

УДК 616.314-07:004.932.2

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.5>**О.Ю. Півіс,**

кандидат медичних наук,
доцент кафедри дитячої стоматології,
Навчально-науковий інститут стоматології
та лабораторної медицини,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
вул. Університетська, 14, м. Ужгород, Україна,
індекс 88000, stomatolog2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4588-1273

М.В. Попов,

асистент кафедри стоматології дитячого віку
стоматологічного факультету,
Вінницький національний медичний університет
імені М. І. Пирогова,
вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, індекс 21018,
tax880977@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3247-1520

Д.М. Касьяненко,

кандидат медичних наук,
доцент кафедри стоматології дитячого віку,
Вінницький національний медичний університет
імені М. І. Пирогова,
вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, індекс 21018,
ortovin@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-6559-0408

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ СКАНЕРІВ У ДІАГНОСТИЦІ ОКЛЮЗІЙНИХ ПОРУШЕНЬ

Мета дослідження. Визначення ефективності використання цифрових сканерів у діагностиці оклюзійних порушень на основі аналізу сучасних наукових джерел. **Матеріали та методи.** Для проведення аналізу наукових джерел використано провідні міжнародні бази даних: PubMed, Scopus, Web of Science, SpringerLink, ACS Publications, ScienceDirect та Wiley Online Library. Пошук літератури здійснювався в період із січня 2021 р. до вересня 2025 р.

Наукова новизна. Сучасні дослідження свідчать, що поширеність утрати зубів внаслідок ускладнень карієсу та пародонтальних захворювань сягає 95%, тоді як часткова адентія виявляється у 81,3% пацієнтів віком 33–46 років. Одним із провідних чинників розвитку патології зубощелепної системи є оклюзійна травма. Виявлення передчасних і надмірних оклюзійних контактів має особливе клінічне значення, адже їх несвоєчасна корекція може призводити до ураження пульпи та виникнення дефектів твердих тканин зубів (клиноподібні дефекти, патологічна стертість тощо), зокрема після проведення протезування. Традиційні методи аналізу оклюзії (виготовлення моделей в артикуляторі, побудова оклюдограм, реєстрація контактів на зубах) не забезпечують належного рівня точності та не дозволяють проводити оцінювання в режимі реального часу. З огляду на це дослідження ефективності цифрових технологій у діагностиці оклюзійних порушень є актуальним, оскільки

воно сприяє підвищенню точності діагностики, вдосконаленню лікування та впровадженню інноваційних підходів у стоматологічну практику.

Результати. Актуальність діагностики оклюзійних порушень зумовлюється високою поширеністю стоматологічних дефектів та необхідністю відновлення функціональної взаємодії зубних рядів. Традиційні методи (відбитки, артикуляційний аналіз) характеризуються суб'єктивністю та можуть спричиняти похибки під час виготовлення протезів. Використання цифрових технологій, зокрема інтраоральних сканерів (IOS) і систем комп'ютерного аналізу оклюзії, відкриває нові можливості для об'єктивного оцінювання.

Ці технології забезпечують отримання високоточних 3D-моделей зубних рядів, аналіз контактних точок і динаміки жувальної функції, що зменшує ризик ускладнень. Інтраоральні сканери дозволяють здійснювати швидке та комфортне сканування, хоча точність результатів залежить від типу пристрою, техніки виконання й досвіду оператора. Віртуальні оклюзійні записи демонструють перспективні результати, проте їх достовірність визначається якістю сканування, алгоритмами програмного забезпечення та індивідуальними особливостями прикусу. Похибки найчастіше виникають під час сканування повної дуги, тоді як у межах одного квадранта точність є вищою. Система T-Scan III вважається «золотим стандартом» цифрового аналізу, оскільки забезпечує дані про амплітуду та розподіл сил у режимі реального часу. Система Medit I600 орієнтована переважно на морфологічне відтворення оклюзії та визначення ступеня перекриття зубів. Обидві технології надають різні, проте взаємодоповнювальні дані. Додатково 3D-сканування може застосовуватися для діагностики оклюзійного карієсу, демонструючи ефективність, зіставну з результатами клінічного огляду. Це створює передумови для ширшого впровадження цифрових технологій не лише в протезуванні й ортодонтії, а й у скринінгових програмах.

