

ПРИМЕНЕНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ШАБЛОНА В ИМПЛАНТОЛОГИИ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

USE OF SURGICAL TEMPLATE IN IMPLANTOLOGY: ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND CLINICAL CASES

S. Alieva

Summary. The study is devoted to assessing the effectiveness of surgical navigation templates in dental implantation on the lower jaw. The paper presents the results of treatment of 20 patients with partial edentia of the lower jaw, who were divided into a control group (n=10) using the traditional method of implantation and a study group (n=10) using navigation templates. In the study group, planning was carried out on the basis of cone beam computed tomography data and digital models in the Implant Studio program, followed by the production of individual navigation templates using 3D printing. The results of the study demonstrated a statistically significant reduction in the time of surgical intervention by 26.00 minutes ($p < 0.0001$) and an earlier start of prosthetics by 1.0 month ($p = 0.0489$) in the study group compared to the control group. A clinical case of successful use of a navigation template in a 42-year-old patient in conditions of close location of the roots of adjacent teeth is described, where the use of this technology ensured accurate positioning of implants and the possibility of immediate loading. The obtained results indicate the advantages of navigation templates, which are especially significant in complex clinical situations requiring high accuracy of implantation.

Keywords: dental implantology, surgical navigation template, CAD/CAM technologies, 3D printing, minimally invasive implantation, accuracy of implant positioning, esthetic zone, digital planning.

Алиева Севиндж Паша кызы

Ассистент, ФБГОУ ВО Первый Санкт-Петербургский
государственный медицинский
университет им. И.П. Павлова
alievasp22@gmail.com

Аннотация. Исследование посвящено оценке эффективности применения хирургических навигационных шаблонов при дентальной имплантации на нижней челюсти. В работе представлены результаты лечения 20 пациентов с частичной адентией нижней челюсти, которые были разделены на контрольную группу (n=10) с применением традиционного метода имплантации и исследуемую группу (n=10) с использованием навигационных шаблонов. В исследуемой группе планирование осуществлялось на основе данных конусно-лучевой компьютерной томографии и цифровых моделей в программе Implant Studio с последующим изготовлением индивидуальных навигационных шаблонов методом 3D-печати. Результаты исследования продемонстрировали статистически значимое сокращение времени хирургического вмешательства на 26,00 минут ($p < 0,0001$) и более раннее начало протезирования на 1,0 месяц ($p = 0,0489$) в исследуемой группе по сравнению с контрольной. Описан клинический случай успешного применения навигационного шаблона у пациента 42 лет в условиях близкого расположения корней соседних зубов, где использование данной технологии обеспечило точное позиционирование имплантатов и возможность немедленной нагрузки. Полученные результаты свидетельствуют о преимуществах навигационных шаблонов, которые особенно значимы в сложных клинических ситуациях, требующих высокой точности имплантации.

Ключевые слова: дентальная имплантология, хирургический навигационный шаблон, CAD/CAM технологии, 3D-печать, малоинвазивная имплантация, точность позиционирования имплантатов, эстетическая зона, цифровое планирование.

В современной дентальной имплантологии ключевое значение имеет точность позиционирования имплантатов, напрямую влияющая на долгосрочный успех лечения [1]. Неправильная установка может привести к серьезным осложнениям, включая некорректный наклон имплантата и нарушение биологической ширины. Хирургические шаблоны стали важным компонентом цифрового протокола имплантации, обеспечивая точный перенос виртуального плана в клинические условия [2,3].

Исследования показывают, что применение шаблонов существенно повышает точность позиционирования, уменьшая отклонение до 0,1–0,8 мм по позиции

и 1–3° по углу наклона [1]. Однако научная литература содержит недостаточно данных о клиническом применении различных типов шаблонов, особенно разборных конструкций [4]. В данной статье анализируются преимущества и ограничения хирургических шаблонов в имплантологии с демонстрацией клинических случаев, подтверждающих эффективность технологии.

