

УДК 616.314–007.285–089.843

Гончарук-Хомин М.Ю., PhD, доктор філософії, завідувач кафедри терапевтичної стоматології, академічний редактор Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua

Мочалов Ю.О., доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, yuriy.mochalov@uzhnu.edu.ua

Тукало І.В., аспірант кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, tukaloigor@gmail.com

Сапович Б.Я., старший викладач кафедри стоматології післядипломної освіти, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, bohdan.sapovych@uzhnu.edu.ua

Лях А.І., аспірант кафедри ортопедичної стоматології, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, artur.liakh@uzhnu.edu.ua

Методи статичної та динамічної навігації для протетично-орієнтованого встановлення дентальних імплантатів: порівняння показників точності та особливості реалізації підходів (огляд літератури)

Мета дослідження. Проаналізувати доступні дані щодо точності встановлення дентальних імплантатів з використанням статичних та динамічних систем навігації та порівняти їх між собою, а також виокремити специфічні покази до застосування різних навігаційних систем під час дентальної імплантації. **Методи дослідження.** Дизайн дослідження був сформований у якості ретроспективного аналізу літератури. Глибина пошуку публікацій охоплювала період з 2017 по 2023 роки, для аналізу відбирались публікації у виданнях, включених до наукометричних баз даних, та такі, текст котрих був представлений англійською мовою і доступний для деталізованого контент-аналізу. Категоріями аналізу відібраних публікацій виступали

наступні параметри: 1) загальні покази до використання методів динамічної та статичної навігації при дентальній імплантації; 2) специфічні покази до використання методів динамічної та статичної навігації при дентальній імплантації; 3) рівні горизонтальних девіацій в області платформи імплантату та його апікальної частини при реалізації методів статичної та динамічної навігації; 4) рівні ангулярних девіацій при реалізації методів статичної та динамічної навігації. Було проаналізовано наступні види публікацій: огляд літератури, систематичний огляд літератури, опис клінічних випадків (серії клінічних випадків), результати когортних рандомізованих та нерандомізованих клінічних досліджень, результати лабораторних досліджень, методичні рекомендації. **Наукова новизна.** Проведений аналіз літературних даних дозволив встановити, що за даними більшості проаналізованих досліджень різного рівня доказовості показники точності постановки дентальних імплантів з використанням статичного та динамічного навігаційних підходів критично не відрізняються. При цьому, однак, у окремих роботах показники горизонтальної та ангулярної девіації при реалізації методу динамічної навігації були вищими, ніж при реалізації методу статичної навігації, що особливо було вираженим у клінічних випадках імплантації пацієнтів з повною адентією. Такий результат може бути обґрунтований вищою гетерогенністю результатів оцінки точності методу динамічної навігації, зареєстрованих у доступних публікаціях. В цілому кількість досліджень, сконцентрованих на безпосередньому порівнянні підходів статичної та динамічної навігації в клінічних умовах, є обмеженою, в порівнянні з дослідженнями, реалізованими в лабораторних умовах, та дослідженнями, в яких дані одного з компараторів екстрагувались із попередньо доступних систематизованих наборів даних, а не визначались у ході експерименту. **Висновки.** Застосування методів статичної та динамічної навігації в імплантологічній практиці сприяє досягненню вищої відповідності між отриманою в результаті встановлення позицією імплантата, та такою, запланованою за даними томографічних методів дослідження та з урахуванням особливостей подальшої протетичної реабілітації. Незважаючи на те, що кожен із навігаційних підходів характеризується специфічними показами до реалізації, метод динамічної навігації демонструє наступні переваги для клінічної практики: можливість реалізації підходу в один візит; можливість модифікації положення імплантата під час операції; вищі рівні безпеки та прогнозованості втручання; покращення ергономіки роботи лікаря-стоматолога; спрощення процесу планування хірургічної маніпуляції.

Ключові слова: дентальна імплантація, хірургічні шаблони, динамічна навігація, горизонтальна девіація, ангулярна девіація

Goncharuk-Khomyn M.Y., PhD, Head of Department of Restorative Dentistry, Academic Editor of Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, State High Educational Institution «Uzhhorod National University», 16a

Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua

Mochalov Y.O., Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, State High Educational Institution «Uzhhorod National University», 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, yuriy.mochalov@uzhnu.edu.ua

Tukalo I.V., PhD-student of the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, State High Educational Institution «Uzhhorod National University», 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, tukaloigor@gmail.com

Sapovych B., Senior Lecturer of the Department of Postgraduate Dentistry, State High Educational Institution «Uzhhorod National University», 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, bohdan.sapovych@uzhnu.edu.ua

Liakh A.I., PhD-student of the Department of Prosthetic Dentistry, State High Educational Institution «Uzhhorod National University», 16a Universitetska st., Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, artur.liakh@uzhnu.edu.ua

Methods of static and dynamic navigation for prosthetic-oriented placement of dental implants: comparison of accuracy and implementation features of the approaches (literature review)

