УДК 616.314
DOI https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-5

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

Горзов Семен Степанович,
старший викладач кафедри дитячої стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-9332-8106
м. Ужгород, Україна

Лях Артур Іванович,
аспірант кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0009-0004-7987-2772
м. Ужгород, Україна

Стойка Василь Васильович,
аспірант кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0009-0001-9171-2980
м. Ужгород, Україна

Вплив брекетів на показники точності інтраорального сканування: дані літератури та клінічні спостереження

Вступ. В літературі відмічається дефіцит досліджень узагальнюючого характеру, які б сприяли систематизації та уточненню даних щодо впливу брекетів на показники точності інтраорального сканування, тим самим визначаючи можливість та доцільність застосування даної технології з діагностичною та моніторинговою метою серед ортодонтичних пацієнтів.

Мета дослідження. Проаналізувати доступні дані щодо впливу брекетів на показники правдивості та прецизійності при інтраоральному скануванні, а також систематизувати клінічні спостереження щодо можливостей застосування інтраорального сканування при наявності незнімних ортодонтичних конструкцій.

Матеріали та методи. Відібрані в ході первинного пошуку публікації підлягали контент-аналізу у відповідності до наступний категорій: зміни показників точності, правдивості та прецизійності результатів інтраорального сканування за умов наявності брекет-системи; параметри брекет-систем, які впливають на показники точності інтраорального сканування; рівні відтворення геометричних параметрів брекетів з використанням технології інтраорального сканування.

Результати досліджень та їх обговорення. Наявність брекет-систем асоційовано із зростанням рівнів відхилень результатів інтраорального сканування відносно об'єктивних розмірних параметрів структур ротової порожнини, проте діапазон таких девіацій в умовах використання даних інтраорального сканування з метою контролю процесу ортодонтичного лікування є клінічно-незначущими. Лінгвальне положення брекетів провокує вищі рівні девіацій результатів інтраорального сканування відносно об'єктивних розмірів структур ротової порожнини, аніж їх вестибулярне положення. Доступні технології інтраорального сканування характеризуються обмеженими можливостями щодо належного рівня репродукції геометричних характеристик брекетів в цифровому середовищі, що відповідно обмежує можливість використання відсканованих брекетів у якості реперних орієнтирів для проведення подальшої суперімпозиції інтраоральних сканів, отриманих у різні періоди часу, з метою моніторингу змін ротової порожнини в ході ортодонтичного лікування.

Висновки. Результати досліджень вказують на те, що відхилення від фактичних розмірних параметрів окремих ділянок щелеп в умовах проведення інтраорального сканування пацієнтів із наявними брекетами потенційно можуть перевищувати 1 мм, що є критичним за умови, якщо отримані дані сканування передбачено використовувати в подальшому для планування хірургічних, імплантологічних чи протетичних втручань. Відтак при потребі планування подальшого комплексного стоматологічного лікування пацієнтів, які користуються незнімною ортодонтичною апаратурою, доцільним є вилучення такої перед проведенням інтраорального сканування; в умовах, коли сканування проводиться лише для контролю результатів ортодонтичних втручань вилучення ортодонтичної апаратури є необов'язковим, проте відхилення від фактичних розмірів окремих структур ротової порожнини потенційно можуть сягати 1 мм.

Ключові слова: інтраоральне сканування, брекети, точність, правдивість, презиційність, стоматологічне лікування, ортодонтичне лікування, діагностика, ротова порожнина.

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

Horzov Semen Stepanovych, Senior lecturer at the Department of Pediatric Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-9332-8106, Uzhhorod, Ukraine

Liakh Artur Ivanovych, Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0009-0004-7987-2772, Uzhhorod, Ukraine

Stoyka Vasyl Vasylyovich, Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University», ORCID ID: 0009-0001-9171-2980, Uzhhorod, Ukraine

The influence of brackets on the accuracy of intraoral scanning: literature data and clinical observations

Introduction. The literature shows a lack of generalizing studies that would help to systematize and clarify data regarding the influence of brackets on the accuracy of intraoral scanning, thereby determining the possibility and feasibility of using this technology for diagnostic and monitoring purposes among orthodontic patients.

