтраоральної фотограмметрії (Aoralscan Elite, Shining 3D) за методологією реалізації не повністю аналогічна технології класичної фотограмметрії, оскільки представляє собою «фотограмме-

Таблиця 1

Публікації, відібрані для проведення контент-аналізу за ознакою асоціації із метою даного дослідження

Автор	Журнал	Рік	Тип дослідження
Nulty A. [12]	Dentistry Journal	2024	in vivo
Brakoč J, Todorović A, Mangano FG, Glišić M, Šćepanović M. [9]	Journal of Dentistry	2025	in vitro
Eldabe AK, Adel-Khattab D, Botros KH. [10]	The Journal of Prosthetic Dentistry	2025	in vivo
Revilla-León M, Gómez-Polo M, Drone M, Barmak AB, Kois JC, Pérez-Barquero JA. [11]	The Journal of Prosthetic Dentistry	2025	in vitro

тричний алгоритм» метчингу/співставлення положень координатних точок скан-абатментів на основі реконструктивних та порівняльних підходів штучного інтелекту, а не власне одномоментну реєстрацію положення усіх скан-маркерів позаротовим апаратом з відстані та/або проекції, при якій фотофіксація таких відбувається за принципом «одного кадру» [14] (рис. 2).

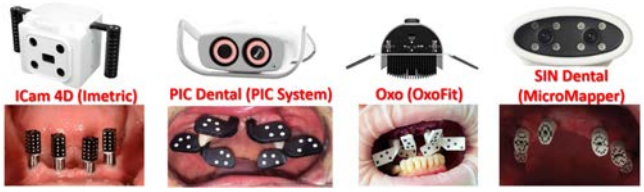

Рис. 2. Приклади окремих систем екстраоральної фотограмметрії

Незважаючи на вищезазначену відмінність порівняльний аналіз систем інтраоральної та позаротової фотограмметрії в лабораторних умовах на моделі з імітацією шести встановлених імплантатів дозволив встановити, що точність інтраоральної фотограмметрії (Aoralscan Elite, Shining 3D) є порівняно-аналогічною до точності таких систем екстраоральної фотограмметрії, як Grammee (Grammee, BlueSkyBio) та OxoFit (OxoFit, Oxo) [11]. При цьому середні показники лінійних та ангулярних розбіжностей для всіх систем, апробованих у дослідженні, були наступними: PIC dental – 17±4 мкм та 0,34±0,01° відповідно, Icam4D – 18±6 мкм та 0,29±0,05° відповідно, Grammee – 28±9 мкм та 0,17±1,0° відповідно, OxoFit – 30±14 мкм та 0,31±0,02° відповідно, Elite – 27±5 мкм та 0,27±0,02° відповідно [11] (рис. 2).

Потребує уваги той факт, що показники точності, встановлені у доступних клінічних та лабораторних дослідженнях різних систем фотограмметрії, відрізняються від тих, які офіційно повідомлені виробниками, та асоційовані з варіативними у діапазоні, проте вищими рівнями похибок [3, 4, 5, 6, 7, 15, 16]. Такі відмінності можуть бути зумовлені різними вихідними умовами, в котрих проводилась апробація систем фотограмметрії, реалізована відповідно виробником та незалежними дослідниками. Крім того, більшість систем досі потребують належної та відповідної клінічної валідації, враховуючи потенційний вплив варіативності вихідних клінічних умов на результати сканування. Зокрема, у клінічному дослідженні Estibalez-Recases M. було встановлено, що апробована на 10 пацієнтах реабілітованих з використанням 5 імплантатів система PIC Dental продемонструвала середню прецизійність лінійних вимірювань в 14,71±12,2 мкм (з спорадичними відхиленнями в 61 мікрон) та середню прецизійність ангулярних параметрів в 0,072±0,064° [15]. Крім того, у систематичному огляді Gomez-Polo M. було відмічено, що правдивість системи PIC Dental складає 10–49 мікрон, а прецизійність – 5-65 мікрон, в той час як дані показники для системи iCam4D сягали 24–77 мкм та 2-203 мкм відповідно [16].