Purpose of the study. To analyze available data on the accuracy of dental implant placement using static and dynamic navigation systems and compare them with each other, as well as to identify specific indications for the usage of different navigation systems during dental implantation. **Research methods.** The design of this study was formulated in the form of the retrospective analysis of the literature. The search depth of publications has covered the period from 2017 to 2023. Publications for the analysis have been selected from articles indexed within scientometric databases, and those which text was presented in English and was available for detailed content analysis. Next parameters were used as the categories for an analysis of chosen publications: 1) general indications for the usage of dynamic and static navigation methods in dental implantation; 2) specific indications for the usage of dynamic and static navigation methods in dental implantation; 3) the horizontal deviation levels in the area of an implant platform and at its apical part while implementing the methods of dynamic and static navigations; 4) the angular deviations while implementing the methods of dynamic and static navigations. The following types of publications were analyzed: literature review, systematic review, description of clinical cases (series of clinical cases), results of cohort randomized and non-randomized clinical studies, results of laboratory studies, methodological recommendations. **Scientific novelty.** The conducted analysis of literature data demonstrated that in the majority of analyzed researches

of different evidence levels accuracy levels of dental implants placement using static and dynamic navigation approaches were not critically different. At the same time, however, in separate studies the horizontal and angular deviations were higher while implementing dynamic navigation method compared to static navigation method, which was particularly pronounced in clinical cases of implantation among dental patients with complete edentulism. This outcome can be explained by the higher heterogeneity of the results obtained during accuracy assessment of the dynamic navigation method and registered in available publications. In general, the number of researches focused on the direct comparison of static and dynamic navigation approaches in clinical settings is limited, compared to researches implemented in the laboratory conditions, and researches in which the data of one of the comparators was extracted from previously available systematic data sets rather than determined during the experiment. **Conclusions.** The usage of static and dynamic navigation methods in the implantological practice helps to achieve a higher correspondence between the implant position achieved as a result of placement and the one planned according to tomographic results and admitting the peculiarities of further prosthetic rehabilitation. Despite the fact that each of the navigation approaches is characterized by specific indications for implementation, the dynamic navigation method demonstrates the following advantages for clinical practice: the ability to implement the approach in one visit; the ability to modify the position of the implant during surgery; higher levels of safety and predictability of the intervention; improved ergonomics of the dentist's work; simplification of a surgical procedure planning process.

Key words: dental implantation, surgical guides, dynamic navigation, horizontal deviation, angular deviation

Постановка проблеми. З метою забезпечення протетично-орієнтованого встановлення дентальних імплантатів у сучасній стоматологічній практиці використовуються системи статичної та динамічної навігації [1, 2, 3, 4]. Статична навігація передбачає застосування попередньо виготовленого хірургічного шаблону, в той час як матеріально-технічне забезпечення системи динамічної навігації включає сенсори встановлені в проекції ділянки втручання, а також безпосередньо на хірургічному наконечнику, контроль взаємовідношення котрих забезпечується через середовище комп'ютерної програми [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Комп'ютерна програма проводить аналіз взаємного положення сенсорів та зіставляє просторове розміщення складових елементів із попередньо отриманими томографічними даними в режимі реального часу [4, 5, 6, 7].

Одним із обмежень статичних навігаційних систем є пряма залежність точності постановки імплантата і відповідності досягнутого його положення запланованому від якості виготовлення хірургічного шаблону [3, 5, 7]. Крім того, статичні навігаційні системи виключають можливості щодо модифікації положення дентального імплантата під час проведення хірургічного втручання [3, 5, 7]. Обмеження ж динамічних навігаційних систем полягають у потребі постійного контролю за зображенням на екрані монітору під час проведення хірургічної маніпуляції [8, 9, 10]. Проте таке обмеження може бути мінімізоване із застосуванням можливостей доповненої реальності [11]. Крім того, необхідно пам'ятати, що дані отримані в ході конусно-променевої комп'ютерної томографії, які використовуються в якості «дорожньої карти» під час встановлення імплантата, не є динамічними, відтак система потребує відповідного калібрування для забезпечення належної точності позиціонування інтраосальної опори [6, 7, 8]. Калібрування динамічних навігаційних систем із застосуванням додаткових рентген-контрастних маркерів виявилось більш ефективним, ніж застосування з цією ж метою анатомічних особливостей оклюзійних поверхонь зубів чи кісткових маркерів [12]. Також точність динамічної навігації під час процедури імплантації значною мірою залежить від наявності артефактів на отриманих результатах томографічного дослідження, і для забезпечення належного її рівня доцільним є застосування фідуціарних (координатних) маркерів [2, 10, 11].