Objective of the research. To analyze available data regarding the influence of brackets on the trueness and precision of intraoral scanning, as well as to systematize clinical observations on the possibilities of using intraoral scanning in the presence of fixed orthodontic appliances.

Materials and methods. The publications selected during the initial search were subject to further content analysis in accordance with the following categories: changes in the accuracy, trueness and precision of intraoral scanning results in the presence of brackets systems; brackets systems' parameters that affect the accuracy of intraoral scanning; levels of brackets' geometric parameters reproduction with the use of intraoral scanning technology.

Results and discussions. The presence of a brackets system is associated with an increase in the levels of deviations within intraoral scanning results in regards to objective dimensional parameters of the oral cavity structures, however, these deviations in the conditions of using intraoral scanning data to control the process of orthodontic treatment are clinically insignificant. The lingual position of the brackets provokes higher levels of deviations of intraoral scanning results in regards to the objective dimensions of oral cavity structures compared to the vestibular brackets position. Available intraoral scanning technologies are characterized by the limited capabilities regarding the proper level of reproducing geometric characteristics of brackets themselves within digital environment, which limits the possibility of using scanned brackets as reference landmarks for further superimposition of intraoral scans obtained at different periods of time in order to monitor changes in the oral cavity during orthodontic treatment.

Conclusions. Results of some studies indicated that deviations from the actual dimensional parameters of individual jaw areas in the conditions of intraoral scanning of patients with orthodontic brackets potentially may exceed 1 mm, which is critical if the obtained scanning data are intended to be used in the future for planning surgical, implantological or prosthetic interventions. Therefore, if it is necessary to plan further complex dental treatment of patients who are using fixed orthodontic appliances, it is advisable to remove brackets before conducting intraoral scanning; in conditions when scanning is performed only to control the results of orthodontic interventions, removal of orthodontic appliances is optional, however, deviations from the actual dimensions of individual structures of the oral cavity potentially may reach 1 mm.

Key words: intraoral scanning, brackets, accuracy, trueness, precision, dental treatment, orthodontic treatment, diagnostics, oral cavity.

Вступ. Інтраоральне сканування (ІОС) представляє собою технологію неінвазивної цифрової реплікації структур ротової порожнини, дані котрої в подальшому можуть бути використані з метою планування комплексу стоматологічних втручань хірургічного, ортопедичного чи ортодонтичного характеру [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Точність внутрішньоротового сканування визначається параметрами правдивості та прецизійності, які можуть варіювати за умов реалізації різних стратегій сканування, при дефіциті достатньої кількості фідуціальних елементів, при недотриманні параметрів мікроклімату в клінічному кабінеті, а також виходячи з особливостей та характеристик кожної окремої клінічної ситуації та цільового застосування інтраорального сканера [7, 8, 9].

Наявність металевих конструкцій в ротовій порожнині потенційно може провокувати розвиток похибок та дисторцій в ході інтраорального сканування, що в свою чергу знижує рівень точності отриманих даних щодо фактичних розмірних характеристик досліджуваних ділянок нижньої та верхньої щелеп [10, 11, 12].

Використання інтраорального сканування в ході ортодонтичного лікування незнімною апаратурою сприяє формуванню умов для належного експрес-контролю та моніторингу змін верхньої та нижньої щелеп, а також їх оклюзійних співвідношень, виключаючи потребу в отриманні аналогових відбитків та відливанні моделей, а також забезпечуючи накопичення діагностичних даних про пацієнта в цифровому середовищі [13, 14, 15].

Наразі в літературі відмічається дефіцит досліджень узагальнюючого характеру, які б сприяли систематизації та уточненню даних щодо впливу брекетів на показники точності інтраорального сканування, тим самим визначаючи можливість та доцільність застосування даної технології з діагностичною та моніторинговою метою серед ортодонтичних пацієнтів.

