

DOI: 10.18481/2077-7566-22-18-1-37-45
УДК : 616.31-08

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НАВИГАЦИОННОЙ ХИРУРГИИ ПРИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Мельников Ю. А.¹, Жолудев С. Е.²

¹ АНО «Объединение «Стоматология»», филиал № 6, г. Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация

В этом обзоре освещаются преимущества и недостатки различных методов навигационной хирургии при операции дентальной имплантации, способствующих точному хирургическому размещению имплантатов. Данную методику можно разделить на динамическую (ДН) и статическую навигацию, а статическую навигацию можно разделить на полную (ПН) (полный хирургический протокол) и пилотную хирургию. Динамическая навигация (ДН) включает в себя подходы, управляемые сверлением, и подходы, управляемые без вычислений. При динамической навигации формирование костного ложа и установка имплантата полностью отслеживаются с помощью специального программного обеспечения, в то время как статическая навигация относится к использованию статических навигационных шаблонов. Полный хирургический протокол, связанный с «безлоскутной» хирургией и направляющими для фрез, продемонстрировал высочайшую точность, за которой следует и пилотная хирургия, способная обеспечить сопоставимые результаты, в то время как установка имплантатов без компьютера обеспечивает наименьшую точность при передаче позиционирования имплантата от предоперационного планирования пациенту. Кроме того, хирургический этап без откидывания лоскута связан с уменьшением боли, меньшим потреблением обезболивающих, меньшим отеком, сокращением времени пребывания в кресле и снижением риска кровотечения при одновременном достижении большей удовлетворенности пациента. Тем не менее, другие методы, такие как некомпьютерные процедуры имплантации, требуют большего хирургического опыта для преодоления их ограничений. По-прежнему имеется мало доказательств в поддержку динамической хирургии, и необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: дентальная имплантация, навигационная хирургия, прецизионность положения имплантата, динамическая навигация, имплантологические шаблоны

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Юрий Андреевич МЕЛЬНИКОВ ORCID ID 0000-0002-1458-1497

врач-стоматолог-хирург, АНО «Объединение «Стоматология», филиал № 6, г. Екатеринбург, Россия

+7 (902) 27 47469

yuramelnikov69@gmail.com

Сергей Егорович ЖОЛУДЕВ ORCID ID 0000-0001-5793-0629

д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии и стоматологии общей практики,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

ortoped_stom@mail.ru

Адрес для переписки: Юрий Андреевич МЕЛЬНИКОВ

620149, г. Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, д. 43а, кв. 4б

+7 (902) 27 47469

yuramelnikov69@gmail.com

Образец цитирования:

Мельников Ю. А., Жолудев С. Е.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НАВИГАЦИОННОЙ ХИРУРГИИ ПРИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ. Проблемы стоматологии. 2022; 1: 37-45.

© Мельников Ю. А. и др., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-22-18-1-37-45

Поступила 24.02.2022. Принята к печати 16.03.2022

DOI: 10.18481/2077-7566-22-18-1-37-45
УДК : 616.31-08

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NAVIGATION SURGERY FOR DENTAL IMPLANTATION

Melnikov Yu.A.¹, Zholudev S.E.²

¹ ANO «Ob'yedineniye "Stomatologiya"», branch No. 6, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Annotation

This review highlights the advantages and disadvantages of various methods of navigation surgery during dental implantation surgery, which contribute to the precise surgical placement of implants. This technique can be divided into: dynamic (DN) and static navigation (SN), and static navigation can be divided into full (FN) (full surgical protocol) and pilot surgery (PS). Dynamic navigation (DN) includes drilling-driven approaches and non-computing-driven approaches. In dynamic navigation, bone formation and implant placement are fully monitored using special software; while static navigation refers to the use of static navigation patterns. The complete surgical protocol associated with flapless surgery and milling cutter guides has demonstrated the highest accuracy, followed by pilot surgery, which can provide comparable results, while the installation of implants without a computer provides the least accuracy when transferring the implant positioning from preoperative planning to the patient. In addition, the surgical stage without folding the flap is associated with a reduction in pain, less consumption of painkillers, less swelling, shorter time in the chair and a reduced risk of bleeding while achieving greater patient satisfaction. However, other methods, such as non-computer implantation procedures, require more surgical experience to overcome their limitations. There is still little evidence to support dynamic surgery, and further research is needed.

Keywords: dental implantation, navigation surgery, accuracy of the implant position, dynamic navigation, implantological templates

The authors declare no conflict of interest.

Yuri A. MELNIKOV ORCID ID 0000-0002-1458-1497

Dentist-surgeon, ANO «Ob'yedineniye "Stomatologiya"», branch No. 6, Ekaterinburg, Russia
yuramelnikov69@gmail.com

Sergey E. ZHOLUDEV ORCID ID 0000-0001-5793-0629

Grand PhD in Medical sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry and General Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia
ortoped_stom@mail.ru

Correspondence address: Yuri A. MELNIKOV

620149, Ekaterinburg, st. Serafimi Deriabinoi, 43a-46

+7 (902) 27 47469

yuramelnikov69@gmail.com

For citation:

Melnikov Yu.A., Zholudev S.E.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NAVIGATION SURGERY FOR DENTAL IMPLANTATION. Actual problems in dentistry. 2022; 1: 37-45. (In Russ.)

