

## ЗНАЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРЕДСКАЗУЕМОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Отажонова Хилола Илхомжон кизи**

**Акбаров Авзал Нигматуллаевич**

Ташкентский Государственный Стоматологический Институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17233125>

**Введение.** Одним из ключевых направлений современной дентальной имплантологии является повышение предсказуемости исходов лечения. За последние десятилетия имплантология претерпела значительные изменения: от эмпирического подбора места установки имплантата хирургом к высокотехнологичному процессу, основанному на цифровом моделировании и точных навигационных системах. Важным инструментом для достижения этой цели стали компьютерные технологии, включающие трёхмерное цифровое планирование, статические навигационные хирургические шаблоны и динамические навигационные системы. Современные исследования показывают, что ошибки позиционирования имплантатов являются одной из основных причин осложнений, связанных как с хирургическим, так и с ортопедическим этапом лечения. Неправильное расположение имплантата может привести к повреждению анатомически значимых структур (нижнечелюстного канала, гайморовых пазух, резцового канала), а также осложнить последующее протезирование, снизив его функциональные и эстетические характеристики. Поэтому применение технологий, которые позволяют максимально точно перенести виртуальный план в клиническую реальность, становится важнейшим фактором повышения качества лечения. Особое внимание в последние годы уделяется концепции «от коронки вниз» (prosthetically driven implantology). Она предполагает, что планирование имплантации начинается не с кости, а с будущей ортопедической конструкции. Таким образом, хирургическое вмешательство подчиняется протезному результату, что позволяет достичь оптимального распределения жевательной нагрузки, правильного положения коронок и высоких эстетических показателей. Данный подход невозможен без использования компьютерных технологий, которые позволяют смоделировать конечный результат ещё до начала операции. Кроме того, цифровизация имплантологии обеспечивает стандартизацию процессов, повышает воспроизводимость результатов и уменьшает зависимость исхода от индивидуального опыта хирурга.

**Цель.** Основной целью данного обзора является определение значения компьютерных технологий, включая навигационные хирургические шаблоны и динамические навигационные системы, для повышения точности и предсказуемости результатов дентальной имплантации. Дополнительно рассматриваются возможности снижения травматичности хирургического вмешательства, уменьшения частоты осложнений, повышения эстетики протезирования и удовлетворённости пациентов.

**Материалы и методы.** В работе проведён анализ современных литературных источников, освещающих цифровые подходы в дентальной имплантологии. В качестве базы использовались публикации за последние 10–15 лет, включающие как клинические исследования, так и систематические обзоры и метаанализы. Рассматривались методы, основанные на использовании конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), интраорального сканирования, CAD/CAM-технологий и специализированного программного обеспечения для виртуального планирования имплантации. КЛКТ является обязательным элементом современного диагностического этапа, позволяя получить трёхмерное изображение челюстно-лицевой области и детально оценить объём костной ткани, анатомические ориентиры и потенциальные риски. Интраоральное сканирование или цифровизация оттисков обеспечивает получение точной модели зубных рядов, которая в дальнейшем совмещается с томографическими данными. На основе этих данных в специализированных программах создаётся виртуальный план имплантации, учитывающий будущую ортопедическую конструкцию. Полученный проект может быть реализован двумя основными способами: с помощью статических навигационных хирургических шаблонов, изготовленных с применением CAD/CAM- и 3D-печати, или с использованием динамических навигационных систем, работающих в режиме реального времени. Особое внимание уделялось анализу точности позиционирования имплантатов, частоте осложнений, продолжительности хирургического вмешательства, особенностям послеоперационного периода, а также субъективной удовлетворённости пациентов.

**Результаты.** По данным многочисленных исследований установлено, что применение компьютерного планирования и навигационных технологий позволяет минимизировать отклонения фактического положения имплантатов от запланированного. В среднем линейные отклонения составляют  $\leq 1$  мм, а угловые —  $\leq 3-4^\circ$ , что значительно выше

по точности по сравнению с традиционными методами. Использование навигационных хирургических шаблонов способствует снижению риска повреждения анатомически значимых структур, таких как нижнечелюстной канал или гайморовы пазухи. Благодаря этому уменьшается количество интраоперационных осложнений, сокращается время операции и снижается уровень хирургической травмы. Пациенты отмечают меньший болевой синдром и более быстрое восстановление после вмешательства. Динамические навигационные системы имеют дополнительные преимущества. В отличие от статических шаблонов, они позволяют хирургу в режиме реального времени контролировать процесс установки имплантата и при необходимости вносить коррективы. Это особенно важно в сложных клинических случаях, когда требуется высокая гибкость в принятии решений. Кроме того, применение цифровых технологий повышает предсказуемость протезного результата. Точное позиционирование имплантатов обеспечивает правильное распределение жевательной нагрузки, улучшает эстетику и функциональность ортопедических конструкций..

**Заключение.** Компьютерные технологии в дентальной имплантологии формируют новый стандарт клинической практики. Их применение обеспечивает протезно-ориентированное планирование, высокую точность хирургического этапа и надёжные долгосрочные результаты. Использование навигационных шаблонов и динамических систем позволяет снизить риск осложнений, улучшить качество протезирования и повысить удовлетворённость пациентов. Перспективы дальнейшего развития связаны с интеграцией цифровых технологий в комплексное планирование стоматологического лечения, развитием программного обеспечения с элементами искусственного интеллекта и роботизированных систем. Всё это делает имплантологию более предсказуемой, безопасной и доступной, открывая новые горизонты для практикующих врачей и исследователей.