Мета. Проаналізувати доступні дані щодо впливу брекетів на показники правдивості та прецизійності при інтраоральному скануванні, а також систематизувати клінічні спостереження щодо можливостей застосування інтраорального сканування при наявності незнімних ортодонтичних конструкцій.

Матеріали та методи. Враховуючи вихідний дефіцит публікацій, присвячених питанню впливу брекетів на показники точності інтраорального сканування, з метою максимізації обсягу досліджуваної когорти наукових робіт первинний пошук таких проводився через сервіс Google Scholar (https://scholar.google.com/)

з використанням функцій розширеного пошуку та наступного набору ключових слів: “brackets”, “braces”, “intraoral scanning”, “accuracy”, “trueness”, “precision”.

Усі відібрані в ході первинного пошуку публікації підлягали контент-аналізу у відповідності до наступний категорій:

1) зміни показників точності, правдивості та прецизійності результатів інтраорального сканування за умов наявності брекет-системи;

2) параметри брекет-системи, які впливають на показники точності інтраорального сканування;

3) рівні відтворення геометричних параметрів брекетів з використанням технології інтраорального сканування.

Екстраговані в ході проведеного контент-аналізу текстові та чисельні дані були систематизовані та категоризовані у табличному редакторі Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019, Microsoft, США).

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений пошук наукових публікацій, пов’язаних із метою даного дослідження, виявив лише 10 цільових наукових робіт, в яких прямо чи опосередковано були відображені дані, які стосувалися визначених категорій контент-аналізу.

Зокрема у розрізі дослідження впливу наявних брекетів на точність інтраорального сканування, Kang S.-J. та колеги засвідчили, що такі не провокували значних відхилень, а кумулятивний показник величини похибок результатів сканування не перевищував 0,3 мм при застосуванні апаратів iTero (0,22–0,3 мм) та Trios (0,20–0,29 мм) відповідно [16]. Ширина зубної дуги в проекції молярів та ікол, обрахована за даними інтраорального сканування при наявності брекетів, відрізнялася від такої, обрахованої за відсутності брекетів, і найбільш значущіше – в проекції молярів (0,22–0,25 мм). Крос-секційні зрізи ділянок безпосередньо в проекції брекетів підтвердили відхилення в 0,4 мм в горизонтальній площині та 0,35 мм у вертикальній площині [16]. Враховуючи це, дослідники резюмували, що тільки ті ділянки які знаходяться на відстані хоча б 0,5 мм від конструкції брекета, можуть бути використані з метою суперімпозиції зображень для порівняння результатів сканування, зареєстрованих у різні часові періоди.

У іншому ретроспективному клінічному дослідженні Kim Y.-K. було встановлено, що наявність брекетів провокує зростання рівня похибок точності IOC до 97±28 мкм на верхній щелепі та до 95±29 мкм на нижній щелепі, що статистично перевищує середні рівні похибок характерні для випадків повторного сканування щелеп без брекетів (57±8 мкм для верхньої щелепи та 59±14 мкм для нижньої щелепи відповідно), а також для випадків повторного сканування щелеп з брекетами [17].

В пілотному дослідженні Noh S. та Lim W.H. дослідники відмітили, що найбільші девіації відмічаються при порівняння даних інтраорального сканування до втручань та таких після фіксації брекетів та фіксації брекетів із встановленням дуги [18]. Попередньо було висунуто припущення, що наявність металевої дуги як такої потенційно може провокувати розвиток графічних дисторцій в проекції ділянок віддалених від самої дуги, відтак в області оклюзійних та лінгвальних поверхонь зубів, ініціюючи відхилення від фактичних розмірних характеристик та знижуючи параметр правдивості інтраорального скану [19]. Проте за даними Noh S. та Lim W.H. показники інтраорального сканування після фіксації брекетів та дуги не характеризувалися критичними змінами після порівняння таких із даними, отриманими в умовах сканування лише після фіксації брекетів [18].