© Melnikov Yu.A. et al., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-22-18-1-37-45

Received 24.02.2022. Accepted 16.03.2022

Введение

Навигационная хирургия первоначально была введена в нейрохирургию для проведения безопасных операций на головном мозге в минимально инвазивных условиях [9]. Другие термины, такие как «компьютерная хирургия», «виртуальное компьютерное моделирование», взаимозаменяемо используются для описания этой концепции, но термины «компьютерная хирургия» или «навигационная хирургия» являются наиболее часто используемыми в литературе.

С появлением навигационной хирургии в области дентальных имплантатов появились два подхода: динамической и статической навигации. Динамическая навигация с помощью трехмерного (3D) программного обеспечения позволяет контролировать сверление кости и установку имплантата в режиме реального времени на протяжении всей процедуры [6, 9]. В то время как статическая навигация относится к использованию статических хирургических и имплантологических шаблонов для последовательного сверления костного ложа и установки имплантата.

Были описаны различные навигационные подходы, которые включают в себя широкий спектр инструментов, устройств и технологических достижений, в то время как установка имплантатов «от руки» (free hand) не требует направляющих шаблонов. Однако данный метод и метод статической навигации, которые включают подходы с полным хирургическим протоколом и пилотным сверлением, остаются наиболее широко используемыми на сегодняшний день.

Многие исследования были сосредоточены на позиционировании имплантатов в том, что касается преимуществ реставрации, адекватной эстетики, надлежащего обслуживания и возможности использования винтовой фиксации [6, 17]. Таким образом, стабильность мягких и твердых тканей вокруг имплантата и долгосрочный успех связаны с трехмерным позиционированием установки имплантата [8, 21]. Точность установки имплантата часто оценивается по наложенному изображению до- и послеоперационной КЛКТ и измерению отклонений в корональной или апикальной части имплантатов наряду с мезио-дистальными и щечно-язычными расхождениями и отклонениями угла оси имплантата.

Несмотря на отличные результаты, полученные с помощью навигационной хирургии [9, 13, 17], все еще существуют разногласия относительно ее повседневного использования [14]. Были описаны определенные ограничения, затрудняющие ее использование (статическая или динамическая навигация с полным управлением), такие как снижение точности в полностью беззубых челюстях по сравнению с частично беззубыми [5, 7], сниженная точность шаблонов с костной опорой по сравнению с шаблонами на основе слизи-

стой оболочки или зубов [4, 22], недостаточная пассивная (неточная) регулировка временных протезов, подготовленных заранее для протоколов немедленной загрузки [5], и ограничения на открывание рта, особенно в дистальных областях, которые могут препятствовать использованию статических хирургических направляющих в сочетании со специальными хирургическими фрезами. Кроме того, процедуры увеличения костной ткани требуют откидывания лоскута, что еще больше ограничивает их использование при безлоскутном подходе. Тем не менее, навигационная хирургия все еще может быть использована в случаях, требующих откидывания лоскута, хотя можно ожидать снижения точности по сравнению с протоколом без лоскута, если степень открывания рта пациента не препятствует его использованию.

Цель этого обзора состоит в том, чтобы четко классифицировать различные методы оказания помощи в операции по установке дентальных имплантатов, уточнить терминологию и описать преимущества и недостатки каждой процедуры в отношении передачи информации от предоперационного планирования пациенту.

Классификация навигационной хирургии

В зависимости от типа навигационной системы хирургию можно разделить на динамическую и статическую навигацию, а статическую навигацию можно разделить на полную и пилотную хирургию. Статическая навигация также может быть классифицирована в зависимости от типа хирургических направляющих шаблонов на открытые и закрытые направляющие или направляющие с опорой на слизистую оболочку, кость и коронку зуба.

Все эти различные подходы к хирургической навигации по имплантатам зависят от того, как информация от предоперационного планирования до пациента сообщается во время установки имплантата и содержит различные характеристики, которые предлагают преимущества или недостатки во время установки имплантата.

Динамическая навигация

Этот метод также называется хирургией с навигационным управлением, включает в себя виртуальное планирование с исследованием конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) и анализ будущей реставрации перед хирургической процедурой.

Во время операции не используется шаблон, в то время как с помощью специальных инструментов и специального программного обеспечения сверление кости и установка имплантата полностью отслеживаются с помощью навигационной системы. Анатомия пациента и хирургические процедуры отображаются в режиме реального времени в 3D-программном обеспечении (рис. 1).

Преимущества

Динамическая навигация может повысить точность установки имплантата по сравнению с методами статической навигации [4, 6, 8, 13]. Программное обеспечение динамической навигации позволяет правильно устанавливать имплантаты с надлежащим параллелизмом, а обратная связь, предоставляемая врачу, дает возможность изменять запланированный хирургический подход во время операции [6].