Результати релевантного лабораторного дослідження Brakoc J. та співавторів продемонстрували, що технологія інтраоральної фотограмметрії (Aoralscan Elite, Shining 3D) характеризується вищим рівнем точності відтворення об'єктивного положення чотирьох імплантатів на моделі нижньої щелепи за критеріями стандартного відхилення відстаней, інтегрованих відстаней та інтегрованих абсолютних відстаней в порівнянні із технологіями інтраорального сканування в структурі апаратів TRIOS 5® (3Shape), i700® (Medit), Aoralscan 3® (Shining 3D), не комбінованих з технологією фотограмметрії [9]. Серед сканерів, в структурі котрих була відсутня технологія інтраоральної фотограмметрії, TRIOS 5® (3Shape) продемонстрував найвищу точність, тоді як інші порівнювані системи характеризувалися нижчими показниками. Аналогічні дані було повідомлені у порівняльному in vivo дослідженні Eldabe A. та колег, в якому сканер з технологією інтраоральної фотограмметрії (Aoralscan Elite, Shining 3D) продемонстрував нижчі рівні девіацій по відношенню до референтних моделей, отриманих методикою відбитку із зашинованих трансферів відкритою ложкою, аніж сканер без технології інтраоральної фотограмметрії при аналізі клінічних випадків беззубих щелеп 11 пацієнтів, реабілітованих з використанням чотирьох імплантатів [10]. Крім того, потребує уваги той факт, що показники відхилень при використанні технології інтраорального сканування без ІОФ відрізнялися в залежності від щелепи (на нижній щелепі рівень девіацій був вищим, ніж на верхній), що не відмічалося при застосуванні технології інтраоральної фотограмметрії [10]. Однак, потребує уваги той факт, до девіації Евклідових відстаней як при використанні інтраорального сканера без технології фотограмметрії, так і з технологією фотограмметрії характеризувалися показниками нижчими гіпотетично прогнозованої похибки у 100 мкм (зокрема, для ІОС така складала 59,8 мкм, а для ІОС з технологією ІОФ – 30,7 мкм); з іншої сторони ангулярні девіації при використанні ІОС без ІОФ перевищували гіпотетично прийнятний рівень у 1°, тоді як у ІОС з ІОФ даний показник складав лише 0,78° [10].

В умовах клінічного ретроспективного дослідження Nulty A. було встановлено, що технологія внутрішньоротової фотограммметрії характеризується середнім показником правдивості у 18,7±9,5 мкм, що перевищувало рівні правдивості PrimeScan (80,6±18,3 мкм) та Medit I900 (86,9±17,2 мкм) в умовах верифікації істинного положення імплантатів у пацієнтів з встановленими чотирма або більше внутрішньокістковими опорами на беззубих щелепах [12]. Використання прямого або ж непрямого варіантів ScanLadder дозволяло підвищити рівні правдивості вищезазначених сканерів без технології фотограмметрії при аналогічних досліджуваних умовах до 22,2±10,6 мкм та 37,6±11,4 мкм, і 22,7±10,3 мкм та 38,6±12,5 мкм відповідно [12].

Зважаючи на незначну кількість доступних на сьогодні даних доказової бази щодо точності технології інтраоральної фотограмметрії, потребують проведення цільові клінічні випробування, які дозволять об'єктивізувати фактичну клінічну точність даного підходу на більшому обсязі досліджуваних випадків. Водночас необхідно відмітити, що доступні лабораторні та клінічні дослідження засвідчують співмірну точність методу інтраоральної

фотограмметрії із методами позаротової фотограмметрії, та вищу точність технології інтраоральної фотограмметрії у порівнянні із іншими технологіями інтраорального сканування щодо об'єктивної реєстрації положення дентальних імплантатів в структурі беззубих щелеп [9].