У науковій роботі Park J.-M. було продемонстровано, що лінгвальні брекети провокують більшу дисторцію даних інтраорального сканування, аніж такі розташовані з вестибулярної сторони зубів [20]. В порівнянні із сканерами Zfx Intrascan та E4D Dentist, сканери iTero та Trios продемонстрували статистично вищі рівні точності (прецизійності та правдивості) в умовах наявних брекетів: в окремих випадках максимальні девіації перших двох згаданих сканерів перевищували 2 мм, тоді як максимальні рівні горизонтальної дисторції для iTero та Trios в умовах вестибулярного та лінгвального розміщення брекетів складали 0,36±0,31 мм та 0,49±0,56 мм, і 0,42±0,58 мм та 0,46±0,22 мм відповідно [20]. В пізнішому дослідженні Jung Y.R. та колег було встановлено, що наявність брекетів з вестибулярної сторони при використанні сканерів iTero та Trios практично не впливає на показники ширини щелепи виміряної в проекціях молярів та ікол навіть за умов наявності на брекетах металевої дуги [21].

Vargas A. та співавтори підтвердили достатню для ортодонтичних цілей точність цифрових інтаоральних сканів, отриманих в умовах наявної брекет-системи без зафіксованої дуги [22]. Авторам не вдалось виявити різниці між аналоговою моделлю, отриманою із альгінатного відбитка, внутрішньоротовим сканом зареєстрованим апаратом CEREC Omnicam та відсканованою гіпсовою моделлю в розрізі оцінки параметрів міжмолярної та міжіклової відстаней [22]. Проспективне дослідження Palone M. та співавторів також продемонструвало, що наявність брекетів та маталевих дуг не обмежує можливості використання технології інтраорального сканування з метою моніторингового контролю чи аналізу стану зубо-щелепового апарату в ході ортодонтичного лікування [19]. Так, усереднені значення девіацій відносно істинних показників міжіклової та міжмолярної відстаней не було статистично значущими в умовах наявних брекетів та брекетів із металевою дугою [19].

При цьому Heo H. та Kim M. підтвердили, що інтраоральне сканування в умовах наявних металевих брекетів займає на 53,3 с більше часу, ніж в ситуаціях без них, а при наявності монокристалінованих брекетів – на 194,23 с більше часу [23].

Selvaraj A. та колеги продемонстрували, що Medit i500 забезпечує належну репродуктивність розмірів самого брекета при скануванні пацієнтів з брекетами та порівнянні оцифрованих розмірів із об’єктивно встановленими. В той же час Trios 3 не зміг забезпечити належної репродуктивності розмірів самого брекета при цільнодуговому скануванні пацієнтів з брекетами (відмінність показників від істинних – 0,62 мм) [24].

Однак у дослідженні Shin S.-H. було відмічено іншу тенденцію: оцінюючи можливість відтворення ділянки слоту в структурі брекету сканери Primescan, Trios та CS3600 продемонстрували вищу точність, ніж та i500 [25]. При цьому вагомими параметрами у прогнозі точності відтворення параметрів слоту технологією інтраорального сканування також був параметр матеріалу виготовлення брекету: так, металеві, композитні та комбіновані композитно-металеві брекети характеризувалися нижчою точністю відтворення, ніж керамічні, тенденція до чого була відмічена серед більшості апробованих інтраоральних сканерів, хоча в межах зареєстрованої тенденції відмічалися значні варіації в залежності під позиції брекету та технології сканування [25].