**Ключевые слова:** дентальная имплантация, компьютерное планирование, навигационные хирургические шаблоны, динамическая навигация, цифровые технологии.

**Источники литературы:**

1. Абакаров С.И., и др. (2023). (Материалы выпуска «Клиническая стоматология», тематические статьи по цифровым технологиям и навигационным шаблонам). // Клиническая стоматология. – 2023. – №3. (сборник).

2. Гветадзе Р.Ш., Абрамян С.В., Иванов А.А., Нубарян А.П. (2015). Использование диагностических шаблонов на этапах протезирования с опорой на дентальные имплантаты. // Стоматология. – 2015. – Т. 94, №4.
3. Дегтярев Н.Е., Бибииков А.И., и др. (2020). Этапы изготовления хирургических шаблонов и их применение в сложных клинических случаях. // Head and Neck. Russian Journal. – 2020. – Т. 8, №3.
4. Дентальная имплантация в области ретенированных и сверхкомплектных зубов: клинические случаи с применением хирургических шаблонов. (2023). // Стоматология. – 2023. – Т. 102, №4. – С. — (клинические наблюдения).
5. Материалы 19-го Всероссийского стоматологического форума (2022): доклады по применению хирургических шаблонов при имплантации. // Российская стоматология. – 2022. – Т. 15, №1. – С. — (материалы конференции).
6. Седов Ю.Г., Аванесов А.М., Салеев Р.А., Салеева Г.Т., Ярулина З.И. (2021). Классификация вариантов применения хирургических направляющих шаблонов для дентальной имплантации. // Стоматология. – 2021. – Т. 100, №1.
7. Софронов М.В., Кузнецов М.В., Буланов С.И., Зарубина Е.Г., Лысов Д.Н. (2023). Клинико-лабораторные показатели послеоперационного периода дентальной имплантации с использованием навигационного шаблона у пациентов с ХОБЛ. // Российская стоматология. – 2023. – Т. 16, №2. – С.
8. (Авторский коллектив). (2024). Физико-механические свойства материалов, применяемых для 3D-печати хирургических шаблонов при дентальной имплантации. // Стоматология. – 2024.
9. (Клиническая разработка направляющего шаблона для мягкотканной трансплантации при имплантологическом лечении). (2022). // Стоматология. – 2022.
10. (Редколлегия). (2021). Вариабельность использования направляющих шаблонов при проведении хирургического этапа дентальной имплантации (обзор). // Российская стоматология. – 2021. – Т. 14, №2.
11. Abdelhay N., Prasad S., Prasad Gibson M. (2021). Failure rates associated with guided versus non-guided dental implant placement: a systematic review and meta-analysis. // BDJ Open. – 2021. – Т. 7, Article 31.

12. Chrabieh E., AlSubaie A., Osman R.B., et al. (2024). Accuracy of computer-guided implant surgery in partially edentulous patients using 3D-printed surgical guides. // International Journal of Implant Dentistry. – 2024. – T. 10, №1.
13. Derksen W., Wismeijer D., Flügge T., et al. (2019). The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning: a prospective cohort study. // Journal of Prosthodontic Research. – 2019. – T. 63, №2.
14. Emery R.W., Merritt S.A., Lank K., Gibbs J.D. (2016). Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement. // The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. – 2016. – T. 31, №4.
15. Khaohoen A., Kiattavorncharoen S., Subbalekha K., Saengsirinavin C., Pimkhaokham A. (2024). Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic and robot-assisted surgery: a systematic review. // BMC Oral Health. – 2024.
16. Knipper A., Jansen V.K., Luthardt R.G., et al. (2024). Accuracy of Dental Implant Placement with Dynamic Navigation: a clinical evaluation. // Bioengineering. – 2024.
17. Marqués Bautista N., García-Sevilla M., Sánchez-Aparicio M., Vilanova J., Ausió M., Padrós R. (2024). Accuracy of Different Systems of Guided Implant Surgery: a systematic review. // Applied Sciences. – 2024.
18. Morton D., Gallucci G., Lin W.S., et al. (2023). Group 5 ITI Consensus Report: Implant placement and loading protocols (aesthetic zone). // Clinical Oral Implants Research. – 2023.
19. Pellegrino G., Ferri A., Del Fabbro M., Prati C., Gandolfi M.G., Marchetti C. (2021). Dynamic Navigation in Implant Dentistry: A Systematic Review and Meta-analysis. // International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. – 2021.
20. Putra R.H., Yoda N., Astuti E.R., Sasaki K. (2022). The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: a systematic review and meta-analysis. // Journal of Prosthodontic Research. – 2022.
21. Schneider D., Marquardt P., Zwahlen M., Jung R.E. (2009; обновлённые данные в 2021). Accuracy of computer-assisted, template-guided implant placement: a systematic review. // Clinical Oral Implants Research. – 2021. – T. 32, №7. (обновлённый обзор)