Висновки. Сучасні цифрові технології – інтраоральні сканери (IOS) та системи аналізу оклюзії – забезпечують об'єктивну й високоточну діагностику завдяки створенню тривимірних моделей зубних рядів і відтворенню взаємодії зубних дуг. Віртуальні оклюзійні записи (VOR), отримані за допомогою IOS, узгоджуються з традиційними методами, проте їх точність залежить від технології сканування, алгоритмів програмного забезпечення, техніки виконання та індивідуальних особливостей пацієнта.

Система T-Scan III вважається «золотим стандартом», оскільки дає змогу оцінювати силу, розподіл і динаміку контактів у реальному часі. Водночас Medit I600 забезпечує високу точність статичного аналізу та морфологічного відтворення. Зазначені системи взаємодоповнюють одна одну: T-Scan III надає дані щодо функціональної динаміки, тоді як Medit I600 – щодо анатомічної точності.

Поєднане застосування цифрових технологій підвищує якість діагностики, сприяє стандартизації процедур, скорочує тривалість лікування та відкриває перспективи використання в телемедицині й скринінгових програмах.

Ключові слова: оклюзія, методи сканування, 3D-сканери.

O.Y. Rivis,

PhD in Medicine, Assistant Professor,
Department of Pediatric Dentistry,
Educational-scientific Institute of Dentistry
and Laboratory Medicine,
Uzhhorod National University,
14 Universytetska street, Uzhhorod, Ukraine, postal code
88000, stomatolog2@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-4588-1273

M.V. Popov,

Assistant, Pediatric Dentistry Department, Dental Faculty,
Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University,
56 Pirogova street, Vinnytsia, Ukraine, postal code 21018,
max880977@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3247-1520

D.M. Kasianenko,

PhD in Medicine, Associate Professor,
Department of Pediatric Dentistry,
Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University,
56 Pirogova street, Vinnytsia, Ukraine, postal code 21018,
ortovin@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-6559-0408

EFFECTIVENESS OF DIGITAL SCANNERS IN THE DIAGNOSIS OF OCCLUSAL DISORDERS

Objective. To determine the effectiveness of digital scanners in the diagnosis of occlusal disorders based on an analysis of recent scientific literature.

Materials and Methods. The analysis was conducted using leading international databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, SpringerLink, ACS Publications, ScienceDirect, and Wiley Online Library. The literature search covered the period from January 2021 to September 2025.

Scientific Novelty. Current studies indicate that the prevalence of tooth loss due to complications of dental caries and periodontal disease reaches 95%, while partial edentulism is detected in 81.3% of patients aged 33–46 years. One of the major contributing factors to the development of dentoalveolar pathology is occlusal trauma. The identification of premature and excessive occlusal contacts has significant clinical value, as delayed correction may lead to pulp damage and the formation of hard tissue defects such as wedge-shaped lesions and pathological attrition, particularly following prosthetic treatment.

Traditional methods of occlusal analysis (articulator-mounted models, occlusograms, and contact registration on teeth) lack sufficient accuracy and do not allow real-time evaluation. Therefore, studies on the effectiveness of digital technologies in diagnosing occlusal disorders are highly relevant, as they improve diagnostic precision, enhance treatment outcomes, and promote the introduction of innovative approaches in dental practice.

Results. The relevance of diagnosing occlusal disorders is underscored by the high prevalence of dental defects and the need to restore the functional interaction of dental arches. Traditional techniques (impressions, articulatory analysis) are subjective and prone to errors during

prosthesis fabrication. The use of digital technologies, particularly intraoral scanners (IOS) and computerized occlusal analysis systems, provides new opportunities for objective assessment.

These technologies enable the acquisition of highly accurate 3D models of dental arches, analysis of contact points, and evaluation of masticatory function dynamics, which reduces the risk of complications. Intraoral scanners ensure rapid and comfortable scanning; however, accuracy depends on the type of device, operator technique, and clinical experience. Virtual occlusal records (VOR) show promising results, although their reliability is influenced by scanning quality, software algorithms, and individual occlusal features. Errors are most commonly observed during full-arch scanning, whereas quadrant-level scanning demonstrates higher accuracy.

The T-Scan III system is regarded as the “gold standard” for digital occlusal analysis, as it provides real-time data on the amplitude and distribution of occlusal forces. In contrast, the Medit I600 system is primarily designed for morphological reproduction of occlusion and evaluation of tooth overlap. Both technologies generate distinct yet complementary data. Additionally, 3D scanning can be applied in the diagnosis of occlusal caries, showing effectiveness comparable to clinical examination. This expands the potential of digital technologies beyond prosthetics and orthodontics to screening programs as well.