Дані інструкції офіційного виробника вказують на те, що інтраоральна фотограмметрія дозволяє уникнути потреби використання позаротових сканерів для реєстрації положення скан-маркерів, відтак методика ІОФ оптимізує процес цифрового протоколу, зменшуючи потребу у застосуванні додаткового апаратного забезпечення. До того ж застосування технології інтраоральної фотограмметрії за даними виробника дозволяє більш оптимально інтегрувати результати ІОС з зареєстрованим положенням оточуючих периімплантантних м'яких тканин та результати фотограмметричної верифікації позиції імплантатів в межах афілійованого зі сканером програмного забезпечення, виключаючи потребу у додатковому застосуванні інших цифрових програмних пакетів.

Важливим для подальшої верифікації залишається параметр валідності алгоритму фотограмметричного суміщення на основі штучного інтелекту при використанні поля зйомки розміром у вікно насадки сканера (19 мм × 14 мм), оскільки враховуючи, що обсяг фактичного поля зйомки (ортопедичного ложа) є значно більшим, суперімпозиція координатних точок фідуціарних маркерів може передбачати потребу у графічному каплингу зображень. Суміщення ж двох і більше зображень отриманих із використанням технології фотограмметрії асоційовано із зростанням рівня девіацій, про що було повідомлено у дослідженні Revilla-Leon M. від 2025 року [17]. Зокрема, суміщення двох фотограмметричних зображень провокувало розвиток додаткових девіацій до 13 мкм в параметрах середньої лінійної правдивості, до 9 мкм – в параметрах середньої лінійної прецизійності, до 0,145° – середньої ангулярної правдивості, та 0,053° – середньої ангулярної прецизійності [17].

Сучасні модифікації систем позаротової фотограмметрії передбачають можливість реалізації даної технології у стоматологічній практиці через смартфон (PIC App, PIC dental, Мадрид, Іспанія), а також шляхом використання модифікованої насадки на інтраоральний сканер, яка забезпечує ектраоральний механізм реєстрації положенням специфічних скан-абатментів (на зразок системи Freedom Air, DOF, Сеул, Корея), виключаючи таким чином потребу у застосуванні додаткової окремої позаротової камери (рис. 3, рис. 4).

Проте наскільки дані модифікації сприятимуть досягненню рівнів точності, співмірних із класичними системами ектраоральної фотограмметрії, або ж системою інтраоральної фотограмметрії, вдасться з'ясувати лише при проведенні цільових клінічних та лабораторних досліджень в стандартизованих умовах [18].

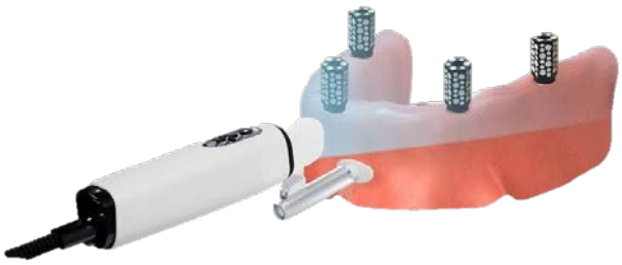

Рис. 3. Прицип фотограмметричної реєстрації положення дентальних імплантатів із застосуванням інтраорального сканера Freedom Air, DOF (DOF, Південна Корея)

Рис. 4. Принцип фотограмметричної реєстрації положення дентальних імплантатів із застосуванням мобільного рішення PIC Dental та програмного застосунку PIC app (PIC system, Іспанія)

Висновки. За даними літератури точність технології інтраоральної фотограмметрії щодо об'єктивної реєстрації координатного положення дентальних імплантатів в структурі беззубої верхньої або нижньої щелеп (моделей) є вищою за точність різних технологій інтраорального сканування не поєднаних з технологією фотограмметрії, які застосовуються з тією ж метою. Показники правдивості та прецизійності технології інтраоральної фотограмметрії є співмірними з аналогічними параметрами окремих систем позаротової фотограмметрії. Валідність алгоритму фотограмметричного суміщення на основі штучного інтелекту при використанні поля зйомки розміром у вікно насадки сканера, тобто такого, яке є виражено меншим за розмір фактичного протезного ложа, потребує подальшого уточнення в умовах стандартизованих клінічних досліджень.