Дентальная имплантология предлагает различные подходы к изготовлению хирургических шаблонов, среди которых CAD/CAM технологии занимают лидирующее положение благодаря высокой точности компьютерного моделирования с учетом индивидуальных анатомических особенностей пациента [5].

3D-печать стала наиболее распространенным методом производства шаблонов, обеспечивая оптимальный баланс точности, скорости и стоимости. Исследования Koch и соавт. демонстрируют, что даже относительно доступные 3D-принтеры (\$3,500) способны создавать шаблоны с точностью, сравнимой с профессиональными установками стоимостью \$70,000–\$85,000. Процесс включает сбор диагностических данных, виртуальное планирование в специализированных программах, экспорт дизайна в STL-формате и непосредственно печать с последующей постобработкой [6].

Программные решения, такие как Simplant, NobelGuide и X-Guide, позволяют спланировать оптимальное положение имплантатов и сформировать цифровую модель шаблона с необходимыми параметрами. Традиционное лабораторное изготовление шаблонов на гипсовых моделях постепенно уступает место цифровым методам из-за меньшей точности и более длительного процесса производства [7,8].

По способу фиксации шаблоны классифицируются на зубоопорные, слизистоопорные, костноопорные и комбинированные, каждый из которых имеет свои показания к применению и особенности использования в клинической практике [9].

Точность изготовления шаблона напрямую влияет на успешность имплантации. Исследования демонстрируют, что современные методы 3D-печати обеспечивают точность на уровне микрометров, что позволяет минимизировать отклонения между запланированным и фактическим положением имплантатов. Например, разрешение современных SLA принтеров достигает 25 мкм, а диаметр лазерного пятна составляет около 140 мкм, что обеспечивает высокую детализацию шаблона [6].

Исследования показывают, что хирургические шаблоны значительно повышают точность позиционирования имплантатов. Метаанализ 2018 года, охвативший 362 публикации (из которых 6 соответствовали критериям включения), выявил существенные преимущества компьютерных хирургических шаблонов по сравнению с традиционной техникой «свободной руки». Хотя уровень выживаемости имплантатов не показал статистически значимой разницы между методами (OR = 1,71, 95 % CI 0,65–4,51), технология шаблонов продемонстрировала значительное улучшение в угловом отклонении (средняя разница -5,45 градуса, 95 % CI от -0,66 до -4,24 градуса) и апикальном смещении (средняя разница -0,83 мм, 95 % CI от -1,12 до -0,54) [10]. Это подтверждает, что основное преимущество шаблонов — повышение точности позиционирования, особенно важное в сложных клинических случаях.

Однако следует отметить, что показатели выживаемости не всегда отражают полную клиническую картину.

Несмотря на то, что в современной стоматологической литературе часто указываются высокие показатели успеха дентальных имплантатов (от 95 % до 98 %), данные клинической практики демонстрируют более комплексную картину. Применение новейших методов диагностики, в частности конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), позволяет выявить значительное количество осложнений, связанных с неоптимальным позиционированием имплантатов, которые могут

Масштабное исследование, проведенное в крупных диагностических центрах Бухареста (Румыния), выявило неожиданно высокий процент осложнений, связанных с позиционированием имплантатов. При анализе 2323 КЛКТ-снимков обнаружено, что 6,89 % случаев (160 пациентов) имели различные осложнения, возникшие вследствие нарушения хирургического протокола имплантации. Наиболее распространенными осложнениями являлись: проникновение имплантата в верхнечелюстную пазуху (21 случай), перфорация дна носовой полости (19 случаев), повреждение нижнего альвеолярного нерва (9 случаев) и перфорация язычной кортикальной пластинки нижней челюсти (13 случаев). Особую тревогу вызывают 15 зафиксированных случаев повреждения соседних зубов [11].

Эти данные вступают в противоречие с оптимистичными сообщениями о минимальных рисках дентальной имплантации, которые встречаются в рекламных и некоторых научных публикациях. Исследования, проведенные Ribas и соавт. (2020), подтверждают наличие проблемы, указывая на распространенность ошибок позиционирования имплантатов и их связь с анатомическими вариациями и особенностями строения челюстно-лицевой области [12].