Недостатки

Ошибка в системе, которая может повлиять на пространственное соотношение между опорными точками и пациентом, способна привести к ошибке во время сверления и установки имплантата [12]. Необходимость соблюдения мер предосторожности на всех этапах операции является обязательной, чтобы избежать ятрогенных последствий для пациента [18]. Перед началом работы с пациентами требуется период обучения [6, 19]. Наконец, помимо более высокой стоимости, связанной с этой системой, и ограничений исследований *in vitro*, которые составляют большинство исследований динамической навигации [6, 13, 20], исследований на людях, касающихся ее клинического применения, все еще недостаточно. Таким образом, необходимы дальнейшие клинические исследования для оценки преимуществ этого подхода, включая анализ затрат времени по сравнению с другими методами.

Статическая навигация

Статическая навигация использует статические хирургические и имплантологические шаблоны во время последовательности сверления костного ложа и установки имплантата. Хирургические шаблоны передают информацию о предоперационном протезировании и хирургическом планировании. Основным неудобством статической навигационной системы является невозможность изменить положение дооперационного планирования во время операции, если только хирургический подход не будет изменен на технику «от руки».

Статическая навигационная хирургия может быть классифицирована в соответствии с методом фиксации шаблона, типом визуализации операционной зоны и типом устройства для сверления и установки имплантатов.

Метод фиксации

Фиксация на слизистую альвеолярного отростка

Шаблоны, поддерживаемые слизистой оболочкой полости рта, связаны, как правило, с безлоскутной хирургией. Если костная архитектура допускает безлоскутный подход, шаблон, поддерживаемый слизистой оболочкой, должен быть первым выбором у пациентов с частично или полностью беззубыми челюстями. У пациентов с частичной адентией ком-

бинация слизистой оболочки и опорой на зуб/коронку улучшит стабилизацию хирургического шаблона, во время как в полностью беззубых случаях хирургические шаблоны опираются на альвеолярный гре-

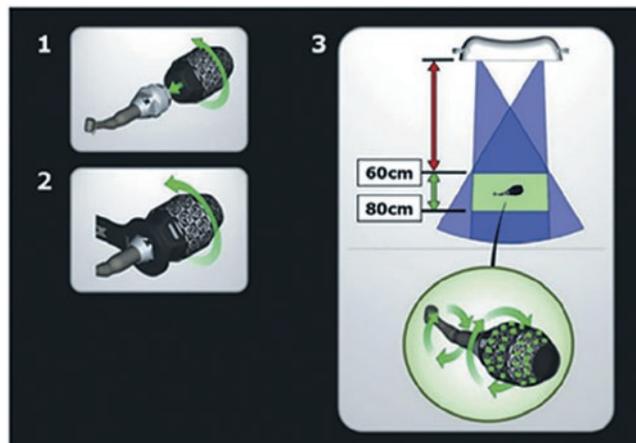


Рис. 1. Наконечник с противоположным углом наклона вместе с устройством отслеживания наконечника собран и откалиброван (компания X-Nav Technologies, Лэнсдейл, Пенсильвания)¹

Fig. 1. The tip with the opposite angle of inclination together with the tip tracking device assembled and calibrated (X-Nav Technologies, Lansdale, Pa.)



Рис. 2. Сверло для имплантата помещается в наконечник, а затем на пластину Go перпендикулярно центральной мишени (технология X-Nav, Лэнсдейл, Пенсильвания)

Fig. 2. The drill bit for the implant is placed in the tip and then on the Go plate perpendicular to the central target (X-Nav Technology, Lansdale, Pa.)

¹ Panchal, N., Mahmood, L., Retana, A., & Emery, R. (2019). Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(4), 539–547. doi:10.1016/j.coms.2019.08.001

бень, а также на слизистую оболочку твердого неба (рис. 5, 6).

Кроме того, у пациентов с полной потерей зубов часто используются дополнительные винты и пины для фиксации через слизистую оболочку, чтобы лучше стабилизировать шаблон.

Преимущества



Рис. 3. Ассистент хирурга отслеживает правильное положение сверла на мониторе (технология X-Nav, Лэнсдейл, Пенсильвания)

Fig. 3. The surgeon's assistant monitors the correct position of the drill on the monitor (X-Nav Technology, Lansdale, Pa.)

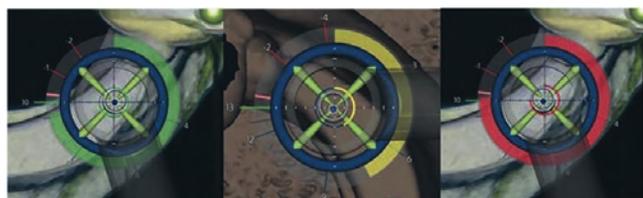


Рис. 4. По мере сверления индикатор глубины меняет цвет с зеленого на желтый, когда сверло на 0,5 мм от заданной глубины. Желтый цвет сменяется красным, указывая, когда следует остановить глубину остеотомии (технология X-Nav, Лэнсдейл, Пенсильвания)

Fig. 4. As you drill, the depth indicator changes the color changes from green to yellow when the drill is 0.5 mm from the set depth. The yellow color is replaced by red, indicating when the depth of the osteotomy should be stopped (X-Nav Technology, Lansdale, Pa.)