В лабораторних умовах наявності слини дослідження Song J. та Kim M. підтвердили, що композитні та металеві брекети характеризуються найвищими рівнями девіації при використанні різних технологій сканування [12]. Окремі випадки відхилень розмірних характеристик щелеп сягали 1,5 мм, що може бути категоризовано як клінічно-значущий показник. В проведеному дослідженні також було виявлено, що максимальна середня девіація незалежно від технології сканування була виявлена у випадках сканування моделей з композитними (1,119±0,255 мм) та металевими брекетами (1,086±0,132 мм), а найменша – у випадках сканування моделей із керамічними брекетами (0,853±0,269 мм), хоча усереднені показники девіацій продемонстрували найбільшу вираженість похибок на моделі композитних брекетів [12]. Середні максимальні значення відхилень розмірних характеристик моделей з наявними різними системами брекетів незалежно від матеріалу виготовлення останніх характеризувалися найвищими показниками при роботі з Omnicam, тоді як значення середніх максимальних відхилень при роботі з апаратами CS3600, i500 та Trios 3 виявилися тотожними [12]. Водночас при оцінці усереднених рівнів девіацій i500 (0,037±0,152 мм) та Omniscan (0,030±0,064 мм) продемонстрували нижчі показники відхилень, аніж CS 3600 (0,055±0,024 мм) та Trios 3 (0,051±0,029 мм). В цілому отримані результати підтвердили, що керамічні брекети провокують розвиток нижчого діапазону девіацій в порівнянні із металевими чи композитними [12].

З іншої сторони за даними Heo H. та Kim M. кумулятивні девіації в порівнянні з контрольним сканом без брекетів в умовах наявних металевих конструкцій складали 74,9 мкм, та 110,9 мкм при наявності керамічних брекетів в проекції ікол, і 175,69 мкм та 385,99 мкм відповідно в проекції молярів [23]. Відтак отримані дані засвідчили, що відхилення показників інтраорального сканування є вищими в умовах наявних керамічних брекетів прозорого типу, аніж в умовах наявних металевих брекетів, що частково суперечить результатам попередніх досліджень, в яких була відмічена зворотна тенденція.

Таким чином, в ході проведеного огляду літератури було виявлено, що наявність брекет-систем асоційовано із зростанням рівнів відхилень результатів інтраорального сканування відносно об'єктивних розмірних параметрів структур ротової порожнини, проте дані девіації в умовах використання даних інтраорального сканування з метою контролю процесу ортодонтичного лікування є клінічно-незначущими. Лінгвальне положення брекетів провокує вищі рівні девіацій результатів інтраорального сканування відносно об'єктивних розмірів структур ротової порожнини, аніж їх вестибулярне положення. Дані попередніх досліджень щодо впливу матеріалу, з якого виготовлені брекети, на точність параметрів інтраорального сканування характеризуються неузгодженістю та не дозволяють остаточно встановити рівень відповідних взаємозв'язків.

Результати окремих досліджень вказують на те, що відхилення від фактичних розмірних параметрів окремих ділянок щелепи в умовах проведення інтраорального сканування пацієнтів із наявними брекетами потенційно можуть перевищувати 1 мм, що є критичним за умови, якщо отримані дані сканування передбачено використовувати в подальшому для планування хірургічних, імплантологічних чи протетичних втручань (рис. 1).

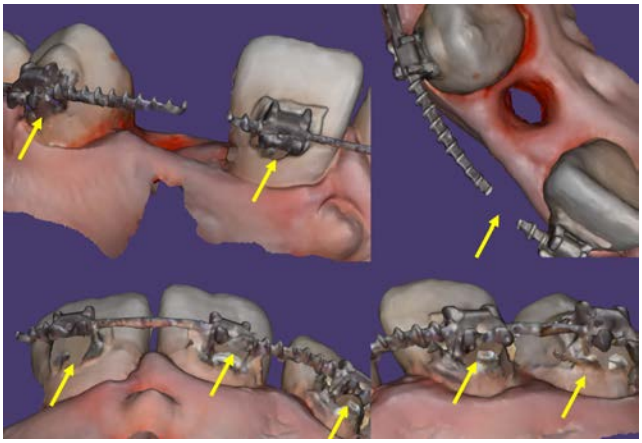


Рис. 1. Клінічний випадок сканування пацієнта із брекетами для подальшого виготовлення провізорної конструкції в проекції встановленого імплантата. Стрілками позначені дефекти скану, зумовлені наявністю брекет-системи

(із добірки клінічних випадків та експериментальних напрацювань Гончарука-Хомина М. Ю.)