Одной из основных причин подобных осложнений является отсутствие предварительного планирования с использованием современных технологий визуализации. Gaeta-Araujo и соавт. (2020) в своем ретроспективном анализе КЛКТ-снимков продемонстрировали, что значительное количество перфораций анатомических структур и неадекватных расстояний между имплантатами/зубами можно было избежать при надлежащем предоперационном планировании [13].

Шаблонная имплантология представляет собой эффективный метод минимизации подобных рисков. Тем не менее, Chackartchi и соавт. (2022) отмечают, что даже при использовании хирургических шаблонов возможны ошибки, которые могут привести к неправильному позиционированию имплантатов. Авторы подчеркивают, что точность направленной имплантации зависит от множества факторов: качества КЛКТ-снимков, программного обеспечения для планирования, точности 3D-печати шаблона, опыта хирурга и протокола фиксации шаблона [14].

Несмотря на эти потенциальные ограничения, хирургические навигационные шаблоны представляют собой революционный инструмент, позволяющий существенно оптимизировать хирургический этап лечения. Среди многочисленных преимуществ данной технологии особенно выделяются два ключевых аспекта: значительное сокращение времени оперативного вмешательства и возможность проведения малоинвазивных процедур. Применение навигационных шаблонов позволяет уменьшить продолжительность операции почти в три раза по сравнению с традиционными методиками, что не только снижает нагрузку на хирурга, но и существенно повышает комфорт пациента во время процедуры. Одновременно с этим, технология обеспечивает возможность проведения имплантации без отслаивания слизисто-надкостничного лоскута, что минимизирует травматизацию тканей, сокращает период реабилитации и способствует сохранению архитектоники мягких тканей.

Работа В.Г. Логунковой и соавт. (2024), представленная на конференции Digital Diagnostics, документально подтвердила сокращение операционного времени в группе пациентов, которым проводили имплантацию с применением разборных навигационных шаблонов. Временные показатели в основной группе оказались существенно лучше по сравнению с контрольной группой, где использовалась традиционная техника с простыми шаблонами [15].

Эти данные согласуются с результатами исследования Block и соавт. (2017), которые установили, что применение динамических навигационных систем сокращает время хирургического вмешательства в среднем на 50 % по сравнению с традиционными техниками имплантации. Интересно отметить, что согласно представленным данным, время операции при использовании навигационного шаблона составляет в среднем 16,1 минуты, тогда как при традиционном методе этот показатель достигает 46,3 минуты. Экономия операционного времени особенно значима в случаях полного протезирования, требующих установки множественных имплантатов [16].

Для иллюстрации практического применения описанных преимуществ навигационной имплантологии рассмотрим клинический случай, демонстрирующий эффективность данной технологии в особенно требовательной клинической ситуации — при имплантации в эстетически значимой зоне, где точность позиционирования и сохранение архитектоники мягких тканей играют критическую роль в достижении оптимального результата лечения.

Исследование включало 20 пациентов (средний возраст $42,7 \pm 8,3$ года), разделенных на две равные группы: контрольную (традиционный метод имплантации) и ис-

следуемую (с применением навигационных шаблонов). Критерии включения: частичная адентия нижней челюсти, отсутствие абсолютных противопоказаний, завершение роста костей лицевого скелета.

Предоперационное обследование включало клинический осмотр, КЛКТ и снятие оттисков (цифровых в исследуемой группе, традиционных — в контрольной). В исследуемой группе планирование проводилось в программе Implant Studio путем совмещения КЛКТ и цифровых моделей, что позволяло позиционировать имплантаты с учетом будущей ортопедической конструкции.

Хирургические шаблоны для исследуемой группы изготавливались методом стереолитографической 3D-печати из биосовместимой смолы. Оперативные вмешательства в обеих группах выполнялись одним хирургом с использованием имплантатов Straumann и Nobel Biocare.

