

ОГЛЯДИ

УДК 616.314:615.46–089.8

DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-47-1.31>**К.В. Марченко,**

кандидат медичних наук, доцент кафедри
ортопедичної стоматології з імплантологією,
Полтавський державний медичний університет,
вул. Шевченка 23, м. Полтава, Україна, індекс 36011,
k.marchenko@pdmu.edu.ua

ТОЧНІСТЬ ПОЗИЦІЮВАННЯ ІМПЛАНТАТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ХІРУРГІЧНОГО ШАБЛОНУ¹

Мета дослідження: Ретроспективний аналіз точності позиціювання імплантатів при проведенні імплантації з використанням хірургічних шаблонів а даними попередньо проведених досліджень. **Матеріали і методи дослідження:** Було проведено літературний пошук з використанням електронної бази даних PubMed для пошуку досліджень, пов'язаних з використанням хірургічних шаблонів при проведенні операції імплантації. Пошукові терміни, які були використані: "surgical template" OR "surgical guide" AND "implant". Період пошуку охоплював період з січня 2012 року по грудень 2022 року. До огляду були включені дослідження *in vitro* та *in vivo*. Літературні огляди, реферати та технічні статті без супутніх клінічних досліджень та даних були виключені. **Наукова новизна:** Забезпечено структурування та уточнення даних щодо точності позиціювання імплантатів при проведенні імплантації з використанням хірургічних шаблонів. **Висновки:** В ході проведеного ретроспективного аналізу було сформовано вибірку наукових статей у кількості 24. Більшість проаналізованих досліджень демонструють, що хірургічні шаблони з опорою на зуби, кістку та слизову оболонку мають мінімальні відхилення. Цифрове планування та встановлення зубних імплантатів у потрібному місці продовжує перевершувати традиційну мануальну техніку. Програмне забезпечення для планування імплантації, засноване на даних конусно-променевої комп'ютерної томографії, дозволяє вибрати практично найкраще місце для віртуального імплантату, беручи до уваги навколишні важливі анатомічні компоненти та майбутні вимоги до протезування. Одночасно, хірурги повинні пам'ятати про потенційні лінійні та кутові відхилення, пов'язані з системою, оскільки анатомічні структури можуть бути пошкоджені при ігноруванні мінімально прийнятих відступів. На точність можуть впливати такі фактори, як щільність кісткової тканини, товщина слизової оболонки, хірургічна техніка, тип щелепи, звичка до куріння та довжина

імплантату. Необхідні додаткові дослідження, щоб визначити, як методи виготовлення шаблонів, типи щелеп, а також досвід операторів можуть впливати на точність.

Ключові слова: імплантат, хірургічний шаблон, остеointegraція, точність, огляд.

K.V. Marchenko,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
at the Department of Prosthodontics and Implantology,
Poltava State Medical University, 23 Shevchenko
street, Poltava, Ukraine, postal code 36011,
k.marchenko@pdmu.edu.ua

ACCURACY OF IMPLANTS POSITIONING WHEN USING A SURGICAL TEMPLATE

Purpose of the study: to retrospectively analyze the accuracy of implant positioning during implantation using surgical templates and data from previous studies.

Materials and methods of the study: A literature search was conducted using the electronic database PubMed to find studies related to the use of surgical templates during implant surgery. The search terms used were: "surgical template" OR "surgical guide" AND "implant". The search period covered the period from January 2012 to December 2022. The review included *in vitro* and *in vivo* studies. Literature reviews, abstracts, and technical articles without supporting clinical studies and data were excluded. **Scientific novelty:** Data on the accuracy of implant positioning during implantation using surgical templates were structured and clarified. **Conclusions:** In the course of the retrospective analysis, a sample of 24 scientific articles was formed. The majority of the analyzed studies demonstrate that surgical guides supported by teeth, bone, and mucosa have minimal deviations. Digital planning and placement of dental implants in the right place continues to outperform traditional manual techniques. Implant planning software based on cone beam computed tomography data allows for the selection of the virtually best location for an optical implant, taking into account the surrounding important anatomical components and future prosthetic requirements. At the same time, surgeons should be aware of the potential linear and angular deviations associated with the system, as important anatomical structures can be damaged if the minimum accepted deviations are ignored. Accuracy can be affected by factors such as bone density, mucosal thickness, surgical technique, jaw type, smoking habits, and implant length. More research is needed to determine how template manufacturing techniques, jaw types, and operator experience can affect accuracy.

Key words: implant, surgical template, osseointegration, accuracy, review.

¹ Дані про зв'язок фінансування розробки певними установами, фондами, організаціями, гранти: дана стаття є фрагментом ініціативної науково-дослідної роботи кафедри ортопедичної стоматології з імплантологією Полтавського державного медичного університету: «Застосування новітніх технологій для діагностики та лікування функціональної патології зубощелепної системи» державна реєстрація № 0121U113817.