Доступні технології інтраорального сканування характеризуються обмеженими можливостями щодо належного рівня репродукції геометричних характеристик брекетів в цифровому середовищі, що відповідно обмежує можливість використання відсканованих брекетів у якості реперних орієнтирів для проведення подальшої суперімпозиції інтраоральних сканів, отриманих у різні періоди часу, з метою моніторингу змін ротової порожнини в ході ортодонтичного лікування.

Висновки. Доступні дані засвідчують, що наявність брекетів не провокує розвитку значущих дисторцій результатів інтраорального сканування за умови, якщо такі в подальшому планується використовувати з метою контролю та моніторингу змін ротової порожнини, які можуть відмічатися в процесі ортодонтичного лікування. При цьому, однак, результати окремих досліджень вказують на те, що відхилення від фактичних розмірних параметрів окремих ділянок щелепи в умовах проведення

інтраорального сканування пацієнтів із наявними брекетами потенційно можуть перевищувати 1 мм, що є критичним за умови, якщо отримані дані сканування передбачено використовувати в подальшому для планування хірургічних, імплантологічних чи протетичних втручань. Відтак при потребі планування подальшого комплексного стоматологічного лікування пацієнтів, які користуються незнімною ортодонтичною апаратурою, доцільним є вилучення такої перед проведення інтраорального сканування; в умовах, коли сканування проводиться лише для контролю результатів ортодонтичних втручань вилучення ортодонтичної апаратури є необов'язковим, проте відхилення від фактичних розмірів окремих структур ротової порожнини потенційно можуть сягати 1 мм.