Рис. 5. Навигационный шаблон под пилотное сверление с опорой на альвеолярный отросток верхней челюсти и твердое небо

Fig. 5. Navigation template for pilot drilling based on the alveolar process of the upper jaw and the hard palate



Рис. 6. Навигационный шаблон под пилотную фрезу с опорой на слизистую оболочку альвеолярного отростка нижней челюсти

Fig. 6. Navigation template for a pilot milling cutter based on the mucosa of the crest of the alveolar process of the lower jaw

Шаблоны с опорой на слизистой оболочке обеспечивают большую точность, нежели шаблоны с опорой на костную структуру [10, 11], при отсутствии существенных различий [4]. Эта более высокая точность может быть связана с необходимостью откидывать слизисто-надкостничные лоскуты в шаблонах с костной опорой, что, в конечном итоге, мешает хирургическим манипуляциям. Следовательно, шаблоны, поддерживаемые слизистой оболочкой, обычно ассоциируются с хирургией без откидывания лоскутов, что связано с меньшей послеоперационной болью и отеком [4, 14]. Эта процедура также обеспечивает наивысшую удовлетворенность пациентов [19, 20] и значительное сокращение времени в кресле по сравнению с лоскутной хирургией [17, 18].

Недостатки

Безлоскутная хирургия позволяет избежать процедур увеличения костной ткани, которые уменьшают количество случаев, когда она может быть использована. Кроме того, процедуры увеличения мягких тканей должны быть ограничены туннельным подходом. Дополнительные препятствия могут включать стабилизацию шаблона в беззубой дуге по сравнению с частично беззубым пациентом, а также использование внутриротового сканера из-за уменьшенных анатомических ориентиров [15, 16]. Однако достижения в области цифровых технологий постепенно преодолевают эти проблемы [16].

Шаблоны с опорой на костные структуры

В этом методе хирургический шаблон опирается на поверхность кости, что требует откидывания полнослойного лоскута на большом протяжении. Они показаны в случаях недостаточности костной ткани, когда рекомендованы процедуры по увеличению костного объема или в областях с анатомическими ограничениями.

Преимущества

Основное преимущество этого подхода заключается в облегчении процедуры увеличения костной ткани для преодоления анатомических недостатков, если это показано. Операция с открытым лоскутом позволяет установить прямой визуальный контакт с костной архитектурой, с анатомическими структурами, такими как ментальный нерв, с боковой стенкой верхнечелюстной пазухи или с внешними костными границами полости носа.

Недостатки

Лоскутная хирургия связана с увеличением операционной зоны, большей послеоперационной болью, более высоким потреблением анальгетиков, послеоперационным отеком и более длительным пребыванием в кресле [5, 14, 18]. Следовательно, это приводит к более низкой удовлетворенности пациентов по сравнению с использованием шаблонов, поддерживаемых слизистой оболочкой или зубами [17, 18].

Шаблоны с опорой на зубы

Оставшиеся зубы или коронки используются для улучшения стабилизации направляющих шаблонов у пациентов с частичной адентией (рис. 7).

Поддержка слизистой оболочки или кости может быть применена одновременно. Фиксирующие винты и пины также могут быть использованы для улучшения стабилизации.

Преимущества

Пациенты с частичной адентией обеспечивают лучшую хирургическую поддержку шаблона, чем пациенты с полной потерей зубов, благодаря использованию оставшихся зубов для дополнительной стабилизации. Согласно систематическому обзору Рико Галлардо и др., шаблоны с опорой на зубы обеспечивают большую точность, чем шаблоны с опорой на кость или слизистую оболочку [17]. Следовательно, шаблоны с опорой на зуб/коронку в сочетании с опорой на слизистую оболочку обеспечивают высочайшую точность позиционирования имплантата между предоперационным планированием и окончательной установкой [16, 17, 18].

Недостатки

Если требуется откинуть лоскут, это может быть затруднительно и уменьшит точность позиционирования имплантата [5]. Поэтому рекомендуется предоперационное планирование, чтобы избежать откидывания лоскута.

Визуализация операционной зоны

Закрытые шаблоны

Закрытые шаблоны покрывают все хирургическое поле и не обеспечивают видимость кости или слизистой оболочки во время формирования костного ложа и установки имплантата (рис. 8)

Они больше ограничивают визуальный доступ к операционному ложу, чем открытые направляющие шаблоны, и наиболее часто используются в хирургии с полным протоколом.

Преимущества

Сверла и имплантаты полностью проходят через шаблон, позволяющий избежать возможного отклонения фрезы при сверлении кости во время операции.

Недостатки

Удовлетворительные результаты зависят от предоперационного планирования и эффективности используемого типа направляющей системы, поскольку неправильная последовательность сверления или неправильное расположение имплантата не обнаруживаются при использовании закрытых шаблонов. Закрытые шаблоны не позволяют охлаждающей жидкости вступать в прямой контакт со сверлами во время подготовки кости, что может повысить температуру и негативно повлиять на период заживления [10, 11].

Открытые шаблоны

Открытые направляющие шаблоны имеют открытый доступ. Расположенный на щечной стороне шаблон позволяет получить обзор операционного поля и прямой визуальный контроль кости и слизистой оболочки во время последовательности сверления кости и установки имплантата (рис. 9).