Незважаючи на відповідні обмеження статичного та динамічного навігаційних підходів, описані вище, в практиці дентальної імплантації виокремлюють як загальні, так і специфічні покази до застосування кожного із згаданих методів навігації. Крім того, попри значну кількість доступних даних, досі однозначно не встановлено, наскільки фактично відрізняються показники точності постановки дентальних імплантатів та відповідності досягнутих їх положень запланованим при використанні статичного та динамічного навігаційних підходів. Враховуючи це, можна резюмувати, що аналіз актуальних літературних даних щодо відмінностей досягнутих

показників точності встановлення імплантатів при використанні різних навігаційних підходів з урахуванням особливостей їх реалізації є релевантним та обґрунтованим для сучасної стоматологічної практики, основні тренди розвитку якої наразі сконцентровані у напрямку діджиталізації більшості процесів та маніпуляцій.

Мета дослідження. Проаналізувати доступні дані щодо точності встановлення дентальних імплантатів з використанням статичних та динамічних систем навігації та порівняти їх між собою, а також виокремити специфічні покази до застосування різних навігаційних систем під час дентальної імплантації.

Матеріали і методи дослідження. Дизайн дослідження був сформований у якості ретроспективного аналізу літератури. Глибина пошуку публікацій охоплювала період з 2017 по 2023 роки, для аналізу відбирались публікації у виданнях, включених до наукометричних баз даних, та такі, текст котрих був представлений англійською мовою та доступний для деталізованого контент-аналізу. Дані критерії виступали критеріями включення публікацій до досліджуваної вибірки. Пошук публікацій здійснювався за набором наступних ключових слів: «dental implant», «dynamic navigation», «static navigation», «implant position», «accuracy», «indications», «advantages» у пошуковій системі Google Scholar (scholar.google.com).

Категоріями аналізу кожної з відібраних публікацій виступали наступні параметри: 1) загальні покази до використання методів динамічної та статичної навігації при дентальній імплантації; 2) специфічні покази до використання методів динамічної та статичної навігації при дентальній імплантації; 3) рівні горизонтальних девіацій на в області платформи імплантату та його апікальної частини при реалізації методів статичної та динамічної навігації; 4) рівні ангулярних девіацій при реалізації методів статичної та динамічної навігації. Для кожної категорії аналізу проводилась екстракція даних та їх групування у відповідності до асоціацій з методом

статичної навігації або ж з методом динамічної навігації, після чого забезпечувався їх порівняльний аналіз.

Структурування та групування відібраних чисельних даних у порядку, необхідному для їх порівняння та категоризації за рівнем потенційної клінічної/наукової значущості, проводилось у табличному редакторі Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019, Microsoft). Текстові дані також вносились в окремі клітинки табличного редактора, з побудовою на їх основі конструкцій блоків, які в подальшому використовувались для побудови ER-моделей із виокремленням асоціативних та характеристичних зв'язків, інтерпретація котрих у подальшому була представлена у формі тексту наукової публікації.

Результати та їх обговорення. Згідно з проаналізованими літературними даними загальні покази до використання різних типів навігаційних систем під час дентальної імплантації включають наступні: необхідність проведення імплантації без сепарації клаптя (наприклад, у ділянках попередньо проведеної аугментації після інтеграції кісткового трансплантата); при потребі належного контролю положення імплантата в ділянках між власними зубами пацієнта із забезпеченням належної відстані між титановою опорою та коренями сусідніх одиниць зубного ряду; при потребі забезпечення належного контролю ангуляції інтраосальної конструкції у випадках імплантації в естетично-значущих ділянках, у ділянках дефіциту кісткової тканини та при застосуванні гвинтових методів фіксації протетичних елементів; для належного контролю глибини встановлення імплантата (з метою мінімізації травми суміжних анатомічних структур) [1, 2, 3, 5, 6, 7].

Специфічні покази до застосування статичних навігаційних систем включають:

- 1) необхідність проведення операції без відсепарування слизово-підокісного клаптя;
- 2) при потребі одночасного виготовлення тимчасових конструкцій з урахуванням досягнутих положень імплантатів;

- 3) при одночасному проведенні контрольованої редукції рівня кісткової тканини в ділянці втручання (з використанням для цього окремого шаблону);
- 4) при реабілітації пацієнтів із повною адентією незнімними ортопедичними конструкціями з опорою на дентальних імплантатах [4, 5, 7, 11, 13, 14].

В свою чергу специфічні покази до застосування динамічних навігаційних систем представлені наступними:

- 1) обмежені можливості відкриття рота у пацієнта;
- 2) потреба встановлення імплантата у максимально короткий період часу;
- 3) встановлення імплантатів у важкодоступних ділянках;
- 4) обмежені можливості прямої візуалізації ділянки втручання;
- 5) встановлення імплантатів в дуже обмежених міжзубних просторах;
- 6) встановлення імплантатів суміжно до власних зубів у випадках, коли необхідне позиціонування втулок є обмеженим для досягнення запланованого результату [5, 7, 8, 9, 10, 11].