REFERENCES

1. Eggmann F, Blatz MB. Recent advances in intraoral scanners. Journal of Dental Research. 2024 Dec;103(13):1349-57. https://doi.org/10.1177/00220345241271 93
2. Schulz-Weidner N, Gruber M, Schraml EM, Wöstmann B, Krämer N, Schlenz MA. Improving the communication of dental findings in pediatric dentistry by using intraoral scans as a visual aid: A randomized clinical trial. Dentistry Journal. 2024 Jan 17;12(1):15. https://doi.org/10.3390/dj12010015
3. Lee Y, Ku HM, Jun MK. Clinical Application of Intraoral Scanners in Dentistry: A Narrative Review. Oral. 2024 Dec 1;4(4). https://doi.org/10.3390/oral4040049
4. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Kois JC. A guide for selecting the intraoral scan extension when fabricating tooth-and implant-supported fixed dental prostheses. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2024 Jan;36(1):85-93. https://doi.org/10.1111/jerd.13143
5. Tukalo I, Rusyn V, Hirschowitz W, Goncharuk-Khomyn M. Intraoral scanning, CBCT, and surface electromyography combination: Efficiency analysis of proposed diagnostic "Trident" algorithm during complex dental rehabilitation. Journal of Dentistry. 2022 Jun 1;121:104015. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104015
6. Tukalo I, Kondrash S, Kondrash N, Goncharuk-Khomyn M. Optimization of full zirconium crowns manufacturing using hybrid digital approach under the sanitary restrictions during Covid-19 pandemic and limited clinical access to intraoral scanner. Journal of Dentistry. 2022 Jun 1;121:103971. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.103971
7. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, Krishnamurthy VR. Intraoral digital scans—Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. The Journal of prosthetic dentistry. 2020 Sep 1;124(3):372-8. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.003
8. Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. Journal of prosthodontic research. 2018 Jul 1;62(3):347-52. https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.01.003
9. Oh KC, Park JM, Moon HS. Effects of scanning strategy and scanner type on the accuracy of intraoral scans: a new approach for assessing the accuracy of scanned data. Journal of Prosthodontics. 2020 Jul;29(6):518-23. https://doi.org/10.1111/jopr.13158
10. Lim JH, Mangal U, Nam NE, Choi SH, Shim JS, Kim JE. A comparison of accuracy of different dental restorative materials between intraoral scanning and conventional impression-taking: An in vitro study. Materials. 2021 Apr 19;14(8):2060. https://doi.org/10.3390/ma14082060
11. Oh HS, Lim YJ, Kim B, Kim MJ, Kwon HB, Baek YW. Effect of scanning-aid agents on the scanning accuracy in specially designed metallic models: a laboratory study. PLoS One. 2022 May 5;17(5):e0267742. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267742
12. Song J, Kim M. Accuracy on scanned images of full arch models with orthodontic brackets by various intraoral scanners in the presence of artificial saliva. BioMed Research International. 2020;2020(1):2920804. https://doi.org/10.1155/2020/2920804
13. Jedliński M, Mazur M, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. 3D scanners in orthodontics—Current knowledge and future perspectives—A systematic review. International journal of environmental research and public health. 2021 Feb;18(3):1121. https://doi.org/10.3390/ijerph18031121
14. Christopoulou I, Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, Bitsanis I, Perlea P, Tsolakis AI. Intraoral scanners in orthodontics: a critical review. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022 Jan;19(3):1407. https://doi.org/10.3390/ijerph19031407
15. Carvalho PE, Ortega AD, Maeda FA, da Silva LH, Carvalho VG, Torres FC. Digital scanning in modern orthodontics. Current Oral Health Reports. 2019 Dec;6:269-76. https://doi.org/10.1007/s40496-019-00235-4
16. Kang SJ, Kee YJ, Lee KC. Effect of the presence of orthodontic brackets on intraoral scans. The Angle Orthodontist. 2021 Jan 1;91(1):98-104. https://doi.org/10.2319/040420-254.1
17. Kim YK, Kim SH, Choi TH, Yen EH, Zou B, Shin Y, Lee NK. Accuracy of intraoral scan images in full arch with orthodontic brackets: a retrospective in vivo study. Clinical Oral Investigations. 2021 Jan 21:1-9. https://doi.org/10.1007/s00784-021-03792-0
18. Sooji N, Lim W. Accuracy on scanned images of orthodontic bracket and wire in oral cavity by intraoral scanners: A pilot study. Journal of Korean Dental Association. 2025 Mar 1;63(3):79-84. https://doi.org/10.22974/jkda.2025.63.3.002
19. Palone M, Bellavia M, Floris M, Rombolà A, Cremonini F, Albertini P, Lombardo L. Evaluation of effects of brackets and orthodontic wires on intraoral scans: A prospective in-vivo study. Orthodontics & Craniofacial Research. 2024 Feb;27(1):44-54. https://doi.org/10.1111/ocr.12682
20. Park JM, Choi SA, Myung JY, Chun YS, Kim M. Impact of orthodontic brackets on the intraoral scan data accuracy. BioMed Research International. 2016;2016(1):5075182. https://doi.org/10.1155/2016/5075182

21. Jung YR, Park JM, Chun YS, Lee KN, Kim M. Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic brackets and wire. International journal of computerized dentistry. 2016 Jan 1;19(3):203-15.

22. Vargas EO, Vargas DO, da Silva Coqueiro R, Sant'anna EF, Pithon MM. Impact of orthodontic brackets on intraoral and extraoral scans. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2022 Aug 1;162(2):208-13. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.03.021

23. 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 May 16;18(10):5282. https://doi.org/10.3390/ijerph18105282

24. Selvaraj A, Dinesh SS, Sivakumar A, Arvind TR, Albar DH, Alshehri A, Awadh W, Alzahrani KJ, Halawani IF, Alshammeri S, Baeshen HA. Evaluation of scanning accuracy for two commercially available intraoral scanners in reproducing orthodontic bracket dimensions. European Review for Medical & Pharmacological Sciences. 2023 Sep 1;27(17). https://doi.org/10.26355/eurrev_202309_33548.

25. Shin SH, Yu HS, Cha JY, Kwon JS, Hwang CJ. Scanning accuracy of bracket features and slot base angle in different bracket materials by four intraoral scanners: An in vitro study. Materials. 2021 Jan 13;14(2):365. https://doi.org/10.3390/ma14020365