Постановка проблеми

Стоматологи значною мірою покладаються на імплантати, щоб забезпечити ефективність своїх основних операцій. Отримання відмінних косметичних і ортопедичних результатів, а також збереження здорових періімплантатних тканин, оклюзії та гігієни порожнини рота – все це потребує оптимального позиціонування імплантатів. Погане ж їх розташування може спричинити несприятливі механічні навантаження, що може призвести до періімплантиту та ранньої втрати імплантату, а також до біологічних проблем, спричинених недостатньою гігієною. На щастя, існують різні комп'ютерні програми, які допомагають у тривимірному визначенні місця розташування імплантатів. Точне передопераційне планування, яке враховує майбутні ортопедичні та функціональні фактори, має вирішальне значення для довгострокового успіху. Хірургічні шаблони тепер відіграють важливу роль у переносі запланованої позиції до порожнини рота, гарантуючи, що імплантати будуть встановлені під точним кутом і в потрібному місці [1, 2].

Це дозволяє використовувати й безклаптевий метод, який сам по собі може забезпечити додаткові переваги. При використанні хірургічних шаблонів час операції скорочується, а післяопераційний біль зменшується. В результаті, оскільки потреба в реставраціях з опорою на імплантати у пацієнтів зростає, зростатиме й використання хірургічних шаблонів. Незважаючи на ці переваги, кожен повинен знати, що існує певна розбіжність між віртуальним плануванням і розташуванням імплантатів, встановлених за допомогою комп'ютерної імплантології [3, 4].

Мета дослідження

Метою даного дослідження був ретроспективний аналіз точності позиціонування імплантатів при проведенні імплантації з використанням хірургічних шаблонів.

Матеріали і методи дослідження

Було проведено літературний пошук з використанням електронної бази даних PubMed для пошуку досліджень, пов'язаних з використанням хірургічних шаблонів при проведенні операції імплантації. Пошукові терміни, які були використані: "surgical template" OR "surgical guide" AND "implant". Період пошуку охоплював період з січня 2012 року по грудень 2022 року. Спочатку було перевірено назви, резюме або й те, й інше на релевантність відповідно до критерію включення, яким були дослідження точності позиціонування імплантатів при проведенні імплантації з вико-

ристанням хірургічних шаблонів. До огляду були включені дослідження *in vitro* та *in vivo*. Літературні огляди, реферати та технічні статті без супутніх клінічних досліджень та даних були виключені. Дослідження не англійською мовою або без англійської анотації були виключені. Було отримано повний текст усіх відповідних статей, які пройшли перший етап рецензування. Також використовувалася опція пошуку споріднених статей. Стратегія пошуку наукових джерел відображена на рисунку 1.

Результати та їх обговорення

В результаті проведеного пошуку та відбору наукових робіт, які в найбільшій мірі відповідали поставленій меті дослідження було сформовано вибірку наукових статей у кількості 24. Короткий опис проаналізованих досліджень представлений нижче.

У дослідженні Schnutenhaus була оцінена точність цифрового планування та клінічного встановлення імплантатів, використовуючи повністю керовану операцію за допомогою шаблону. Дослідження охопило 56 пацієнтів та 122 імплантати. Проводилися вимірювання відхилень корональної та апікальної частин, висоти та кута нахилу імплантатів. Було встановлено, що середні відхилення знаходяться в межах прийнятного діапазону, а тип беззубого проміжку та щелепи не мали значного впливу на розташування конструкцій. На висоту та кут нахилу суттєво впливала наявність природних зубів на момент імплантації. Незалежно від хірургічного методу, імплантація за допомогою шаблону забезпечила високу точність, зробивши ортопедичну реабілітацію безпечною та передбачуваною [5].

Метою іншого дослідження було оцінити точність встановлення імплантатів у беззубу верхню щелепу за допомогою комп'ютерного планування та хірургічного шаблону, що підтримується лише слизовою оболонкою. 30 беззубим пацієнтам було встановлено імплантати, а точність їх встановлення була підтверджена тривимірно. Середнє відхилення верхівки становило 0,67 мм у вестибуло-оральному напрямку та 0,75 мм у мезіо-дистальному. Використання фіксуючих штифтів та вид хірургічного втручання не мали впливу на відхилення імплантатів, проте неправильне розміщення хірургічного шаблону призводило до значних розбіжностей як у вестибулярному, так і в мезіальному напрямках. Згідно з дослідженням, комп'ютерне планування операції є терапевтично значущим інструментом для встановлення імплантатів, однак точне позиціонування шаблону