Задokumentовані переваги динамічних навігаційних систем у порівнянні із статичними включають наступні:

- можливість реалізації підходу в один візит (без потреби додаткового виготовлення хірургічного шаблону);
- вищі рівні безпеки та прогнозованості втручання з урахуванням можливості оцінки точності встановлення імплантата у режимі реального часу;
- спрощення процесу планування хірургічної маніпуляції;
- зниження собівартості лікування (внаслідок виключення потреби виготовлення хірургічного статичного шаблону);
- покращення ергономіки роботи лікаря-стоматолога;
- виключення ризику поломки шаблонів у ході проведення хірургічної процедури [15, 16].

Низка попередніх досліджень проспективного та ретроспективного характеру не встановила значущих відмінностей щодо точності постановки імплантатів з використанням динамічних та статичних навігаційних систем [17, 18, 19, 20]. При цьому варто відзначити, що ці дослідження переважно були сконцентровані на аналізі результатів використання саме динамічних навігаційних систем, в той час як показники по статистичних навігаційних системах екстрагувались із уже попередньо систематизованих наборів даних [21, 22]. Відсутність статистично значущих відмінностей щодо точності постановки імплантатів відносно до запланованого положення при порівнянні динамічних та статичних систем навігації також бути відзначені й у результатах низки рандомізованих контрольованих клінічних досліджень та відповідних систематичних оглядів, реалізованих в період до 2021 року [8, 9, 23, 24].

Так попередні дослідження показали, що середній рівень горизонтальної девіації (відхилення відносно запланованого положення) при використанні статичних навігаційних систем у корональній частині імплантата складає 1,2 мм, в апікальній – 1,4 мм, а рівень ангулярної девіації – 3,5° [25]. В той же час використання систем динамічної навігації характеризувалося відхиленнями відносно запланованого положення інтраосальної опори у горизонтальній площині на $0,71 \pm 0,40$ мм та на $1,00 \pm 0,49$ мм в корональній і апікальній частинах імплантата відповідно, а показник кутової девіації сягав $2,26 \pm 1,62^\circ$ [15].

Проте лише в окремих дослідженнях проводилось безпосереднє порівняння точності постановки дентальних імплантатів з використанням систем статичної та динамічної навігації. Зокрема, одне таке цільове лабораторне дослідження не підтвердило наявності статистично значимих відмінностей щодо відхилень у горизонтальній площині як в корональній, так і в апікальній частинах імплантата при використанні різних навігаційних систем, проте встановило, що рівень ангулярних девіацій при використанні системи динамічної навігації був статистично вищим, ніж при застосуванні системи

статичної навігації ($4,00^{\circ} \pm 1,41^{\circ}$ проти $2,95^{\circ} \pm 1,48^{\circ}$, $p = 0,0272$) [11]. В іншому аналогічному лабораторному дослідженні застосування статичного навігаційного шаблону характеризувалося нижчими показниками горизонтальної девіації в ділянці платформи та апікальної частини імплантата у порівнянні з реалізацією динамічного навігаційного підходу, проте останній демонстрував лише 3° кутових девіацій, в той час як при застосуванні шаблону рівень кутових девіацій складав $4,6^{\circ}$ [4].

У ретроспективному дослідженні Wu D. та колег, рівень апікальної девіації при використанні методики динамічної навігації у фронтальних ділянках щелеп був вищим, ніж при використанні статичних навігаційних шаблонів, а рівень ангулярної девіації у проекції молярів, навпаки, нижчим, ніж при використанні підходу статичної навігації [17].

Релевантний мета-аналіз проведений Wei S.-M. та колегами встановив показники горизонтальних девіацій в 1,02 мм та 1,33 мм на рівні платформи та апікальної частини імплантата відповідно, та ангулярних девіацій на рівні $3,59^{\circ}$ при використанні динамічних систем навігації, які суттєво не відрізнялися від попередньо описаних у літературі [10].

Застосування технології оптичного динамічного триангуляційного трекінгу в лабораторних умовах характеризувалось досягненням рівня ангулярних девіацій у $0,89 \pm 0,35^{\circ}$ при імітації випадків імплантації пацієнтів з частковою адентією та $1,26 \pm 0,66^{\circ}$ при імітації випадків імплантації пацієнтів з повною адентією [26]. У низці досліджень горизонтальні девіації в проекції апікальної частини імплантата склали $0,38 \pm 0,21$ мм при імітації випадків імплантації в умовах часткової адентії, та $0,56 \pm 0,17$ мм при імітації випадків імплантації в умовах повної адентії [16, 26]. Отримані результати свідчать, що точність постановки імплантатів з використанням систем динамічної навігації у випадках повної адентії є порівняно меншою, ніж у випадках часткової адентії згідно з зареєстрованими показниками як горизонтальних, так і кутових відхилень.