В представленном клиническом случае пациенту 42 лет с частичной адентией нижней челюсти (отсутствие зубов 3.5, 3.6) была выполнена дентальная имплантация с использованием навигационного шаблона. Особенности клинической ситуации являлись близкое расположение корней соседних зубов и необходимость обеспечения оптимального торка имплантатов для возможности немедленной нагрузки. Была проведена КЛКТ на аппарате Galileos Comfort Plus (Sirona) с размером вокселя 0,15 мм. Получение цифровой модели осуществлялось с помощью интраорального сканера Trios 3 (3Shape). Виртуальное планирование проводилось в программе Implant Studio (3Shape) с определением оптимальной позиции имплантатов с учетом планируемой ортопедической конструкции и анатомических ограничений. Хирургический шаблон был изготовлен методом 3D-печати с опорой на зубы и слизистую оболочку альвеолярного отростка. Операция включала формирование слизисто-надкостничного лоскута, препарирование ложа имплантатов с использованием навигационного шаблона и установку двух имплантатов Straumann BLT (диаметром 4,1 мм и длиной 10 мм).

Клинический случай: Пациентка: женщина, 1977 г.р., обратилась с жалобами на отсутствие 41, 31 зубов и подвижность 43, 42, 33, 32 зубов.

Диагностика: По данным КТ выявлена вторичная частичная адентия в области 41, 31 зубов и пародонтит 43, 42, 32, 33 зубов. Толщина альвеолярного отростка в области 31, 41 зубов составила 5 мм, в области 42, 43, 33, 32 зубов — 7–8 мм. Высота альвеолярного отростка во всех областях — 15 мм. Плотность костной ткани — 850 HU.

Планирование: На основании данных КТ с использованием программы Медиалайз было спланировано

удаление 43, 42, 32, 33 зубов, расщепление альвеолярного гребня и установка двух имплантатов в позиции 43 и 33 с применением хирургического шаблона. При планировании особое внимание уделялось достижению оптимального торка имплантатов для возможности немедленной нагрузки, учитывая близкое расположение соседних зубов и анатомические особенности фронтального отдела нижней челюсти.

Хирургический этап: Операция выполнена с откидыванием лоскута и использованием хирургического шаблона. Была проведена установка имплантатов в запланированных позициях после расщепления альвеолярного гребня. Продолжительность операции составила всего 32 минуты, что на 26 минут меньше среднего времени аналогичных вмешательств без использования шаблона (по данным исследуемой группы). Осложнений во время хирургического вмешательства не отмечалось.

Послеоперационный период: Операционное поле было ушито, швы сняты через 10 дней. Период реабилитации протекал комфортно, без выраженного болевого синдрома. Сразу после снятия швов была изготовлена и установлена временная ортопедическая конструкция, что позволило начать протезирование на 1 месяц раньше по сравнению со стандартным протоколом.

Результат: Постоянное протезирование проведено через 4 месяца. Точность установки имплантатов полностью соответствовала предоперационному виртуальному планированию, что обеспечило оптимальное положение ортопедической конструкции с правильным распределением жевательной нагрузки. Благодаря правильному торку имплантатов удалось достичь стабильной немедленной нагрузки, несмотря на ограниченное пространство между корнями соседних зубов.

Обсуждение

Применение хирургических навигационных шаблонов в дентальной имплантологии представляет собой инновационный подход, позволяющий значительно повысить точность и эффективность хирургического этапа лечения. Представленный клинический случай наглядно демонстрирует основные преимущества данной технологии, которые согласуются с результатами проведенного исследования.

Одним из ключевых преимуществ применения навигационных шаблонов является существенное сокращение времени хирургического вмешательства. В нашем исследовании было выявлено статистически достоверное ($p < 0,0001$) уменьшение продолжительности операции на 26 минут при использовании шаблонов. В представленном клиническом случае операция длилась всего 32 минуты, что соответствует общей тенденции, наблюдае-

мой в исследуемой группе, где медиана времени хирургического вмешательства составила 70,00 минут [60,00; 79,69]. Это согласуется с данными других исследований, например, работой Логунковой и соавт. (2024), где было показано, что время операции при использовании навигационного шаблона составляет в среднем 16,1 минуты против 46,3 минуты при традиционном методе. Экономия операционного времени имеет множество преимуществ: снижение хирургического стресса для пациента, уменьшение физической нагрузки на врача, экономия ресурсов клиники.