Conclusions. Modern digital technologies, such as intraoral scanners (IOS) and occlusal analysis systems, ensure objective and highly accurate diagnosis by generating three-dimensional models of dental arches and reproducing arch interactions. Virtual occlusal records obtained using IOS are consistent with conventional methods; however, their accuracy depends on scanning technology, software algorithms, operator technique, and patient-specific factors.

The T-Scan III system is considered the “gold standard” because it allows evaluation of occlusal force, distribution, and dynamics in real time. Meanwhile, the Medit I600 system provides precise static analysis and morphological reproduction. These systems complement one another: T-Scan III supplies data on functional dynamics, whereas Medit I600 emphasizes anatomical accuracy.

The combined use of digital technologies enhances diagnostic quality, contributes to the standardization of procedures, reduces treatment time, and creates opportunities for application in telemedicine and screening programs.

Key words: occlusion, scanning methods, 3D scanners.

Постановка проблеми. За даними сучасних досліджень, поширеність випадків втрати зубів унаслідок ускладнень карієсу та захворювань тканин пародонта нині становить близько 95%. Часткову відсутність зубів виявлено у 81,3% пацієнтів вікової групи 33–46 років [1]. Однією з провідних причин розвитку патології зубощелепної системи є оклюзійна травма [2]. Актуальність раннього виявлення передчасних і надмірних контактів зумовлена можливими ускладненнями у функці-

онуванні зубощелепної системи, які виникають через порушення оклюзійних взаємовідносин зубів і зубних рядів [3]. Несвоєчасне усунення травматичної оклюзії спричиняє розвиток патології пульпи та дефектів твердих тканин зубів (клиноподібні дефекти, патологічна стертість твердих тканин тощо) у найближчі та віддалені терміни після проведення протезування в пацієнтів із дефектами зубних рядів (вторинна часткова адентія) [4].

Застосування традиційних методів і методик визначення оклюзійних контактів, зокрема поєднання діагностичних моделей та артикулятора, реєстрації й аналізу оклюзійних контактів на робочих оклюдограмах і безпосередньо на твердих тканинах зубів пацієнта, а також отримання оглядових оклюдограм, не забезпечує можливості в режимі реального часу точно визначати ключові показники оклюзійних взаємовідносин зубів [5; 6]. Тож дослідження ефективності цифрових методів оцінювання оклюзії набуває особливої актуальності, оскільки сприяє підвищенню точності лікувальних втручань, оптимізації функціональних і естетичних результатів, а також інтеграції інноваційних технологій у клінічну практику сучасної стоматології.

Матеріали та методи. Для здійснення аналітичного огляду було використано провідні міжнародні наукові бази даних, зокрема PubMed, Scopus, Web of Science, SpringerLink, ACS Publications, ScienceDirect та Wiley Online Library. Вибірка охоплювала публікації за період із січня 2021 р. до вересня 2025 р. У пошуку застосовувалися ключові слова українською та англійською мовами: «оклюзія» (occlusion), «методи сканування» (scanning methods), «3D-сканери» (3D scanners).

Результати та їх обговорення. Актуальність проблеми діагностики оклюзійних порушень зумовлена високим рівнем поширеності стоматологічних дефектів та потребою у відновленні точної функціональної взаємодії зубних рядів [7]. Традиційні методи оцінювання оклюзії, що передбачають застосування відбиткових матеріалів для отримання відбитків із подальшим артикуляційним аналізом, нині розглядаються як суб'єктивні та не досить надійні. На думку дослідників, така практика може зумовлювати похибки у виготовленні конструкцій зубних протезів [8; 9].

Аналіз опублікованих джерел дав змогу встановити, що розвиток цифрових технологій, зокрема інтраоральних сканерів та комп'ютеризованих систем аналізу оклюзії, відкриває нові можли-

вості для об'єктивного визначення оклюзійних взаємовідносин [10]. Використання цих систем забезпечує отримання високоточних тривимірних моделей зубних рядів, дає змогу аналізувати контактні точки та динаміку жувальної функції, що підвищує діагностичну точність і знижує ризик ускладнень під час ортопедичного та ортодонтичного лікування [11; 12].