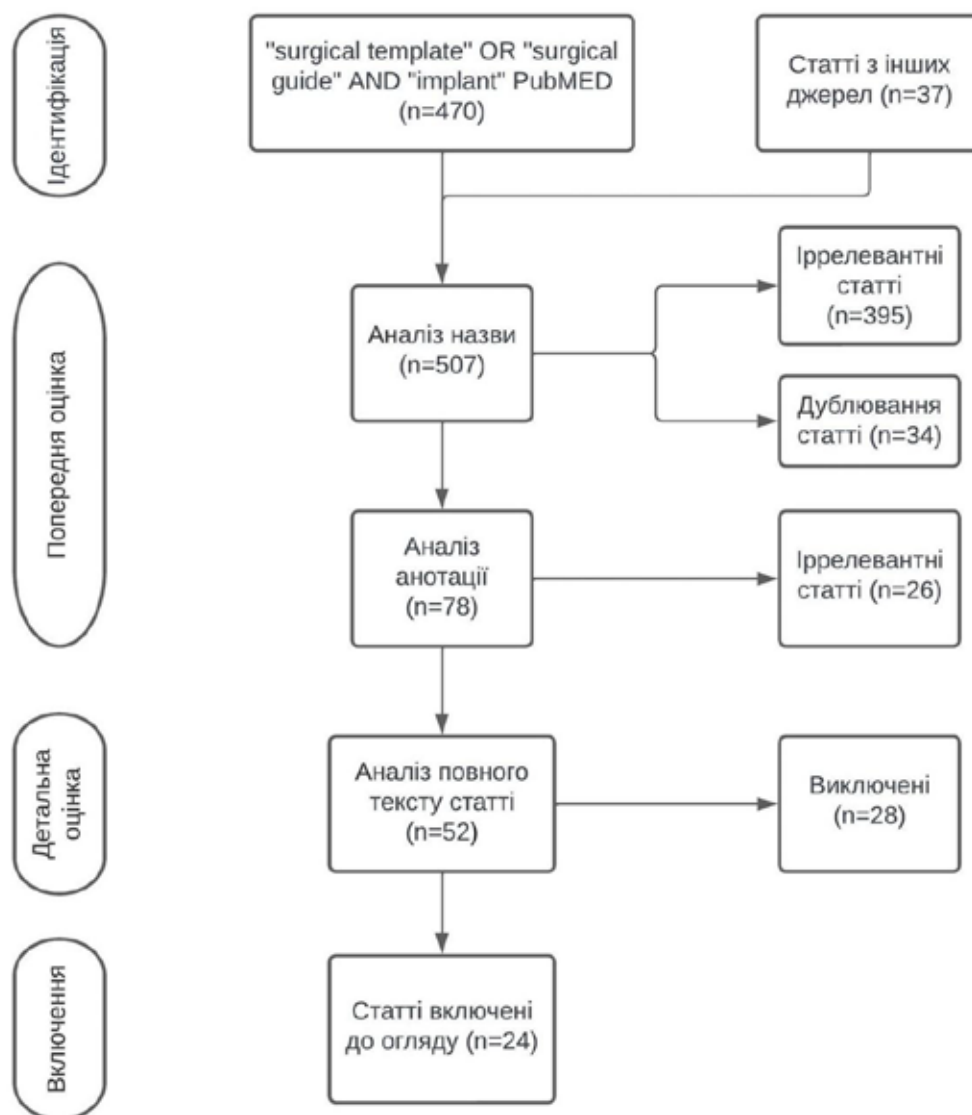


Рис. 1

має вирішальне значення для зменшення варіацій імплантатів [6].

Метою дослідження Cristache та Gurbanescu була оцінка точності стереолітографічного хірургічного шаблону для комп'ютерно-керованої установки імплантатів у людей з частковою відсутністю зубів. Загалом було встановлено 65 імплантати 25 пацієнтам, а після операції було отримано цифровий відбиток. Неточність розташування оцінювали в точці ортопедичної платформи, верхівки та визначали кутове відхилення. Середня неточність біля платформи становила 0,798 мм, 1,17 мм на верхівці імплантату та 2,34° – кутове відхилення. Хірургічні шаблони для нижньої щелепи мали значно меншу неточність, ніж для верхньої [7].

Мета дослідження Sun та колег – вивчити точність встановлення імплантатів на верхній та нижній щелепах за допомогою стереолітографічного

шаблону, що підтримується слизовою оболонкою. За допомогою шаблону було встановлено 80 імплантатів у 18 повністю беззубих щелепах, після чого було проведено порівняння післяопераційних та доопераційних КТ-зображень. Згідно з результатами дослідження, верхня щелепа мала значно менші вертикальні та кутові відхилення, ніж нижня щелепа. При встановленні імплантату довжиною 15 мм середнє вертикальне відхилення на верхівці імплантату було в межах 1 мм, тоді як середнє бічне відхилення становило 1,8 мм на верхній щелепі та 2,3 мм на нижній [8].

Схоже дослідження, а також вплив на точність фіксації шаблонів, розміщення дуги та звички до куріння проводили Cassetta та співавт. Загалом було встановлено 225 імплантатів у повністю беззубих пацієнтів з використанням 28 хірургічних шаблонів та оцінено розбіжності між запланованим та фактичним розташуванням. Середнє

корональне відхилення становило 1,68 мм, апікальне – 2,19 мм, а кутове – 4,67 градуси. Використання фіксації шаблонів та операції га верхній щелепі призвели до значного зменшення кутового відхилення, а пацієнти, які не палять, мали значно вищу точність при аналізі коронарного та апікального відхилення [9].