Преимущества

Фрезы и имплантаты могут приводиться в действие полностью или частично через хирургический шаблон. Некоторые предоперационные ошибки или неточности системы наведения могут быть устранены в результате прямого визуального контроля кости и слизистой оболочки во время сверления и установки имплантата. Следовательно, дефект твердых или мягких тканей может быть обнаружен и исправлен. Наконец, открытые шаблоны обеспечивают лучший контакт охлаждающей жидкости со сверлами, снижая температуру во время подготовки костного ложа [10].

Недостатки

Желаемые результаты зависят от предоперационного планирования и эффективности используемой системы наведения, хотя увеличение потенциальной ошибки позиционирования связано с тем, что открытые системы наведения являются менее ограничительным методом.



Рис. 7. Навигационный шаблон с опорой на сохранившиеся зубы при частичной адентии

Fig. 7. Navigation template for patient with partial adentia based on preserved teeth



Рис. 8. Закрытый навигационный шаблон
Fig. 8. Closed navigation template



Рис. 9. Открытый навигационный шаблон
Fig. 9. Open Navigation template

Формирование костного ложа и установка имплантата

Имплантологические шаблоны

Полный протокол

Статическая навигация с полным протоколом включает в себя исследование КЛКТ, виртуальное моделирование и анализ протеза, прежде чем будет получен шаблон для выполнения направленной установки имплантата (рис. 10, 11).

Имплантологический шаблон направляет всю хирургическую процедуру, подготовку костного ложа и установку имплантата (рис. 12).

Часто данный метод сопровождает операцию без откидывания лоскутов, с учетом того, что виртуальное планирование и шаблоны предоставляют достаточную информацию. Операция без пластики требует достаточного объема кости и достаточного количества кератинизированной слизистой оболочки, чтобы избежать регенеративных процедур.

Если присутствует недостаточный объем костной или мягких тканей, настоятельно рекомендуется операция с откидыванием лоскута вместе с операцией по имплантации для максимального визуального контроля и сохранения объема тканей.

Преимущества

Прецизионность является одним из основных преимуществ операции по имплантации с полным протоколом. Несколько рандомизированных клинических исследований подтверждают, что данная методика

обеспечивает высочайшую точность в передаче позиционирования имплантата от предоперационного планирования пациенту [7, 8]. Согласно клиническому проспективному исследованию [5], ошибка позиционирования имплантата с наименьшей погрешностью имела место при использовании направляющих с одним имплантатом и полным протоколом. Кроме того, был сделан вывод, что установка имплантата приводит к значительно меньшей межпроксимальной возникающей ошибке.

Более того, когда имеется достаточное количество костной ткани и мягких тканей, данный метод является наиболее точным для выполнения операции без откидывания лоскутов, и также он может выиграть от более короткого времени в кресле по сравнению с традиционной методикой [5, 7, 18], значительно уменьшая послеоперационный дискомфорт, боль, отек и потребление анальгетиков [20, 23].

Таким образом, хирургия с полным протоколом в сочетании с безлоскутной методикой показывает высокую удовлетворенность пациентов [19, 20], и это связано с уменьшением кровотечений во время и после хирургической процедуры [15, 16]. Наконец, данный метод позволяет обеспечить более предсказуемое временное протезирование и меньший срок, необходимый для адаптации временных коронок в протоколах немедленной нагрузки [17].

Недостатки

Шаблоны с полным протоколом определяют сверление кости и установку имплантата, но исключают возможность что-либо изменить во время операции. Необходимы навыки виртуального планирования, и любая ошибка в предоперационном планировании или в системе управления приведет к неправильному расположению имплантата. Таким образом, настоятельно рекомендуется иметь хирургический опыт, чтобы предотвратить эти ошибки и устранить любую неточность. В конечном счете, стоимость шаблонов с полным протоколом выше, особенно по сравнению с методом «от руки», где не используются шаблоны [11].

Шаблоны с пилотным сверлением

Этот метод требует формирования костного ложа только пилотной фрезой. Таким образом, после использования пилотного сверла хирургический шаблон удаляется.

Преимущества

Операция с пилотным сверлом позволяет выполнять модификации формирования костного ложа после использования первого сверла. Любая ошибка в предоперационном планировании не приведет к неправильному позиционированию имплантата. Согласно рандомизированному исследованию, при использовании пилотной системы были получены лишь несколько менее точные результаты по сравнению с «полным протоколом» [12]. Однако рандомизированные кли-

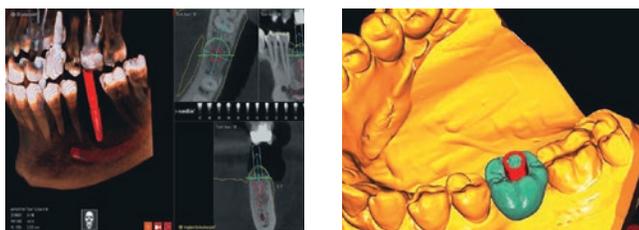


Рис. 10, 11. Виртуальное моделирование реставрации для навигационного шаблона по полному хирургическому протоколу

Fig. 10, 11. Virtual simulation of restoration for a navigation template according to the full surgical protocol



Рис. 12. Установка имплантата по навигационному шаблону и полному хирургическому протоколу

Fig. 12. Implant placement according to a navigation template and a full surgical protocol

нические исследования подтверждают повышенную точность шаблонов с пилотным сверлением по сравнению с методикой «от руки» [14, 15].