Мета-регресійний аналіз не встановив відмінностей діапазонів відхилень при порівнянні результатів клінічних та лабораторних досліджень щодо точності встановлення імплантатів на нижній та верхній щелепах з використанням різних навігаційних систем [10]. Хоча інший систематичний огляд як клінічних, так і лабораторних досліджень, дозволив верифікувати, що рівень ангулярної девіації при використанні динамічних навігаційних систем складав $4,1^\circ$ за даними клінічних досліджень, та $3,7^\circ$ за даними лабораторних; аналогічно девіації в проекції апексу встановленого імплантата сягали середнього значення в 1,0 мм за даними клінічних досліджень та 0,91 мм за даними лабораторних досліджень [27]. Автори систематичного огляду та супровідного мета-аналізу прийшли до висновку, що динамічні навігаційні підходи забезпечують отримання результатів, які є повністю порівнюваними із такими при статичній навігації, проте водночас вони відзначили високу гетерогенність даних, які стосувалися оцінки різних параметрів точності постановки дентального імплантата при застосуванні саме динамічної навігації [27].

Застосування динамічної навігації частково дозволяє нівелювати відмінності в обсягах клінічного досвіду лікарів-імплантологів з точки зору впливу таких на точність постановки титанових інтраосальних опор. Дослідження, проведене Pallegriano G. та колегами не виявило статистично значущої різниці між зареєстрованими відхиленнями досягнутого положення імплантатів від запланованого при використанні систем динамічної навігації лікарями з різним досвідом в імплантації та клінічному застосуванні навігаційних систем в принципі [28]. Проте виражене зростання рівня досвідченості та впевненості в роботі з динамічними навігаційними системами відзначалось у лікарів після 20 оперативного втручання [21, 22].

З точки зору пацієнт-орієнтованих результатів лікування динамічний, статичний навігаційний підходи, а також класичне встановлення дентальних імплантатів без застосування навігаційних систем, не відрізняються за параметрами пацієнт-задоволеності, постопераційного набряку, кількості

прийому анальгетиків та інтенсивності постопераційних больових відчуттів у короткостроковій перспективі [29].

Так звані «непередбачувані» похибки при встановленні дентальних імплантатів з використанням різних типів навігаційних систем можуть бути викликані наступними чинниками: нерівномірною щільністю кісткової тканини, наявністю шуму в механізмі обміну сигналами між трекером та маркерами (через відсутність калібрації, впливу оптичних, механічних та термічних змін), наявністю артефактів у наборі отриманих КПКТ-даних [14, 16].

Попри значні переваги застосування як динамічних, так і статичних навігаційних підходів, подальший розвиток контролю проведення процедури дентальної імплантації з точки зору необхідності досягнення запланованого положення титанової опори в значній мірі зосереджений на розробці та клінічному впровадженні сучасних роботизованих систем. Згідно з результатами, отриманими Тао В. та колегами, прототип роботизованої системи «HRS-DIS» забезпечує статистично нижчий рівень як дистанційних, так і кутових відхилень в порівнянні із результатами використання систем динамічної навігації [30]. У дослідженні Kivovics M. (2022) вдосконалення динамічної навігації можливостями аугментованої (доповненої) реальності сприяє досягненню показників точності установки дентальних імплантатів, які не нижчі за такі, що були відзначені при використанні статистичних динамічних шаблонів [1]. Крім того, відзначено переваги застосування комбінованого динамічного та статичного навігаційного підходів, який забезпечує мінімізацію значення просторової девіації на рівні платформи до $0,62 \pm 0,50$ мм, на рівні апікальної частини імплантата – до $0,75 \pm 0,57$ мм, ангулярної девіації – до $1,24 \pm 1,41^\circ$ [31]. Отримані показники є статистично нижчими за такі, зареєстровані при ізольованому використанні динамічного або статичного підходу навігації під час встановлення внутрішньокісткових титанових опор.

Проведений аналіз дозволив встановити, що за даними багатьох досліджень різного рівня доказовості показники точності постановки дентальних імплантатів із використанням статичного та динамічного навігаційного підходів критично не відрізняються. При цьому, однак, у окремих роботах показники горизонтальної та ангулярної девіації при реалізації методу динамічної девіації були вищими, ніж при реалізації методу статичної навігації, що особливо було вираженим у клінічних випадках імплантації пацієнтів з повною адентією. Такий результат може бути обґрунтований вищою гетерогенністю результатів аналізу точності методу динамічної навігації, зареєстрованих у доступних публікаціях.

В цілому кількість досліджень, сконцентрованих на безпосередньому порівнянні підходів статичної та динамічної навігації в клінічних умовах, є обмеженою, в порівнянні з дослідженнями реалізованими в лабораторних умовах, та дослідженнями, в яких дані одного з компараторів екстрагувались із попередньо доступних систематизованих наборів даних, а не визначались в ході експерименту. Клінічно, як статичний, так і динамічний методи навігації, сприяють досягненню кращих результатів відповідності досягнутого положення імплантата запланованому, в порівнянні з результатами, відміченими при встановленні імплантатів класичним методом («free hand»); при цьому статичний та динамічний методи навігації характеризуються специфічними показами до реалізації відповідно до конкретних умов різних клінічних ситуацій.