REFERENCES

1. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Rutkunas V, Ntovas P, Kois JC. Classification of Complete-Arch Implant Scanning Techniques Recorded by Using Intraoral Scanners. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2025 Jan;37(1):236-43. https://doi.org/10.1111/jerd.13322

2. Revilla-León M, Kois JC. Implant Scanning Workflows for Fabricating Implant-Supported Prostheses Recorded by Using Intraoral Scanners With or Without Photogrammetry Technologies. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2025. https://doi.org/10.1111/jerd.13431

3. Hussein MO. Photogrammetry technology in implant dentistry: A systematic review. The Journal of prosthetic dentistry. 2023 Sep 1;130(3):318-26. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.015

4. Joensahakij N, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W. The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review. Evidence-Based Dentistry. 2024 Aug 12:1-8. https://doi.org/10.1038/s41432-024-01045-z

5. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Drone M, Barmak AB, Guinot-Barona C, Att W, Kois JC, Pérez-Barquero JA. Impact of scanning distance on the accuracy of a photogrammetry system. Journal of dentistry. 2024 Mar 1;142:104854. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104854

6. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. BMC Oral Health. 2021 Dec;21:1-9. https://doi.org/10.1186/s12903-021-02005-0

7. Ribeiro P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV, Herrero-Climent M. Stereo-photogrammetry for impression of full-arch fixed dental prosthesis–an update of the reviews. Prosthesis. 2024 Aug 15;6(4):939-51. https://doi.org/10.3390/prosthesis6040068

8. Revilla-León M, Att W, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. The Journal of prosthetic dentistry. 2021;125(3):470-478. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.03.005

9. Brakoč J, Todorović A, Mangano FG, Glišić M, Šćepanović M. Accuracy of intraoral photogrammetry versus direct digital implant impressions in the fully edentulous lower jaw: An in vitro study. Journal of Dentistry. 2025 May 1;156:105654. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105654

10. Eldabe AK, Adel-Khattab D, Botros KH. Accuracy of intraoral photogrammetry in complete arch digital implant scanning: An in vivo prospective comparative study. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025 Apr 18. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.03.041

11. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Drone M, Barmak AB, Kois JC, Pérez-Barquero JA. Accuracy of complete arch implant scans recorded by using intraoral and extraoral photogrammetry systems. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025 Feb 27. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.01.041

12. Nulty AB. An In Vivo Comparison of Trueness and Precision of Two Novel Methods for Improving Edentulous Full Arch Implant Scanning Accuracy: A Pilot Study. Dentistry Journal. 2024 Nov 18;12(11):367. https://doi.org/10.3390/dj12110367

13. SHINING 3d dental. Available from: https://www.shining3ddental.com/solution/aoralscan-elite/

14. Shining 3D Aoralscan Elite Review by iDD: Available from: /https://instituteofdigitaldentistry.com/intraoral-scanner-reviews/shining-3d-aoralscan-elite-review-does-intraoral-photogrammetry-really-work/?srsltid=AfmBOoq_WUPS9bxflCpuuFTJDbWef8_QxsEXDFjJZUeUfymAXB9DbNfI

15. Estibalez-Recasens M, Serrano-Granger C, Santamaría-Laorden A, Andreu-Vázquez C, Orejas-Pérez J. Precision of stereophotogrammetry in complete arch implant recordings: A clinical study. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2025 Jan 25. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.12.021

16. Gómez-Polo M, Barmak AB, Ortega R, Rutkunas V, Kois JC, Revilla-León M. Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry systems for acquiring 3D dental implant positions: a systematic review. Journal of Prosthodontics. 2023 Dec;32(S2):208-24. https://doi.org/10.1111/jopr.13751

17. Revilla-León M, Barmak AB, Drone M, Kois JC, Pérez-Barquero JA. Capturing complete arch implant positions in two partial photogrammetry scans: Does it impact the accuracy of complete arch implant scans?. The Journal of prosthetic dentistry.:S0022-3913. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.01.041

18. Goncharuk-Khomyn M., Tukalo I, Sheveria S., Rak Y, Liakh A. Experience of using photogrammetry method in modern implantological practice (literature review). Modern Medicine, Pharmacy and Psychological Health. 2023; (5(14):72-80. https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-13