Недостатки

После использования направляющей пилотного сверла выполняется операция «от руки». Таким образом, шаблоны с пилотным сверлением служат в большей степени для передачи информации об оптимальном положении имплантата в зубной дуге. В целом, согласно рандомизированным клиническим испытаниям, данный метод демонстрирует меньшую точность по сравнению с хирургией с полным протоколом [14, 16]. Хирургический опыт необходим для предотвращения неправильного позиционирования имплантата, так как конечное положение определяется хирургом.

Методика «от руки»

Она также известна как обычная или традиционная хирургия, хотя настоятельно рекомендуется виртуальное предоперационное планирование. Хирургические шаблоны не используются во время сверления кости и во время установки имплантата.

Преимущества

Этот широко используемый метод требует меньше предоперационной лабораторной и клинической подготовки. Он обеспечивает наилучший хирургический обзор во время операции без использования каких-либо направляющих устройств, которые могут помешать прямому обзору ложа имплантата и окружающих тканей. Это обеспечивает наилучший контакт охлаждающих жидкостей с фрезами, что приводит к лучшему контролю температуры кости [2, 4].

Согласно рандомизированным клиническим исследованиям, параметры, обычно используемые для мониторинга заживления тканей, такие как маргинальная потеря костной массы, кровотечение при зондировании, глубокое зондирование, индекс зубного налета и индекс десен, не показали дополнительных преимуществ при использовании методов полного по сравнению с методом «свободной руки» [1, 3, 14]. Кроме того, поскольку никаких рентгенологических или хирургических шаблонов не требуется, операция по имплантации сопряжена с наименьшими затратами по сравнению с другими методами. Наконец, нет научных доказательств того, что какой-либо из управляемых методов связан с возникновением осложнений при протезировании или выживаемостью имплантатов [1, 13, 15, 17, 23].

Недостатки

Данный метод обеспечивает наименьшую точность при проведении протезирования и предоперационного планирования. Пространственное положение имплантата в наименьшей степени учитывает особенности будущей реставрации. Это было подтверждено многими исследованиями [2, 4, 12, 18]. Неправильное расположение имплантатов, связанное с их установкой, встречается часто и затрагивает 88% имплантатов [4]. Следовательно, для преодоления этого ограничения настоятельно рекомендуется иметь хирургический опыт. Кроме того, данная методика связана с откидыванием лоскута, что влечет за собой увеличение травматичности процедуры, увеличение послеоперационной боли и отеков [4], снижение удовлетворенности пациентов [11], увеличение времени пребывания в кресле [4, 12] и повышение риска внутри- и послеоперационных кровотечений [4]. Кроме того, было показано, что вероятность бактериемии у обычного пациента, использующего лоскутную хирургию, выше, чем при предварительной операции без лоскута и установке имплантата [5].

Заключение

Имплантологические шаблоны с полным протоколом, опирающиеся на зубы/коронки, продемонстрировали высочайшую точность. За этой методикой следует сверление и пилотная хирургия, способные обеспечить сопоставимые результаты, в то время как установка имплантатов без навигационных шаблонов обеспечивает наименьшую точность. Кроме того, безлоскутная хирургия связана с уменьшением боли, меньшим потреблением обезболивающих, меньшим отеком, сокращением времени пребывания в кресле и снижением риска кровотечения при одновременном достижении большей удовлетворенности пациента. Также хирургия с полным протоколом требует меньше времени для адаптации временных реставраций.

Другие методы, не включающие виртуального планирования, требуют большего хирургического опыта для преодоления своих ограничений, хотя подход с «полным протоколом» требует навыков виртуального планирования, а также хирургического опыта, чтобы преодолеть любые ошибки в предоперационном планировании. Наконец, по-прежнему имеются ограниченные данные в поддержку динамической хирургии, и поэтому необходимы дальнейшие исследования.