Висновки. Застосування методів статичної та динамічної навігації в імплантологічній практиці сприяє досягненню вищої відповідності між позицією імплантата, отриманою в результаті встановлення, та такою, що була запланована за даними томографічних методів дослідження та з урахуванням особливостей подальшої протетичної реабілітації для оптимізації оклюзійних взаємовідношень. Незважаючи на те, що кожен із навігаційних підходів характеризується специфічними показами до реалізації, метод динамічної навігації демонструє наступні переваги для клінічної практики: можливість

реалізації підходу в один візит; можливість модифікації положення імплантата під час операції; вищі рівні безпеки та прогнозованості втручання; покращення ергономіки роботи лікаря-стоматолога; спрощення процесу планування хірургічної маніпуляції. Критично значимих відмінностей між зареєстрованими рівнями горизонтальних девіацій в апікальній та корональній частинах імплантату, а також між рівнями ангулярних девіацій при порівнянні результатів застосування методів статичної та динамічної навігації згідно з проведеним аналізом літературних даних встановити не вдалось.

Література

1. Accuracy of dental implant placement using augmented reality-based navigation, static computer assisted implant surgery, and the free-hand method: an in vitro study / M. Kivovics, A. Takács, D. Péntzes [et al.]. *Journal of Dentistry*. 2022. Vol. 119. P. 104070.
2. Block M.S. How to Avoid Errors When Using Navigation to Place Implants- A Narrative Review. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2022. Vol. 81(3). P. S0278-2391.
3. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review / J. Gargallo-Albiol, S. Barootchi, O. Salomó-Coll [et al.]. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2019. Vol. 225. P. 1-10.
4. Accuracy of intraoral real-time navigation versus static, CAD/CAM-manufactured pilot drilling guides in dental implant surgery: an in vitro study / R. Stünkel, A.N. Zeller, T. Bohne [et al.]. *International Journal of Implant Dentistry*. 2022. Vol. 8(1). P. 41.
5. Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review / G. Kalaivani, V.R. Balaji, D. Manikandan [et al.]. *Journal of Indian Society of Periodontology*. 2020. Vol. 24(5). P. 398-408.
6. Aghayan S. H., Rokhshad R. The art of using computer-assisted navigation systems in guided implant surgery: a review. *Journal of Research in Dental and Maxillofacial Sciences*. 2021. Vol. 6(2). P. 51-62.
7. Block M. S., Emery R. W. Static or dynamic navigation for implant placement—choosing the method of guidance. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2016. Vol. 74(2). P. 269-277.
8. Dynamic Navigation in Implant Dentistry: A Systematic Review and Meta-analysis / G. Pellegrino, A. Ferri, M. Del Fabbro [et al.]. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2021. Vol. 36(5). P. e121-e140.
9. Wang F., Wang Q., Zhang J. Role of dynamic navigation systems in enhancing the accuracy of implant placement: a systematic review and meta-

- analysis of clinical studies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2021. Vol. 79(10). P. 2061-2070.
10. Accuracy of dynamic navigation in implant surgery: A systematic review and meta-analysis / S.M. Wei, Y. Zhu, J.X. Wei [et al.]. *Clinical Oral Implants Research*. 2021. Vol. 32(4). P. 383-393.
 11. Accuracy of computer-aided dynamic navigation compared to computer-aided static navigation for dental implant placement: an in vitro study / A. Mediavilla Guzmán, E. Riad Deglow, A. Zubizarreta-Macho [et al.]. *Journal of clinical medicine*. 2019. Vol. 8(12). P. 2123.
 12. Accuracy of 3 calibration methods of computer-assisted dynamic navigation for implant placement: An in vitro study / X. Pei, X. Liu, S. Iao [et al.]. *The Journal of prosthetic dentistry*. P. S0022-3913.
 13. Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: A systematic review / T. Joda, W. Derksen, J.G. Wittneben [et al.]. *Clinical oral implants research*. 2018. Vol. 29. P. 359-373.
 14. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes / T. Chackartchi, G.E. Romanos, L. Parkanyi [et al.]. *Periodontology 2000*. 2022. Vol. 88(1). P. 64-72.
 15. Accuracy of a Dynamic Dental Implant Navigation System in a Private Practice / L.V. Stefanelli, B.S. DeGroot, D.I. Lipton [et al.]. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2019. Vol. 34(1). P. 205-213.
 16. Current state of dynamic surgery. A literature review / A. Parra-Tresserra, J. Marquès-Guasch, J. Ortega-Martínez [et al.]. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2021. Vol. 26(5):e576-e581.
 17. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement / D. Wu, L. Zhou, J. Yang [et al.]. *International journal of implant dentistry*. 2020. Vol. 6(1). P. 78.
 18. 2D/3D accuracies of implant position after guided surgery using different surgical protocols: A retrospective study / C. Monaco, A. Arena, L. Corsaletti [et al.]. *Journal of prosthodontic research*. 2020. Vol. 64(4). P. 424-430.
 19. Meng T., Zhang X. Accuracy of intentionally tilted implant placement in the maxilla using dynamic navigation: a retrospective clinical analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2022. Vol. 51(4). P. 552-557.
 20. Comparison of the accuracy of implant position among freehand implant placement, static and dynamic computer-assisted implant surgery in fully edentulous patients: a non-randomized prospective study / S. Jaemsuwan, S. Arunjaroenasuk, B. Kaboosaya [et al.]. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2023. Vol. 52(2). P. 264-271.
 21. Implant placement is more accurate using dynamic navigation / M.S. Block, R.W. Emery, D.R. Cullum [et al.]. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2017. Vol. 75(7). P. 1377-1386.

22. Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation / M.S. Block, R.W. Emery, K. Lank [et al.]. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2017. Vol. 32(1). P. 92-99.
23. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial / D. Kaewsiri, S. Panmekiate, K. Subbalekha [et al.]. *Clinical oral implants research*. 2019. Vol. 30(6). P. 505-514.
24. Dynamic navigation: a prospective clinical trial to evaluate the accuracy of implant placement / G. Pellegrino, V. Taraschi, Z. Andrea [et al.]. *International journal of computerized dentistry*. 2019. Vol. 22(2). P. 139-147.
25. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis / A. Tahmaseb, V. Wu, D. Wismeijer [et al.]. *Clinical Oral Implants Research*. 2018. Vol. 29. P. 416-435.
26. Accuracy of dynamic navigation for dental implant placement—model-based evaluation / R.W. Emery, S.A. Merritt, K. Lank [et al.]. *Journal of Oral Implantology*. 2016. Vol. 42(5). P. 399-405.
27. Accuracy of dynamic computer-assisted implant placement: a systematic review and meta-analysis of clinical and in vitro studies / S. Schnutenhaus, C. Edelmann, A. Knipper [et al.]. *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10(4). P. 704.
28. Dynamic navigation in dental implantology: The influence of surgical experience on implant placement accuracy and operating time. An in vitro study / G. Pellegrino, P. Bellini, P.F. Cavallini [et al.]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17(6). P. 2153.
29. Afrashtehfar K. I. Conventional free-hand, dynamic navigation and static guided implant surgery produce similar short-term patient-reported outcome measures and experiences. *Evidence-Based Dentistry*. 2021. Vol. 22(4). P. 143-145.
30. Accuracy of dental implant surgery using dynamic navigation and robotic systems: An in vitro study / B. Tao, Y. Feng, X. Fan [et al.]. *Journal of Dentistry*. 2022. Vol. 123. P. 104170.
31. Accuracy of implant placement with a combined use of static and dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial / T. Yotpibulwong, S. Arunjaroen suk, B. Kaboosaya [et al.]. *Clinical oral implants research*. 2023. Vol. 34(4). P. 330-341.

References

1. Kivovics, M., Takács, A., Péntzes, D., Németh, O., & Mijiritsky, E. (2022). Accuracy of dental implant placement using augmented reality-based navigation, static computer assisted implant surgery, and the free-hand method: an in vitro study. *Journal of Dentistry*, 119, 104070.
2. Block, M. S. (2023). How to Avoid Errors When Using Navigation to Place Implants-A Narrative Review. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 81(3), 299-307.

3. Gargallo-Albiol, J., Barootchi, S., Salomó-Coll, O., & Wang, H. L. (2019). Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 225, 1-10.
4. Stünkel, R., Zeller, A. N., Bohne, T., Böhrnsen, F., Wedi, E., Raschke, D., & Kauffmann, P. (2022). Accuracy of intraoral real-time navigation versus static, CAD/CAM-manufactured pilot drilling guides in dental implant surgery: an in vitro study. *International Journal of Implant Dentistry*, 8(1), 41.
5. Kalaivani, G., Balaji, V. R., Manikandan, D., & Rohini, G. (2020). Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 24(5), 398-408.
6. Aghayan, S. H., & Rokhshad, R. (2021). The art of using computer-assisted navigation systems in guided implant surgery: a review. *Journal of Research in Dental and Maxillofacial Sciences*, 6(2), 51-62.
7. Block, M. S., & Emery, R. W. (2016). Static or dynamic navigation for implant placement—choosing the method of guidance. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(2), 269-277.
8. Pellegrino, G., Ferri, A., Del Fabbro, M., Prati, C., Giovanna Gandolfi, M., & Marchetti, C. (2021). Dynamic Navigation in Implant Dentistry: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(5), e121-e140.
9. Wang, F., Wang, Q., & Zhang, J. (2021). Role of dynamic navigation systems in enhancing the accuracy of implant placement: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 79(10), 2061-2070.
10. Wei, S. M., Zhu, Y., Wei, J. X., Zhang, C. N., Shi, J. Y., & Lai, H. C. (2021). Accuracy of dynamic navigation in implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 32(4), 383-393.
11. Mediavilla Guzmán, A., Riad Deglow, E., Zubizarreta-Macho, Á., Agustín-Panadero, R., & Hernández Montero, S. (2019). Accuracy of computer-aided dynamic navigation compared to computer-aided static navigation for dental implant placement: an in vitro study. *Journal of clinical medicine*, 8(12), 2123.
12. Pei, X., Liu, X., Iao, S., Ma, F., Li, H., & Sun, F. (2022). Accuracy of 3 calibration methods of computer-assisted dynamic navigation for implant placement: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, S0022-3913.
13. Joda, T., Derksen, W., Wittneben, J. G., & Kuehl, S. (2018). Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: A systematic review. *Clinical oral implants research*, 29, 359-373.