А. А. Томака (А. А. Tomaka), Л. Лучовські (L. Luchowski), М. Тарнавські (M. Tarnawski), Д. Пойда (D. Pojda) зазначають, що, крім клінічної ефективності, сучасні цифрові сканери сприяють стандартизації діагностичних процедур і оптимізації робочого часу як лікаря-стоматолога-ортопеда, так і зубного техника, що має особливе значення в умовах сучасної стоматологічної практики [13]. Надалі пропонуємо розглянути та проаналізувати цифрові сканери, які натеper застосовуються в стоматології. Передусім варто звернути увагу на інтраоральні сканери (intraoral scanners, IOS), що стали провідним інструментом для отримання цифрових відбитків зубних рядів. Використання IOS забезпечує високу точність і швидкість сканування, зменшує дискомфорт пацієнта та скорочує час оброблення даних. Водночас точність результатів залежить від низки чинників, серед яких – тип сканера, техніка його застосування та рівень кваліфікації оператора [13]. У процесі реєстрації оклюзійних співвідношень верхня та нижня щелепи пацієнта фіксуються у визначеному лікарем положенні. Одночасно інтраоральний сканер (intraoral scanner, IOS) здійснює сканування щічної поверхні зубних дуг, а отримані дані використовуються для об'єднання сканів обох щелеп. На основі відтвореного взаємного розташування зубних дуг можуть бути виготовлені зубні реставрації.

Ключовим етапом є точне перенесення міжоклюзійного положення в програмне забезпечення CAD-CAM, що забезпечує створення клінічно коректних реставрацій із правильною оклюзійною морфологією. Це своєю чергою дає змогу мінімізувати потребу в корекції оклюзії під час лікування в стоматологічному кріслі. Віртуальні оклюзійні записи, отримані за допомогою IOS, демонструють перспективні результати щодо відтворення точності [14].

За даними досліджень І. Л. Скрипника та К. Г. Кривовського, встановлено високий рівень узгодженості результатів віртуальних оклюзійних записів із традиційними методами. Визначальними чинниками, що впливають на точність цих записів, є бренд сканера, застосована технологія

зображення, якість сканування, алгоритми програмного забезпечення, а також кількість секцій і розмір віртуального оклюзійного запису [15].

Помилки під час виконання віртуальних оклюзійних записів у разі сканування повної альвеолярної дуги можуть бути зумовлені як варіаціями індивідуальних даних сканування, так і похибками, що виникають під час реєстрації прикусу в бічних ділянках. Важливо враховувати, що неточності у вихідних даних сканування можуть призводити до спотворень віртуальних записів. У випадку викривлення зубних дуг алгоритм оклюзійного зіставлення має забезпечувати максимально можливу відповідність між двома щелепно-лицевими зображеннями; за відсутності такої відповідності точність результатів істотно знижується.

Отже, за одноприкусного сканування похибки розподіляються меншою мірою по всій зубній дузі, що робить цей підхід доцільним, особливо коли стоматологічне втручання обмежується одним квадрантом [14; 15].

Система T-Scan III, призначена для комп'ютеризованого аналізу оклюзії, була створена Манессом у 1987 році. Її ключова функція полягає у вимірюванні оклюзійних сил у режимі реального часу з використанням внутрішньоротового сенсора [16]. Перше покоління датчиків (G1), розроблене в той самий рік, згодом неодноразово вдосконалювалося. Конструктивні зміни та покращення функціональних можливостей здійснювалися на основі результатів клінічних досліджень. Найновіші сенсори відзначаються підвищеною чутливістю та значно меншою товщиною (105 мкм), що забезпечує точніше відтворення оклюзійних параметрів порівняно з попередніми моделями [16].

Важливість оклюзійного аналізу полягає в його застосуванні для діагностики та визначення оклюзійних схем у протезному лікуванні [16], ортодонтії та суміжних напрямках стоматології [17]. У дослідженні, проведеному Д. Е. Владуту (D. E. Vlăduțu) та співавторами [18], оцінювалися особливості оклюзії за допомогою системи T-Scan у групі студентів-стоматологів у Румунії. Отримані дані підтвердили високий діагностичний потенціал цієї цифрової технології, що нині розглядається як «золотий стандарт» в оцінюванні оклюзійних співвідношень.

Первинна конструкція системи T-Scan III зазнала суттєвих модифікацій і вдосконалень як у програмному, так і в апаратному забезпеченні, що дало змогу створити її сучасну версію [16; 17].

Програмне забезпечення системи ґрунтується на використанні графічного інтерфейсу.

Якщо T-Scan III забезпечує отримання даних про локалізацію оклюзійних контактів, їх динаміку, амплітуду сил і розподіл на рівні зубних дуг, то внутрішньоротовий сканер Medit I600 фіксує положення оклюзійних контактів і ступінь перекриття оклюзійних елементів [18].