Литература/References

1. Ивашов А.С., Дементьева К.Д., Нерсисян П.М., Мандра Ю.В., Ходько В.В. Преимущества и недостатки цифровой хирургии в стоматологической реабилитации. Обзор литературы с описанием клинического случая. Проблемы стоматологии. 2020;16(4):13-19. [A.S. Ivashov, K.D. Dementieva, P.M. Nersesyan, Yu.V. Mandra, V.V. Khodko. Advantages and disadvantages of digital surgery in dental rehabilitation. A review of the literature with a description of the clinical case. Actual problems in dentistry. 2020;16(4):13-19. (In Russ.)]. DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-13-19
2. Рубникович С.П., Трояновская М.С. Использование хирургических шаблонов при дентальной имплантации. Стоматолог. Минск. 2019;2(33):60-66. [S.P. Rubnikovich, M.S. Troyanovskaya. The use of surgical templates for dental implantation. Dentist. Minsk. 2019;2(33):60-66. (In Russ.)]. DOI: 10.32993/stomatologist.2019.2(33).4
3. Салеев Р.А., Гришин П.О., Салеева Г.Т., Калининкова Е.А., Мубаракова Л.Н. Факторы, влияющие на долговременный успех проведения дентальной имплантации. Проблемы стоматологии. 2021;17(1):91-98. [R.A. Saleev, P.O. Grishin, G.T. Saleeva, E.A. Kalinnikova, L.N. Mubarakova. Factors influencing the long-term success of dental implantation. Actual problems in dentistry. 2021;17(1):91-98. (In Russ.)]. DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-1-91-98
4. 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;1:100:84-88. [Yu.G. Sedov, A.M. Avanesov, R.A. Saleev, G.T. Saleeva, Z.I. Yarulina. A classification of surgical guides application for dental implantation. Dentistry. 2021;1:100:84-88. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/stomat202110001184
5. Тарасенко С.В., Загорский С.В. Использование навигационных хирургических шаблонов при дентальной имплантации у пациентов с частичной вторичной адентией. Клиническая стоматология. 2018;4(88):18-21. [S.V. Tarasenko, S.V. Zagorsky. Use of navigation surgical templates for dental implantation in patients with partial secondary adentia. Clinical dentistry. 2018;4(88):18-21. (In Russ.)]. DOI: 10.37988/1811-153X_2018_4_18
6. Aaboud M., Aad G., Abbott B., Abdallah J., Abidinov O., Abeloos B. et al. Measurement of the prompt J pair production cross-section in pp collisions at TeV with the ATLAS detector // Eur. Phys. J. C Fields. – 2017;77(2):76. <http://dx.doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-4644-9>.
7. Amorfini L., Migliorati M., Drago S., Silvestrini-Biavati A. Immediately loaded implants in rehabilitation of the Maxilla: a two-year randomized clinical trial of guided surgery versus standard procedure // Clin. Implant Dent. Relat. Res. – 2017;19(2):280-295. <http://dx.doi.org/10.1111/cid.12459>
8. Block M.S., Emery R.W., Cullum D.R., Sheikh A. Implant placement is more accurate using dynamic navigation // J. Oral Maxillofac. Surg. – 2017;75(7):1377-1386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2017.02.026>.
9. Bornstein M.M., Horner K., Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research // Periodontol 2000. – 2017;73(1):51-72. doi: 10.1111/prd.12161.
10. Bover-Ramos F., Vina-Almunia J., Cervera-Ballester J., Penarrocha-Diago M., Garcia-Mira B. Accuracy of implant placement with computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis comparing cadaver, clinical, and in vitro studies // Int. J. Oral Maxillofac. – 2018;33(1):101-115. <http://dx.doi.org/10.11607/jomi.5556>.
11. Cao Z., Qin C., Fan S., Yu D., Wu Y., Qin J., Chen X. Pilot study of a surgical robot system for zygomatic implant placement // Med Eng Phys. – 2020;75:72-78. <https://doi.org/10.1016/j.medengphys.2019.07.020>
12. Colombo M., Mangano C., Mijiritsky E., Krebs M., Hauschild U., Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials // BMC Oral Health. – 2017;17(1):150. <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-017-0441-y>.
13. D'Haese J., Ackhurst J., Wismeijer D., De Bruyn H., Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery // Periodontol 2000. – 2017;73(1):121-133. <http://dx.doi.org/10.1111/prd.12175>.
14. Du Z., Wang W., Yan Z., Dong W., Wang W. Variable admittance control based on fuzzy reinforcement learning for minimally invasive surgery manipulator // Sensors. – 2017;17(4):844. <https://doi.org/10.3390/s17040844>
15. Flügge T., Derksen W., Te Poel J., Hassan B., Nelson K., Wismeijer D. Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans - a prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides // Clin Oral Implants Res. – 2017;28(9):1113-1118. doi: 10.1111/clr.12925.
16. Frösch L., Mukaddam K., Filippi A., Zitzmann N.U., Kühl S. Comparison of heat generation between guided and conventional implant surgery for single and sequential drilling protocols—an in vitro study // Clin Oral Implants Res. – 2019;30(2):121-130. <https://doi.org/10.1111/clr.13398>
17. Kaewsiiri D., Panmekiate S., Subbalekha K., Mattheos N., Pimkhaokham A. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: a randomized controlled trial // Clin Oral Implants Res. – 2019;30(6):505-514. doi: 10.1111/clr.13435.
18. Kang G., Oh H.S., Seo J.K., Kim U., Choi H.R. Variable admittance control of robot manipulators based on human intention // IEEE/ASME Trans Mechatron. – 2019;24(3):1023-1032. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2019.2910237>