Очі та співавт. вивчали прецизійність встановлення імплантатів за допомогою хірургічних шаблонів, що підтримуються слизовою оболонкою беззубих нижніх щелеп, а також були виявлені змінні, що впливають на точність. У дослідженні було використано шість моделей беззубих нижніх щелеп та 15 пацієнтів з беззубими нижніми щелепами. Була розрахована різниця між фактичним розташуванням імплантату та очікуваним положенням, і було виявлено, що хірургічні шаблони, які підтримуються слизовою оболонкою, мають високу точність. Факторами, що впливають на точність, виявилися щільність кісткової тканини та товщина слизової оболонки [10].

In vitro було перевірено точність встановлення імплантатів з використанням настільних 3D-друкованих хірургічних шаблонів з опорою на слизову оболонку. Внутрішньоротовий сканер був використаний для вивчення розміщення 90 імплантатів, встановлених у п'ятнадцять зліпків нижньої щелепи. Отримані результати продемонстрували цей підхід забезпечує клінічно прийнятний ступінь точності. З іншого боку, еластичність слизової оболонки негативно впливає на стабільність шаблонів і збільшує варіації положення імплантату [11].

Метою наступного дослідження було вивчення точності встановлення імплантатів з використанням трьох різних типів хірургічних шаблонів: з опорою на кістку, зуби та слизову оболонку. Було виготовлено 30 нижніх щелеп з акрилової смоли, а 150 імплантатів були сплановані в цифровому вигляді та встановлені з використанням стереолітографічно (SLA) виготовлених шаблонів. Середнє кутове відхилення становило $2,2 \pm 1,2$ градуса, а середнє лінійне – $1,18 \pm 0,42$ мм і $1,44 \pm 0,67$ мм, відповідно, на шийці та верхівці імплантату. Хоча не було статистично значущої різниці в кутових відхиленнях між трьома типами шаблонів, але все ж таки опора на слизову оболонку була менш точною, ніж шаблони з опорою на зуби та кістку [12].

Дослідники порівнювали й точність хірургічних шаблонів з опорою на зуби та на зуби/слизову оболонку для імплантації в ділянці кінцевого дефекту нижньої щелепи з використанням техно-

логій силіконового відбитка та внутрішньоротового сканера. Результати показали, що хірургічні шаблони з опорою на зуби, виготовлені за допомогою сканування, показали кращі результати, ніж традиційні силіконові відбитки. Не було виявлено значних відмінностей у точності між хірургічними шаблонами, що спираються на зуби або слизову оболонку [13].

Метою іншого клінічного дослідження було оцінити точність комп'ютерно-керованої хірургії імплантації з використанням прототипів хірургічних шаблонів. Середнє кутове відхилення складало 2,04 градуси, а середні лінійні відхилення у корональній, центральній та апікальній ділянках – 0,68 мм, 0,72 мм та 0,82 мм відповідно для 61 досліджуваного імплантату. Не було виявлено статистично значущої розбіжності між віртуальним і фактичним положенням імплантатів, що свідчить про те, що безлоскутна комп'ютерна хірургія з віртуальним плануванням є безпечною та точною. Проте, нижня щелепа показала сильнішу тенденцію до більшої абсолютної похибки, ніж верхня щелепа [14].

Була оцінена точність і практичність встановлення зубних імплантатів з використанням хірургічного шаблону з кістковою опорою. За допомогою шаблону було встановлено 38 імплантатів у семи повністю беззубих щелепах із середнім кутовим відхиленням $6,4 \pm 3,7^\circ$ та середнім лінійним відхиленням $1,47 \pm 0,64$ мм і $1,70 \pm 1,01$ мм на рівні шестигранника та верхівки імплантату відповідно. Дослідження показало, що хірургічний шаблон на кістковій основі має хорошу клінічну точність і може бути особливо ефективним у пацієнтів з обмеженим відхиленням рота [15].

У дослідженні Özden вивчалось використання хірургічних шаблонів з опорою на зуби в порівнянні з традиційним мануальним підходом при встановленні 26 імплантатів. Дослідження показує, що хоча хірургічні шаблони з опорою на зуби не можуть підвищити точність встановлення одиночних імплантатів, вони можуть забезпечити менш інтрузивний підхід, що може знизити тривалість операції та рівень післяопераційного дискомфорту. Для підтвердження цих висновків необхідні подальші дослідження з більшими розмірами вибірки [16].

Проблема точності хірургічної шаблонів виготовлених методом фрезерування буда опрацьована Liu та колегами. Середнє глобальне відхилення становило $0,16 \pm 0,06$ мм, а середнє кутове відхилення – $0,61 \pm 0,40$ градусів. Відстань між

гільзою та імплантатом і кут нахилу осі гільзи не впливали на точність [17].

Проводилося порівняння шаблонів з металевими втулками та без них у пацієнтів з частковою відсутністю зубів. Для оцінки точності встановлення імплантатів використовували три показники відхилення. Дослідження показало, що хірургічні шаблони без металевих втулок були більш точними у вертикальному плані та під кутом, ніж традиційні шаблони. Крім того, порівняно з відкритими втулками, використання закритих призвело до більш точної імплантації імплантатів. Дослідження показало, що для підтвердження цих попередніх висновків необхідні подальші дослідження [18].