На основі результатів оптичного сканування та з урахуванням морфології аналізованих зубних дуг можна зробити висновок, що такі дані більшою мірою відображають ступінь кuspідації зубів (оклюзійну морфологію, яка визначає рівень перекриття), аніж самі оклюзійні контакти.

Система T-Scan III дає змогу отримувати дані про амплітуду оклюзійних сил, площу їх розподілу, динаміку оклюзійних контактів та пропорційний розподіл навантаження між половинами верхньої щелепи. Натомість Medit I600 забезпечує оцінювання оклюзійного інтерфейсу двох зубних дуг, акцентуючи увагу на ступені перекриття оклюзійних елементів [19].

Обидві системи пропонують різні підходи до аналізу оклюзії. Попри те, що T-Scan III нині вважається «золотим стандартом», подальші дослідження є необхідними для з'ясування діагностичної цінності даних, отриманих за допомогою Medit I600 [20; 21].

У літературі описано випадки, коли використання 3D-інтраорального сканування сприяло виявленню та класифікації оклюзійного карієсу, а також застосовувалося як складова частина скринінгу пацієнтів у межах дистанційного оцінювання каріозного процесу з клінічною та дослідницькою метою [22]. Візуальне оцінювання цифрових 3D-моделей зубів із відтворенням кольору або з використанням флуоресценції продемонструвало діагностичну ефективність, зіставну з результатами традиційного клінічного огляду, під час виявлення та класифікації оклюзійних каріозних уражень постійних зубів.

Висновки. Результати аналізу дозволяють сформулювати низку висновків щодо ефективності традиційних та цифрових методів діагностики оклюзійних порушень. Така діагностика залишається однією з ключових проблем сучасної стоматології, оскільки неточність у визначенні оклюзійних контактів може спричинити ускладнення під час виготовлення та функціонування ортопедичних конструкцій, а також призводити до дисфункцій жувального апарату. Традиційні методи оцінювання оклюзії (відбитки, артикуляційний аналіз) характеризуються недостатньою

точністю і високим рівнем суб'єктивності, що істотно обмежує їх клінічну ефективність.

Інтраоральні сканери (IOS) та цифрові системи аналізу оклюзії відкривають нові можливості для об'єктивної та високоточної діагностики. Вони забезпечують формування 3D-моделей зубних рядів, дають змогу оцінювати оклюзійні контакти та відтворювати взаємодію зубних дуг у цифровому середовищі. Віртуальні оклюзійні записи (VOR), отримані за допомогою IOS, демонструють високу узгодженість із традиційними методами, проте їх точність залежить від низки чинників: технології сканування, алгоритмів програмного забезпечення, техніки виконання та індивідуальних анатомічних особливостей пацієнта.

Система T-Scan III залишається «золотим стандартом» у діагностиці оклюзії, оскільки дає змогу оцінювати силу, площу розподілу та динаміку контактів у режимі реального часу. Водночас Medit I600 забезпечує високу точність статичного аналізу, визначаючи ступінь перекриття оклюзійних елементів і відтворюючи морфологічні особливості зубних дуг із високою деталізацією.

Обидві системи є не взаємозамінними, а взаємодоповнювальними: T-Scan III забезпечує отримання даних про функціональну динаміку, тоді як Medit I600 – про анатомічну точність і просторові співвідношення зубних рядів. Їх поєднане застосування дозволяє сформулювати найбільш повне уявлення про оклюзійні взаємовідносини.

Використання цифрових технологій у діагностиці оклюзії сприяє стандартизації клінічних процедур, скороченню часу лікування, підвищенню якості протезування й ортодонтичного втручання. Крім того, це відкриває перспективи інтеграції в телемедицину та скринінгові програми.

Література:

1. Popa A.-D., Vlăduțu D.E., Turcu A.A., Târtea D.A., Ionescu M., Păunescu C., Stan R.S., Mercuț V. Aspects of occlusal recordings performed with the T-Scan system and with the Medit intraoral scanner. *Diagnostics*. 2024. Vol. 14, Iss. 13. P. 1457. URL: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14131457> (date of access: 19.09.2025).
2. Srivastava G., Padhiary S.K., Mohanty N., Molinero-Mourelle P., Chebib N. Accuracy of intraoral scanner for recording completely edentulous arches—a systematic review. *Dentistry Journal*. 2023. Vol. 11, Iss. 10. P. 241. URL: <https://doi.org/10.3390/dj11100241> (date of access: 19.09.2025).
3. Yu C., Zhang C., Wang Y., et al. Impact of scanning strategies on the accuracy of virtual interocclusal records in partially edentulous arch using intraoral scanner: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. P. 1184. URL: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04927-x> (date of access: 19.09.2025).
4. Ma J., Zhang B., Song H., et al. Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *International Journal of Implant Dentistry*. 2023. Vol. 9. P. 48. URL: <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00517-8> (date of access: 19.09.2025).
5. Dib Zakkour J., Dib Zakkour S., Montero J., García-Cenador B., Flores-Fraile J., Dib Zaitun A. Digital analysis of occlusion in fixed partial implant prostheses: How to overcome age-related changes in the stomatognathic system. *Prosthesis*. 2024. Vol. 6, Iss. 1. P. 119–134. URL: <https://doi.org/10.3390/prosthesis6010010> (date of access: 19.09.2025).
6. Pesce P., Nicolini P., Caponio V.C.A., Zecca P.A., Canullo L., Isola G., Baldi D., De Angelis N., Menini M. Accuracy of full mouth intraoral scanning compared to conventional impression: a systematic review with meta-analysis and proposal for standardization of accuracy analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2025. Vol. 14, Iss. 1. P. 71. URL: <https://doi.org/10.3390/jcm14010071> (date of access: 19.09.2025).
7. Ярова С.П., Турченко С.О., Яров Ю.Ю., Комлев А.А. Статична та динамічна оклюзія. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2023. 142 с. DOI: <https://doi.org/10.36074/StDO-monograph.2023>
8. Біда О.В., Біда О.В., Забуга Ю.І., Біда В.І., Кравченко Я.В. Вплив локальних чинників на порушення параметрів оклюзії під час заміщення дефектів коронок зубів і зубних рядів незнімними зубними протезами. *Сучасна стоматологія*. 2025. № 3. С. 132–138. URL: <https://doi.org/10.33295/1992-576X-2025-3-132> (дата звернення: 19.09.2025).
9. Біда О.В., Біда О.В. Оцінка характеру оклюзійних співвідношень на етапах ортопедичної реабілітації осіб із захворюваннями тканин пародонта, ускладнених дефектами зубних рядів. *Український стоматологічний альманах*. 2021. № 1. С. 59–63.
10. Revilla-León M., Kois D.E., Zeitler J.M., Att W., Kois J.C. An overview of the digital occlusion technologies: Intraoral scanners, jaw tracking systems, and computerized occlusal analysis devices. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2023. Vol. 35, Iss. 5. P. 735–744. URL: <https://doi.org/10.1111/jerd.13044> (date of access: 19.09.2025).
11. Chinam N., Bekkali M., Kallas M., Li J. Virtual occlusal records acquired by using intraoral scanners: A review of factors that influence maxillo-mandibular relationship accuracy. *Journal of Prosthodontics*. 2023. Vol. 32, Suppl. 2. P. 192–207. URL: <https://doi.org/10.1111/jopr.13787> (date of access: 19.09.2025).
12. Shopova D., Bakova D., Yordanova S., Yordanova M., Uzunov T. Digital analysis of occlusion after orthodontic treatment: possibilities of the intraoral

scanner and the T-Scan Novus system. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, Iss. 7. P. 4335. URL: <https://doi.org/10.3390/app13074335> (date of access: 19.09.2025).

13. Tomaka A.A., Luchowski L., Tarnawski M., Pojda D. Computer-aided design of personalized occlusal positioning splints using multimodal 3D data. *arXiv*. 2025. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12868> (date of access: 19.09.2025).

14. Morsy N., El Kateb M. Accuracy of intraoral scanners for static virtual articulation: a systematic review and meta-analysis of multiple outcomes. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.09.005> (date of access: 19.09.2025).

15. Скрипник І.Л., Кримовський К.Г. Клінічні аспекти використання цифрового 3D внутрішньоротного сканування. *Oral and General Health*. 2025. Т. 1, № 6. С. 10–15. URL: <https://doi.org/10.22141/ogh.6.1.2025.211> (дата звернення: 19.09.2025).

16. Bostancıoğlu S.E., Toğay A., Tamam E. Comparison of two different digital occlusal analysis methods. *Clinical Oral Investigations*. 2022. Vol. 26, Iss. 2. P. 2095–2109. URL: <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04191-1> (date of access: 19.09.2025).

17. Fraile C., Ferreiroa A., Romeo Rubio M., Alonso R., Pradies Ramiro G. Clinical study comparing the accuracy of interocclusal records, digitally obtained by three different devices. *Clinical Oral Investigations*. 2022. Vol. 26, Iss. 6. P. 4663–4668. URL: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04542-6> (date of access: 19.09.2025).