19. Katafuchi M., Weinstein B.F., Leroux B.G., Chen Y.W., Daubert D.M. Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: a cross-sectional radiographic analysis // J Clin Periodontol. – 2018;45(2):225-232. doi: 10.1111/jcpe.12829.
20. Kiatkroekkrui P., Takolpuekdee C., Subbalekha K., Mattheos N., Pimkhaokham A. Accuracy of implant position when placed using static computer-assisted implant surgical guides manufactured with two different optical scanning techniques: a randomized clinical trial // Int J Oral Maxillofac Surg. – 2019;49:377-383. doi: 10.1016/j.jom.2019.08.019.
21. Laederach V., Mukaddam K., Payer M. et al. Deviations of different systems for guided implant surgery // Clin Oral Implants Res. – 2017;28(9):1147-1151. doi: 10.1111/clr.12930.
22. Li J., Lam W.Y.H., Hsung R.T.C., Pow E.H.N., Wang Z. A customizable, compact robotic manipulator for assisting multiple dental procedures // 3rd international conference on advanced robotics and mechatronics (ICARM). – 2018:720-725. <https://doi.org/10.1109/ICARM.2018.8610773>
23. Li J., Shen Z., Xu W.Y.T., Lam W.Y.H., Hsung R.T.C., Pow E.H.N., Kosuge K., Wang Z. A compact dental robotic system using soft bracing technique // IEEE Robot Automation Lett. – 2019;4(2):1271-1278. <https://doi.org/10.1109/LRA.2019.2894864>
24. Li S., Du Z., Yu H. A robot-assisted spine surgery system based on intraoperative 2D fluoroscopy navigation // IEEE Access. – 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979993>
25. Li Y., Hu J., Tao B., Yu D., Shen Y., Fan S., Wu Y., Chen X. Automatic robot-world calibration in an optical-navigated surgical robot system and its application for oral implant placement // Int J Cars. – 2020;15:1685-1692. <https://doi.org/10.1007/s11548-020-02232-w>
26. Lopez-Franco C., Hernandez-Barragan J., Alanis A.Y., Arana-Daniel N. A soft computing approach for inverse kinematics of robot manipulators // Eng Appl Artif Intell. – 2018;74:104-120. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.06.001>
27. Qin C., Cao Z., Fan S., Wu Y., Sun Y., Constantinus P., Wang C., Chen X. An oral and maxillofacial navigation system for implant placement with automatic identification of fiducial points // Int J Cars. – 2019;14:281-289. <https://doi.org/10.1007/s11548-018-1870-z>
28. Raico Gallardo Y.N., da Silva-Olivio I.R.T., Mukai E., Morimoto S., Sesma N., Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis // Clin. Oral Implants Res. – 2017;28(5):602-612. <http://dx.doi.org/10.1111/clr.12841>.
29. Ravida A., Barootchi S., Tattan M.A., Saleh M.H.A., Gargallo-Albiol J., Wang H.L. Clinical outcomes and cost effectiveness of computer-guided versus conventional implant-retained hybrid prostheses: a long-term retrospective analysis of treatment protocols // J. Periodontol. – 2018;89(9):1015-1024. <http://dx.doi.org/10.1002/JPER.18-0015>. Epub 2018 Aug 13.
30. Rawal S., Tillery D.E. Jr, Brewer P. Robotic-assisted prosthetically driven planning and immediate placement of a dental implant // Compend Contin Educ Dent. – 2020;41(1):26-31. PMID: 31895579
31. Sharkawy A.N., Koustoumpardis P., Aspragathos N.A. A neural network-based approach for variable admittance control in human-robot cooperation: online adjustment of the virtual inertia // Intel Serv Robot. – 2020;13:495-519. <https://doi.org/10.1007/s11370-020-00337-4>
32. Shivesh K., Hendrik W., de Gea J., Fernández A.M., Frank K. A survey on modularity and distributivity in series-parallel hybrid robots // Mechatronics. – 2020. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2020.102367>
33. Smitkam P., Subbalekha K., Mattheos N., Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery // J Clin Periodontol. – 2019;46(9):949-957. doi: 10.1111/jcpe.13160.
34. Staubli N., Walter C., Schmidt J.C., Weiger R., Zitzmann N.U. Excess cement and the risk of peri-implant disease – a systematic review // Clin Oral Implants Res. – 2017;28(10):1278-1290. doi: 10.1111/clr.12954.
35. Tahmaseb A., Wu V., Wismeijer D., Coucke W., Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: a systematic review and meta-analysis // Clin Oral Implants Res. – 2018;29(16):416-435. doi: 10.1111/clr.13346.
36. Vermeulen J. The accuracy of implant placement by experienced surgeons: guided vs freehand approach in a simulated plastic model // Int. J. Oral Maxillofac. Implants. – 2017;32(3):617-624. <http://dx.doi.org/10.11607/jomi.5065>.
37. Wu Y., Wang F., Fan S., Chow K.F. Robotics in dental implantology // Oral Maxillofac Surg Clin North Am. – 2019;31(3):513-518. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.03.013>
38. Younes F., Cosyn J., De Bruyckere T., Cleymaert R., Bouckaert E., Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients // J. Clin. Periodontol. – 2018. <http://dx.doi.org/10.1111/jcpe.12897>.
39. Zhou W., Fan S., Wang F., Huang W., Jamjoom F.Z., Wu Y. A novel extraoral registration method for a dynamic navigation system guiding zygomatic implant placement in patients with maxillectomy defects // Int J Oral Maxillofac Surg. – 2020;50(1):116-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.03.018>