14. Chackartchi, T., Romanos, G. E., Parkanyi, L., Schwarz, F., & Sculean, A. (2022). Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontology 2000*, 88(1), 64-72.
15. Stefanelli, L. V., DeGroot, B. S., Lipton, D. I., & Mandelaris, G. A. (2019). Accuracy of a Dynamic Dental Implant Navigation System in a Private Practice. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 34(1), 205-213.
16. Parra-Tresserra, A., Marquès-Guasch, J., Ortega-Martínez, J., Basilio-Monné, J., Hernández-Alfaro, F. (2021). Current state of dynamic surgery. A literature review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 26(5), e576- e581.
17. Wu, D., Zhou, L., Yang, J., Zhang, B., Lin, Y., Chen, J., ... & Chen, Y. (2020). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *International journal of implant dentistry*, 6(1), 78.
18. Monaco, C., Arena, A., Corsaletti, L., Santomauro, V., Venezia, P., Cavalcanti, R., ... & Zucchelli, G. (2020). 2D/3D accuracies of implant position after guided surgery using different surgical protocols: A retrospective study. *Journal of prosthodontic research*, 64(4), 424-430.
19. Meng, T., & Zhang, X. (2022). Accuracy of intentionally tilted implant placement in the maxilla using dynamic navigation: a retrospective clinical analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(4), 552-557.
20. Jaemsuwan, S., Arunjaroenusuk, S., Kaboosaya, B., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2023). Comparison of the accuracy of implant position among freehand implant placement, static and dynamic computer-assisted implant surgery in fully edentulous patients: a non-randomized prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(2), 264-271.
21. Block, M. S., Emery, R. W., Cullum, D. R., & Sheikh, A. (2017). Implant placement is more accurate using dynamic navigation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(7), 1377-1386.
22. Block, M. S., Emery, R. W., Lank, K., & Ryan, J. (2017). Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 32(1), 92-99.
23. Kaewsiri, D., Panmekiate, S., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2019). The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clinical oral implants research*, 30(6), 505-514.
24. Pellegrino, G., Taraschi, V., Andrea, Z., Ferri, A., & Marchetti, C. (2019). Dynamic navigation: a prospective clinical trial to evaluate the accuracy of implant placement. *International journal of computerized dentistry*, 22(2), 139-147.

25. Tahmaseb, A., Wu, V., Wismeijer, D., Coucke, W., & Evans, C. (2018). The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29, 416-435.
26. Emery, R. W., Merritt, S. A., Lank, K., & Gibbs, J. D. (2016). Accuracy of dynamic navigation for dental implant placement—model-based evaluation. *Journal of Oral Implantology*, 42(5), 399-405.
27. Schnutenhaus, S., Edelmann, C., Knipper, A., Luthardt, R.G. (2021). Accuracy of dynamic computer-assisted implant placement: a systematic review and meta-analysis of clinical and in vitro studies. *Journal of Clinical Medicine*, 10(4), 704.
28. Pellegrino, G., Bellini, P., Cavallini, P. F., Ferri, A., Zacchino, A., Taraschi, V., ... & Consolo, U. (2020). Dynamic navigation in dental implantology: The influence of surgical experience on implant placement accuracy and operating time. An in vitro study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2153.
29. Afrashtehfar, K. I. (2021). Conventional free-hand, dynamic navigation and static guided implant surgery produce similar short-term patient-reported outcome measures and experiences. *Evidence-Based Dentistry*, 22(4), 143-145.
30. Tao, B., Feng, Y., Fan, X., Zhuang, M., Chen, X., Wang, F., & Wu, Y. (2022). Accuracy of dental implant surgery using dynamic navigation and robotic systems: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 123, 104170.
31. Yotpibulwong, T., Arunjaroenusuk, S., Kaboosaya, B., Sinpitaksakul, P., Arksornnukit, M., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2023). Accuracy of implant placement with a combined use of static and dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clinical oral implants research*, 34(4), 330-341.