18. Vlăduțu D.E., Ionescu M., Noveri L., Manolea H.O., Scricciu M., Popescu S.M., Turcu A.A., Ștefăreț A., Lăzărescu G., Mercur V. Aspects of dental occlusion assessed with the T-Scan system among a group of Romanian dental students in a cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20, Iss. 6. P. 4877. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph20064877> (date of access: 19.09.2025).

19. Kaewbuasa N., Ongthiemsak C. Effect of different arch widths on the accuracy of three intraoral scanners. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2021. Vol. 13, Iss. 4. P. 205–215. URL: <https://doi.org/10.4047/jap.2021.13.4.205> (date of access: 19.09.2025).

20. Button H., Kois J.C., Barmak A.B., Zeitler J.M., Rutkunas V., Revilla-León M. Scanning accuracy and scanning area discrepancies of intraoral digital scans acquired at varying scanning distances and angulations among 4 different intraoral scanners. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024. Vol. 132, Iss. 5. P. 1044–1060. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.01.025> (date of access: 19.09.2025).

21. Revilla-León M., Fernández-Estevan L., Barmak A.B., Kois J.C., Pérez-Barquero J.A. Accuracy of the maxillomandibular relationship at centric relation

position recorded by using 3 different intraoral scanners with or without an optical jaw tracking system: an in vivo pilot study. *Journal of Dentistry*. 2023. Vol. 132. P. 104478. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104478> (date of access: 19.09.2025).

22. Revilla-León M., Gómez-Polo M., Barmak A.B., Kois J.C., Yilmaz B., Alonso Pérez-Barquero J. Influence of occlusal collision corrections completed by two intraoral scanners or a dental design program on the accuracy of the maxillomandibular relationship. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024. Vol. 132, Iss. 1. P. 191–203. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.05.015> (date of access: 19.09.2025).

References:

1. Popa, A.-D., Vlăduțu, D. E., Turcu, A. A., Târtea, D. A., Ionescu, M., Păunescu, C., Stan, R. S., & Mercur, V. (2024). Aspects of occlusal recordings performed with the T-Scan system and with the Medit intraoral scanner. *Diagnostics*, 14(13), 1457. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/diagnostics14131457>

2. Srivastava, G., Padhiary, S. K., Mohanty, N., Molinero-Mourelle, P., & Chebib, N. (2023). Accuracy of intraoral scanner for recording completely edentulous arches—a systematic review. *Dentistry Journal*, 11(10), 241. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/dj11100241>

3. Yu, C., Zhang, C., Wang, Y., et al. (2024). Impact of scanning strategies on the accuracy of virtual interocclusal records in partially edentulous arch using intraoral scanner: An in vitro study. *BMC Oral Health*, 24, 1184. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04927-x>

4. Ma, J., Zhang, B., Song, H., et al. (2023). Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: A systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *International Journal of Implant Dentistry*, 9, 48. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00517-8>

5. Dib Zakkour, J., Dib Zakkour, S., Montero, J., García-Cenador, B., Flores-Fraile, J., & Dib Zaitun, A. (2024). Digital analysis of occlusion in fixed partial implant prostheses: How to overcome age-related changes in the stomatognathic system. *Prosthesis*, 6(1), 119–134. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/prosthesis6010010>

6. Pesce, P., Nicolini, P., Caponio, V. C. A., Zecca, P. A., Canullo, L., Isola, G., Baldi, D., De Angelis, N., & Menini, M. (2025). Accuracy of full mouth intraoral scanning compared to conventional impression: A systematic review with meta-analysis and proposal for standardization of accuracy analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14(1), 71. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/jcm14010071>

7. Yarova, S. P., Turchenko, S. O., Yarov, Yu. Yu., & Komlev, A. A. (2023). Statychna ta dynamichna okliuziia [Static and dynamic occlusion]. Vinnytsia: Yevropeiska naukova platforma. Retrieved from <https://doi.org/10.36074/StDO-monograph.2023> [in Ukrainian]