Метою дослідження Park та колег було встановити точність імплантатів, встановлених за допомогою 3D-друкованого шаблону та неметалевих втулок, а також виявити фактори, які вплинули на відхилення. При аналізі 187 імплантатів, встановлених 72 пацієнтам, було виявлено відхилення 0,65 мм по вертикалі, 3,59° ангулярно, 1,16 мм на рівні платформи та 1,50 мм на верхівці. Більші відхилення спостерігалися в імплантатах, встановлених на нижній щелепі та дистальних ділянках [19].

Точність встановлення імплантатів досліджували за допомогою двох різних програм для планування імплантації: нестоматологічної програми з відкритим вихідним кодом (Slicer/Blender) та комерційного інструменту для планування імплантації зубів (Blue Sky Plan 4). Для кожної групи було використано 20 ідентичних зліпків, а також 10 хірургічних шаблонів. Розбіжності в розташуванні імплантатів оцінювали за допомогою цифрового сканування, а статистичний аналіз проводили за допомогою t-тестів і F-тестів. Аналіз не виявив статистично значущих змін у середніх горизонтальних відхиленнях між двома програмами, проте варіація відхилень була статистично значущою для відхилень платформи та кута нахилу. Дослідження показало, що безкоштовні програми можуть забезпечити й дещо вищу точність при роботі з шаблонами [20].

Точність встановлення імплантатів у дослідженні Rodrigues вивчали за допомогою трьох різних хірургічних методик: традиційної з відкиданням клаптя, подвійної томографії та томографії на моделі. Імплантати встановлювали в манекени частково беззубої верхньої щелепі, а для оцінки варіацій розміщення імплантатів використовували КТ-зображення. Результати показали, що процедури подвійної томографії та томогра-

фії на основі моделі мали менші кутові та лінійні відхилення, ніж стандартна методика. З точки зору точності не було помітної різниці між зазначеними вище двома хірургічними процедурами. У порівнянні з іншими групами, група С (традиційний метод) показала найбільше невідповідностей у розташуванні імплантатів [21].

Використовуючи моделі зубних рядів, дослідники вивчили точність і корисність VARO Guide і NAVI Guide в імплантації. Використовуючи обидва підходи, 20 хірургів – 10 початківців і 10 професійних стоматологів – провели повністю керовану операцію. Згідно з дослідженням, обидва типи шаблонів мали однакові відхилення в розмірах, і не було суттєвої різниці між групами експертів і початківців. Однак, загальний час процедури і час передопераційної підготовки були значно коротшими в операції VARO Guide (26,33 і 19,63 хвилин, відповідно) в порівнянні з операцією NAVI Guide (378,83 і 372,93 хвилин, відповідно) [22].

Мета дослідження Kim та колег – вивчити точність хірургічного втручання з використанням імплантатів за допомогою КТ до та після операції з використанням програми R2GATE. У 11 пацієнтів було встановлено 24 імплантати, виміряно шийкову та апікальну відстані, а також кутове відхилення. Лінійна різниця між запланованими та встановленими імплантатами становила $0,97 \pm 0,37$ мм біля шийки та $1,13 \pm 0,36$ мм на апікальній ділянці, а кутове відхилення – $3,42 \pm 2,12^\circ$, згідно з результатами дослідження. Серед факторів, що впливають на точність встановлення імплантату, були тип опори шаблону, діаметр та довжина імплантату [23].

Точність встановлення імплантатів порівнювали за допомогою хірургічних напрямних, виготовлених за допомогою адитивної (3D-друк) та субтрактивної (фрезерування) процедур. 30 дублікатів надрукованих моделей були використані для встановлення імплантатів за допомогою хірургічних шаблонів, створених за допомогою обох процедур. З точки зору точності, між двома групами не було значних відмінностей. Середнє кутове відхилення для групи друкованих моделей становило $0,78 \pm 0,80^\circ$ і $0,77 \pm 0,72^\circ$ для групи фрезерування. Середня різниця глибини в чотирьох різних місцях також була порівнянною. Згідно з результатами дослідження, 3D-друковані хірургічні шаблони є такими ж точними, як і фрезеровані, та мають додаткові переваги, такі як простота виготовлення та економічна ефективність [24].

Метою іншого дослідження *in vitro* було оцінити вплив різних технологій 3D-друку на точність хірургічної імплантації. Кожна з трьох груп отримала по десять хірургічних шаблонів, надрукованих за допомогою стереолітографії (SLA), PolyJet і MultiJet. Згідно з результатами дослідження, між трьома групами не було статистично значущих змін у кутівому відхиленні, зміщенні платформи або зміщенні верхівки імплантату [25].

У дослідженні Etajuri було вивчено відхилення при встановленні імплантатів з використанням хірургічних шаблонів, виготовлених за допомогою швидкого прототипування (технологія PolyJet). Хірургічні шаблони були використані для встановлення 40 імплантатів у двадцять нижніх щелеп овець. Післяопераційні скани КТ були накладені на передопераційні для розрахунку різниці між віртуально запланованим і фактичним розташуванням імплантатів. Середнє відхилення в коронковій позиції імплантату становило $1,82 \pm 0,74$ мм, $1,54 \pm 0,88$ мм у верхівці імплантату, $0,44 \pm 0,32$ мм у вертикальній площині та $3,01 \pm 1,98^\circ$ у кутівому положенні імплантату. Було виявлено, що варіація розташування імплантатів знаходиться в межах допустимого 2-міліметрового діапазону, зазначеного в літературі [26].