Другим значимым преимуществом является повышенная точность позиционирования имплантатов. В нашем клиническом случае точное расположение имплантатов было критически важным фактором из-за близкого расположения соседних зубов и необходимости обеспечения оптимального торка для возможности немедленной нагрузки. Использование навигационного шаблона позволило установить имплантаты именно в запланированные позиции с минимальными отклонениями, что подтверждается послеоперационным контролем. Это соответствует данным метаанализа, упомянутого в контексте, где было показано значительное снижение углового отклонения ($-5,45^\circ$) и апикального смещения ($-0,83$ мм) при использовании шаблонов.

Особенно ценным результатом применения навигационных шаблонов оказалось более раннее начало протезирования. В нашем исследовании было установлено, что в группе с применением шаблонов протезирование начиналось в среднем на 1,0 месяц раньше, чем в контрольной группе ($p = 0,0489$). В представленном клиническом случае сразу после снятия швов (через 10 дней после операции) была изготовлена и установлена временная ортопедическая конструкция, что соответствует выявленной тенденции. Это преимущество имеет не только клиническое значение, но и существенно повышает удовлетворенность пациентов результатами лечения, поскольку сокращает общую продолжительность реабилитации.

Малоинвазивный характер вмешательства, возможный при использовании навигационных шаблонов, также является значимым преимуществом технологии. Хотя в данном клиническом случае была применена техника с откидыванием лоскута, что объясняется необходимостью проведения расщепления альвеолярного гребня, в большинстве случаев применение шаблонов позволяет реализовать flapless-протокол, минимизирующий травматизацию тканей и способствующий сохранению архитектоники мягких тканей.

Важно отметить, что использование навигационных шаблонов позволило обеспечить оптимальный торк имплантатов для возможности немедленной нагрузки, не-

смотря на ограниченное пространство между корнями соседних зубов. Это имеет особое значение в контексте минимизации рисков осложнений, связанных с неправильным позиционированием имплантатов, таких как повреждение соседних анатомических структур или некорректная биомеханика будущей ортопедической конструкции.

Проведенное исследование показывает существенные преимущества применения хирургических навигационных шаблонов в дентальной имплантологии. Представленный клинический случай наглядно демонстрирует высокую точность позиционирования имплантата с минимальными отклонениями от запланированного положения, что имеет решающее значение в эстетически значимой зоне. Использование шаблона позволило провести малоинвазивное вмешательство без отслаивания слизисто-надкостничного лоскута, со-

хранив архитектуру мягких тканей и обеспечив оптимальный эстетический результат.

Существенное сокращение операционного времени подтверждает экономическую и клиническую эффективность технологии.