8. Bida, O. V., Bida, O. V., Zabuga, Yu. I., Bida, V. I., & Kravchenko, Ya. V. (2025). Vplyv lokalnykh chynnykh na porushennia parametriv okliuzii pid chas zamishchennia defektiv koronok zubiv i zubnykh riadiv nezniimnymi zubnymi protezamy [Influence of local factors on occlusal parameter disorders during replacement of crown and dental arch defects with fixed prostheses]. *Suchasna stomatolohiia – Modern Dentistry*, (3), 132–138. Retrieved from <https://doi.org/10.33295/1992-576X-2025-3-132> [in Ukrainian]
9. Bida, O. V., & Bida, O. V. (2021). Otsinka kharakteru okliuziinykh spivvidnoshen na etapakh ortopedychnoi reabilitatsii osib iz zakhvoriuvanniamy tkanyn parodonta, uskladnennykh defektamy zubnykh riadiv [Evaluation of occlusal relationships at the stages of orthopedic rehabilitation of persons with periodontal diseases complicated by dental arch defects]. *Ukrainskyi stomatolohichnyi almanakh – Ukrainian Dental Almanac*, (1), 59–63. [in Ukrainian]
10. Revilla-León, M., Kois, D. E., Zeitler, J. M., Att, W., & Kois, J. C. (2023). An overview of the digital occlusion technologies: Intraoral scanners, jaw tracking systems, and computerized occlusal analysis devices. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(5), 735–744. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jerd.13044>
11. Chinam, N., Bekkali, M., Kallas, M., & Li, J. (2023). Virtual occlusal records acquired by using intraoral scanners: A review of factors that influence maxillo-mandibular relationship accuracy. *Journal of Prosthodontics*, 32(S2), 192–207. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jopr.13787>
12. Shopova, D., Bakova, D., Yordanova, S., Yordanova, M., & Uzunov, T. (2023). Digital analysis of occlusion after orthodontic treatment: Possibilities of the intraoral scanner and the T-Scan Novus system. *Applied Sciences*, 13(7), 4335. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/app13074335>
13. Tomaka, A. A., Luchowski, L., Tarnawski, M., & Pojda, D. (2025). Computer-aided design of personalized occlusal positioning splints using multimodal 3D data. *arXiv*. Retrieved from <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12868>
14. Morsy, N., & El Kateb, M. (2022). Accuracy of intraoral scanners for static virtual articulation: A systematic review and meta-analysis of multiple outcomes. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.09.005>
15. Skrypnik, I. L., & Krymovskyi, K. H. (2025). Klinichni aspekty vykorystannia tsyfrovoho 3D vnutrish-norotovoho skanuvannia [Clinical aspects of digital 3D intraoral scanning]. *Oral and General Health*, 1(6), 10–15. Retrieved from <https://doi.org/10.22141/ogh.6.1.2025.211> [in Ukrainian]
16. Bostancioğlu, S. E., Toğay, A., & Tamam, E. (2022). Comparison of two different digital occlusal analysis methods. *Clinical Oral Investigations*, 26(2), 2095–2109. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04191-1>
17. Fraile, C., Ferreiroa, A., Romeo Rubio, M., Alonso, R., & Pradies Ramiro, G. (2022). Clinical study comparing the accuracy of interocclusal records, digitally obtained by three different devices. *Clinical Oral Investigations*, 26(6), 4663–4668. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04542-6>
18. Vlăduțu, D. E., Ionescu, M., Noveri, L., Manolea, H. O., Scricciu, M., Popescu, S. M., Turcu, A. A., Ștefăruță, A., Lăzărescu, G., & Mercuț, V. (2023). Aspects of dental occlusion assessed with the T-Scan system among a group of Romanian dental students in a cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4877. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijerph20064877>
19. Kaewbuasa, N., & Ongthiemsak, C. (2021). Effect of different arch widths on the accuracy of three intraoral scanners. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 13(4), 205–215. Retrieved from <https://doi.org/10.4047/jap.2021.13.4.205>
20. Button, H., Kois, J. C., Barmak, A. B., Zeitler, J. M., Rutkunas, V., & Revilla-León, M. (2024). Scanning accuracy and scanning area discrepancies of intraoral digital scans acquired at varying scanning distances and angulations among 4 different intraoral scanners. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(5), 1044–1060. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.01.025>
21. Revilla-León, M., Fernández-Estevan, L., Barmak, A. B., Kois, J. C., & Pérez-Barquero, J. A. (2023). Accuracy of the maxillomandibular relationship at centric relation position recorded by using 3 different intraoral scanners with or without an optical jaw tracking system: An in vivo pilot study. *Journal of Dentistry*, 132, 104478. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104478>
22. Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Barmak, A. B., Kois, J. C., Yilmaz, B., & Alonso Pérez-Barquero, J. (2024). Influence of occlusal collision corrections completed by two intraoral scanners or a dental design program on the accuracy of the maxillomandibular relationship. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(1), 191–203. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.05.015>