Toyoshima та колеги оцінювали результати роботи лікарів-початківців з використанням моделей *in vitro*. П'ять стоматологів, які не мали досвіду встановлення імплантатів, використовували хірургічні шаблони після передопераційної КТ та віртуального планування. Післяопераційні КТ були використані для оцінки точності позиціонування. Дослідження виявило суттєві зміни в зміщенні осі, тіла та верхівки імплантату між ділянками зубів 4.5 та 4.7, причому більші відхилення були виявлені в ділянці 4.7. Це дослідження підкреслює необхідність проведення досліджень *in vitro* для отримання інформації для майбутніх досліджень, а також необхідність порівняння точності між недосвідченими та досвідченими операторами [27].

Також намагалися з'ясувати, як досвід оператора впливає на точність встановлення імплантатів при використанні стереолітографічних хірургічних шаблонів. Загалом було встановлено 100 імплантатів у 20 беззубих нижніх щелеп чотирма операторами, двоє з яких мали досвід роботи, а двоє – ні. Для кожної групи були розраховані середні похибки кутівому, горизонтального та вертикального відхилення. У порівнянні з недосвідченими операторами, досвідчені продемонстрували значно меншу варіацію кутівой та

горизонтальної похибки на верхівці та платформи імплантату [28].

Висновки

Використання хірургічних шаблонів дозволяє отримувати передбачуваний результат при проведенні операції імплантації. При цьому необхідно враховувати, що незалежно від методики виготовлення та типу опори шаблонів, кінцеве тримірне позиціонування відрізняється від запланованої позиції. Розробка нового програмного забезпечення та апаратів для виготовлення шаблонів може пришвидшити проведення процедур та підвищити точність маніпуляцій стоматологами.

Література

1. Buser D., Bornstein M. M., Weber H. P. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: a cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *Journal of Periodontology*. 2008. Vol. 79, No. 9. P. 1773–1781.
2. Akça K, Iplikçioğlu H., Cehreli M. C. A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002. Vol. 87, No. 2. P. 233–235.
3. Van de Wiele G., Teughels W., Vercruyssen M. The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clinical Oral Implants Research*. 2015. Vol. 26, No. 12. P. 1489–1494.
4. Cassetta M., Pompa G., Di Carlo S. The influence of smoking and surgical technique on the accuracy of mucosa-supported stereolithographic surgical guide in complete edentulous upper jaws. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2012. Vol. 16, No. 11. P. 1546–1553.
5. Schnutenhaus S., Edelmann C., Rudolph H. 3D accuracy of implant positions in template-guided implant placement as a function of the remaining teeth and the surgical procedure: a retrospective study. *Clinical Oral Investigations*. 2018. Vol. 22, No. 6. P. 2363–2372.
6. Verhamme L. M., Meijer G. J., Boumans T. A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2015. Vol. 17, No. 2. P. 343–352.
7. Cristache C. M., Gurbanescu S. Accuracy evaluation of a stereolithographic surgical template for dental implant insertion using 3d superimposition protocol. *International Journal of Dentistry*. 2017. Vol. 2017. P. 4292081.
8. Sun Y., Luebbbers H.-T., Agbaje J. O. Accuracy of dental implant placement using cbct-derived mucosa-supported stereolithographic template. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2015. Vol. 17, No. 5. P. 862–870.

9. Cassetta M., Giansanti M., Di Mambro A., Stefanelli L. V. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2014. Vol. 29, No. 5. P. 1071–1078.

10. Ochi M., Kanazawa M., Sato D. Factors affecting accuracy of implant placement with mucosa-supported stereolithographic surgical guides in edentulous mandibles. *Computers in Biology and Medicine*. 2013. Vol. 43, No. 11. P. 1653–1660.

11. D'haese R., Vrombaut T., Homme G. Accuracy of guided implant surgery in the edentulous jaw using desktop 3d-printed mucosal supported guides. *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 391.

12. Turbush S. K., Turkyilmaz I. Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2012. Vol. 108, No. 3. P. 181–188.

13. Nagata K., Fuchigami K., Hoshi N. Accuracy of guided surgery using the silicon impression and digital impression method for the mandibular free end: a comparative study. *International Journal of Implant Dentistry*. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 2.

14. Cunha R. M., Souza F. A., Hadad H. Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021. Vol. 125, No. 2. P. 266–272.

15. Sun Y., Luebbbers H.-T., Agbaje J. O. Accuracy of a dedicated bone-supported surgical template for dental implant placement with direct visual control. *Journal of Healthcare Engineering*. 2015. Vol. 6, No. 4. P. 779–789.

16. Özden Yüce M., Günbay T., Güniz Baksı B. Clinical benefits and effectiveness of static computer-aided implant surgery compared with conventional freehand method for single-tooth implant placement. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. 2020. Vol. 121, No. 5. P. 534–538.