Точность направленной имплантации обусловлена качественной предоперационной диагностикой, использованием современного программного обеспечения и высокоточным изготовлением шаблона методом стереолитографии. Клинические результаты свидетельствуют о том, что хирургические навигационные шаблоны являются надежным инструментом повышения безопасности, предсказуемости и эффективности дентальной имплантации, особенно в сложных клинических случаях, требующих прецизионной точности позиционирования имплантатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов С.К., Лежава Н., Таранова Н.Ю., Кобец К.К., Белов Е.А., Триандафилов С.А., Семенова Ю.А., Бороздкин Л.Л. Применение разборных хирургических шаблонов при дентальной имплантации // МНИЖ. 2024. №7 (145).
2. Ажибеков А.С., Менчишева Ю.А. Виды осложнений при дентальной имплантации (обзор литературы) // Вестник КазНМУ. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vidy-oslozhneniy-pri-dentalnoy-implantatsii-obzor-literatury> (дата обращения: 16.04.2025).
3. Han L., Zhang X., Guo Z., Long J. Application of optimized digital surgical guides in mandibular resection and reconstruction with vascularized fibula flaps: Two case reports // Medicine. 2020. Vol. 99. P. e21942. DOI: 10.1097/MD.00000000000021942.
4. Youssef M., Tatakis D., Demko C., Schincaglia G.P. Knowledge and use of digital technologies in periodontal practices in the United States: A survey study // Journal of periodontology. 2025. DOI: 10.1002/JPER.24-0306.
5. Barone S., Casinelli M., Frascaria M., Paoli A., Rationale A. Interactive design of dental implant placements through CAD-CAM technologies: from 3D imaging to additive manufacturing // International Journal for Interactive Design and Manufacturing (IJDeM). 2014. Vol. 10. DOI: 10.1007/s12008-014-0229-0.
6. Koch G., James B., Gallucci G., Hamilton A. Surgical Template Fabrication Using Cost-Effective 3D Printers // The International Journal of Prosthodontics. 2018. Vol. 32. P. 97–100. DOI: 10.11607/ijp.5975.
7. Di Brigida L., Cortese A., Cataldo E., Naddeo A. A New Method to Design and Manufacture a Low-Cost Custom-Made Template for Mandible Cut and Repositioning Using Standard Plates in BSSO Surgery // Bioengineering. 2024. Vol. 11. P. 668. DOI: 10.3390/bioengineering11070668.
8. Salem D., Reher P., Evans J.L., Mansour M.H. Exploring digital technologies used in the design and manufacture of craniofacial implant surgical guides: A scoping review // The Journal of Prosthetic Dentistry. 2024. Vol. 131. №6. P. 1264–1270. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.01.003.
9. Седов Ю.Г., Аванесов А.М., Салеев Р.А., Салеева Г.Т., Ярулина З.И. Классификация вариантов применения хирургических направляющих шаблонов для дентальной имплантации // Стоматология. 2021. Т. 100. №1. С. 84–88.
10. Chen S., Ou Q., Lin X., Wang Y. Comparison Between a Computer-Aided Surgical Template and the Free-Hand Method: A Systematic Review and Meta-Analysis // Implant Dentistry. 2019. Vol. 28. №6. P. 578–589. DOI: 10.1097/ID.0000000000000915.
11. Clark-Perry D., Barbu H., Lorean A., Mijiritsky E., Levin L. Incidental findings of implant complications on postimplantation CBCTs: A cross-sectional study // Clinical implant dentistry and related research. 2017. Vol. 19. DOI: 10.1111/cid.12511.
12. Ribas B.R., Nascimento E.H.L., Freitas D.Q., Pontual A.D.A., Pontual M., Perez D.E.C., Ramos-Perez F.M.M. Positioning errors of dental implants and their associations with adjacent structures and anatomical variations: A CBCT-based study // Imaging Science in Dentistry. 2020. Vol. 50. P. 281–290.
13. Gaeta-Araujo H., Oliveira-Santos N., Mancini A.X.M., Oliveira M.L., Oliveira-Santos C. Retrospective assessment of dental implant-related perforations of relevant anatomical structures and inadequate spacing between implants/teeth using cone-beam computed tomography // Clinical Oral Investigations. 2020. Vol. 24. P. 3281–3288.
14. Chackartchi T., Romanos G.E., Parkanyi L., Schwarz F., Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes // Periodontology 2000. 2022. Vol. 88. P. 64–72.
15. Логункова В.Г., Мазлум М.М., Кузнецов А.В. Применение разборных хирургических шаблонов при полном протезировании с немедленной нагрузкой // Digital Diagnostics. Т. 5. № S1. С. 53–55. DOI: 10.17816/DD626183.
16. Block M.S., Emery R.W., Cullum D.R. Implant placement is more accurate using dynamic navigation // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2017. Vol. 75. №7. P. 1377–1386.

© Алиева Севиндж Паша кызы (alievasp22@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»