17. Liu X., Liu J., Feng H., Pan S. Accuracy of a milled digital implant surgical guide: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022. Vol. 127, No. 3. P. 453–461.

18. Tallarico M., Martinolli M., Kim Y. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using two different surgical templates designed with or without metallic sleeves: a randomized controlled trial. *Dentistry Journal*. 2019. Vol. 7, No. 2. P. 41.

19. Park J.-Y., Song Y. W., Park S.-H. Clinical factors influencing implant positioning by guided surgery using a nonmetal sleeve template in the partially edentulous ridge: multiple regression analysis of a prospective cohort. *Clinical Oral Implants Research*. 2020. Vol. 31, No. 12. P. 1187–1198.

20. Talmazov G., Bencharit S., Waldrop T. C., Ammoun R. Accuracy of implant placement position using nondental open-source software: an in vitro study. *Journal*

of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists. 2020. Vol. 29, No. 7. P. 604–610.

21. Rodrigues J. M. M., Santos P. L., Mendonça G. Assessment of deviations of implants installed with prototyped surgical guide and conventional guide: in vitro study. *European Journal of Dentistry*. 2022. Vol. 17, No. 1. P. 39–45.

22. Song Y. W., Kim J., Kim J.-H. Accuracy of dental implant placement by a novel in-house model-free and zero-setup fully guided surgical template made of a light-cured composite resin (varo guide®): a comparative in vitro study. *Materials (Basel, Switzerland)*. 2021. Vol. 14, No. 14. P. 4023.

23. Kim M.-J., Jeong J. Y., Ryu J. Accuracy of digital surgical guides for dental implants. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*. 2022. Vol. 44, No. 1. P. 35.

24. Henprasert P., Dawson D. V., El-Kerdani T. Comparison of the accuracy of implant position using surgical guides fabricated by additive and subtractive techniques. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*. 2020. Vol. 29, No. 6. P. 534–541.

25. Herschdorfer L., Negreiros W. M., Gallucci G. O., Hamilton A. Comparison of the accuracy of implants placed with cad-cam surgical templates manufactured with various 3d printers: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021. Vol. 125, No. 6. P. 905–910.

26. Etajuri E. A., Suliman E., Mahmood W. A. A. Deviation of dental implants placed using a novel 3d-printed surgical guide: an in vitro study. *Dental and Medical Problems*. 2020. Vol. 57, No. 4. P. 359–362.

27. Toyoshima T., Tanaka H., Sasaki M. Accuracy of implant surgery with surgical guide by inexperienced clinicians: an in vitro study. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2015. Vol. 1, No. 1. P. 10–17.

28. Cushen S. E., Turkyilmaz I. Impact of operator experience on the accuracy of implant placement with stereolithographic surgical templates: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013. Vol. 109, No. 4. P. 248–254.

References

1. Buser, D., Bornstein, M. M., Weber, H. P., Grütter, L., Schmid, B., & Belser, U. C. (2008). Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: A cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *Journal of Periodontology*, 79(9), 1773–1781

2. Akça, K., Iplikçioğlu, H., & Cehreli, M. C. (2002). A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(2), 233–235.

3. Van de Wiele, G., Teughels, W., Vercruyssen, M., Coucke, W., Temmerman, A., & Quirynen, M. (2015). The accuracy of guided surgery via mucosa-supported

stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clinical Oral Implants Research*, 26(12), 1489–1494.

4. Cassetta, M., Pompa, G., Di Carlo, S., Piccoli, L., Pacifici, A., & Pacifici, L. (2012). The influence of smoking and surgical technique on the accuracy of mucosa-supported stereolithographic surgical guide in complete edentulous upper jaws. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 16(11), 1546–1553.

5. Schnutenhaus, S., Edelmann, C., Rudolph, H., Dreyhaupt, J., & Luthardt, R. G. (2018). 3D accuracy of implant positions in template-guided implant placement as a function of the remaining teeth and the surgical procedure: A retrospective study. *Clinical Oral Investigations*, 22(6), 2363–2372.

6. Verhamme, L. M., Meijer, G. J., Boumans, T., de Haan, A. F. J., Bergé, S. J., & Maal, T. J. J. (2015). A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(2), 343–352.

7. Cristache, C. M., & Gurbanescu, S. (2017). Accuracy Evaluation of a Stereolithographic Surgical Template for Dental Implant Insertion Using 3D Superimposition Protocol. *International Journal of Dentistry*, 2017, 4292081.

8. Sun, Y., Luebbbers, H.-T., Agbaje, J. O., Schepers, S., Politis, C., Van Slycke, S., & Vrielinck, L. (2015). Accuracy of Dental Implant Placement Using CBCT-Derived Mucosa-Supported Stereolithographic Template. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(5), 862–870.

9. Cassetta, M., Giansanti, M., Di Mambro, A., & Stefanelli, L. V. (2014). Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(5), 1071–1078.

10. Ochi, M., Kanazawa, M., Sato, D., Kasugai, S., Hirano, S., & Minakuchi, S. (2013). Factors affecting accuracy of implant placement with mucosa-supported stereolithographic surgical guides in edentulous mandibles. *Computers in Biology and Medicine*, 43(11), 1653–1660.

11. D'haese, R., Vrombaut, T., Homme, G., De Bruyn, H., & Vandeweghe, S. (2021). Accuracy of Guided Implant Surgery in the Edentulous Jaw Using Desktop 3D-Printed Mucosal Supported Guides. *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), 391.

12. Turbush, S. K., & Turkyilmaz, I. (2012). Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(3), 181–188.

13. Nagata, K., Fuchigami, K., Hoshi, N., Atsumi, M., Kimoto, K., & Kawana, H. (2021). Accuracy of guided surgery using the silicon impression and digital impression method for the mandibular free end: A comparative study. *International Journal of Implant Dentistry*, 7(1), 2.

14. Cunha, R. M., Souza, F. Á., Hadad, H., Poli, P. P., Maiorana, C., & Carvalho, P. S. P. (2021). Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(2), 266–272.

15. Sun, Y., Luebbbers, H.-T., Agbaje, J. O., Kong, L., Schepers, S., Daems, L., Legrand, P., Jacobs, R., Politis, C., & Vrielinck, L. (2015). Accuracy of a Dedicated Bone-Supported Surgical Template for Dental Implant Placement with Direct Visual Control. *Journal of Healthcare Engineering*, 6(4), 779–789.

16. Özden Yüce, M., Günbay, T., Güniz Baksı, B., Çömlekoğlu, M., & Mert, A. (2020). Clinical benefits and effectiveness of static computer-aided implant surgery compared with conventional freehand method for single-tooth implant placement. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 121(5), 534–538.

17. Liu, X., Liu, J., Feng, H., & Pan, S. (2022). Accuracy of a milled digital implant surgical guide: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(3), 453–461.

18. Tallarico, M., Martinolli, M., Kim, Y., Cocchi, F., Meloni, S. M., Alushi, A., & Xhanari, E. (2019). Accuracy of Computer-Assisted Template-Based Implant Placement Using Two Different Surgical Templates Designed with or without Metallic Sleeves: A Randomized Controlled Trial. *Dentistry Journal*, 7(2), 41.

19. Park, J.-Y., Song, Y. W., Park, S.-H., Kim, J.-H., Park, J.-M., & Lee, J.-S. (2020). Clinical factors influencing implant positioning by guided surgery using a nonmetal sleeve template in the partially edentulous ridge: Multiple regression analysis of a prospective cohort. *Clinical Oral Implants Research*, 31(12), 1187–1198.

20. Talmazov, G., Bencharit, S., Waldrop, T. C., & Ammoon, R. (2020). Accuracy of Implant Placement Position Using Nondental Open-Source Software: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 29(7), 604–610.

21. Rodrigues, J. M. M., Santos, P. L., Mendonça, G., Faloni, A. P. de S., Finoti, L. S., & Margonar, R. (2022). Assessment of Deviations of Implants Installed with Prototyped Surgical Guide and Conventional Guide: In Vitro Study. *European Journal of Dentistry*. 2022 Feb;17(1):39-45.

22. Song, Y. W., Kim, J., Kim, J.-H., Park, J.-M., Jung, U.-W., & Cha, J.-K. (2021). Accuracy of Dental Implant Placement by a Novel In-House Model-Free and Zero-Setup Fully Guided Surgical Template Made of a Light-Cured Composite Resin (VARO Guide®): A Comparative In Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(14), 4023.

23. Kim, M.-J., Jeong, J. Y., Ryu, J., Jung, S., Park, H.-J., Oh, H.-K., & Kook, M.-S. (2022). Accuracy of digital surgical guides for dental implants. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 44(1), 35.

24. Henprasert, P., Dawson, D. V., El-Kerdani, T., Song, X., Couso-Queiruga, E., & Holloway, J. A. (2020).

Comparison of the Accuracy of Implant Position Using Surgical Guides Fabricated by Additive and Subtractive Techniques. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 29(6), 534–541.

25. Herschdorfer, L., Negreiros, W. M., Gallucci, G. O., & Hamilton, A. (2021). Comparison of the accuracy of implants placed with CAD-CAM surgical templates manufactured with various 3D printers: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 905–910.

26. Etajuri, E. A., Suliman, E., Mahmood, W. A. A., Ibrahim, N., Buzayan, M., & Mohd, N. R. (2020). Deviation

of dental implants placed using a novel 3D-printed surgical guide: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*, 57(4), 359–362.

27. Toyoshima, T., Tanaka, H., Sasaki, M., Ichimaru, E., Naito, Y., Matsushita, Y., Koyano, K., & Nakamura, S. (2015). Accuracy of implant surgery with surgical guide by inexperienced clinicians: An in vitro study. *Clinical and Experimental Dental Research*, 1(1), 10–17.

28. Cushen, S. E., & Turkyilmaz, I. (2013). Impact of operator experience on the accuracy of implant placement with stereolithographic surgical templates: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(4), 248–254.