

# ЦИФРОВЫЕ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ИМПЛАНТОЛОГИИ

И. К. Луцкая

*Белорусский государственный медицинский университет,  
г. Минск, Беларусь*

*В статье приводится аналитический обзор данных литературы и результатов собственных клинических наблюдений в разделе использования компьютерных и 3D-технологий в современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Широкое признание находит объемная печать моделей для зуботехнических работ, хирургических шаблонов на этапах установки костных имплантатов, временных ортопедических конструкций. Непременным условием является применение цифровых программ (CAD/CAM) для планирования и качественного изготовления конструкций.*

**Введение.** Совершенствование цифровых компьютерных технологий в медицине, в том числе стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, позволило создавать понятные и предсказуемые протоколы реабилитации зубного ряда пациента, перспективной даже в сложных случаях [1]. Следовательно, при наличии оптимальной теоретической и практической подготовки можно перейти на совершенно новый уровень деятельности, имея в виду скорость и эффективность лечения [2]. В частности, обязательным условием успеха при установке ортопедических конструкций с опорой на имплантаты является тщательное планирование комплексного лечения. Объединение данных конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) и внутриротового сканирования посредством использования компьютерной программы для цифрового моделирования (САД) позволяет упростить весь рабочий процесс [3, 4]. В совокупности с новыми эстетичными, устойчивыми материалами и средствами прототипирования (фрезеровальными устройствами и 3D-принтерами) становится возможным радикально изменить процессы лечебных манипуляций в стоматологии. Эффективность внедрения объемной печати (одного из разделов аддитивных технологий) связана с простотой методов лечения [5, 6]. Современные принтеры характеризуются

высокой скоростью печати и качеством объектов изготовления. Интерес представляют также биоматериалы, используемые для изготовления различных отделов костных структур [7, 8].

В литературе широко обсуждаются вопросы необходимости освоения методов работы с «цифрой», а также использованием оборудования для 3D-печати. В некоторых публикациях высказывается мнение, что нет необходимости у специалистов разбираться в материаловедении и технологиях, в том числе аддитивных. Достаточно знать разницу в 3D-методах, программное обеспечение само выполнит заданную работу. Однако современный уровень компьютерных разработок все-таки предполагает наличие грамотного профессионального использования имеющегося оборудования и материалов для объемной печати, в частности, для нужд стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, а также перспектив дальнейшего развития передовых технологий [9, 10].

*Цель исследования* – ознакомить специалистов с понятийным аппаратом и возможностями применения цифровых и аддитивных технологий в дентальной имплантологии.

**Материалом исследования** явился анализ данных литературы и собственных клинических наблюдений в изучаемой теме. В процессе работы на базе 8-й ГКСП было изготовлено 58 протезов на дентальных имплантатах. Собственные исследования осуществлялись в соответствии с планированием Государственных научных программ. Так, в рамках задания ГПНИ «Фундаментальная и прикладная медицина и фармация» выполнены исследования по теме НИР «Разработать методы костной имплантации при съемном и несъемном протезировании» (2014–2015 гг). Результаты, полученные по итогам выполнения темы «Разработать и внедрить в практику методы лечения одиночных включенных дефектов зубных рядов методами протезирования с использованием костных имплантатов» (2016–2020 г.), финансируемой из средств ГНТП подпрограммы «Хирургические заболевания», обеспечили разработку клинических рекомендаций. Проведен анализ использования терминов и понятий в области цифровых, 3D- и аддитивных технологий в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.

**Результаты исследования.** Особый интерес представляло использование 3D-печати как частного случая аддитивных технологий. В стоматологии наиболее распространены методы стереолитографии, облучения через маску, лазерные способы печати.

Как свидетельствуют данные литературы, в современных протоколах хирургических вмешательств и ортопедических манипуляций в обязательном порядке указываются внутриротовое сканирование и КЛКТ – описание костных структур. Специальная программа (КАД/КАМ) позволяет упростить рабочий процесс с учетом виртуального расположения имплантатов и необходимости изготовления хирургических шаблонов.

Внутриротовое сканирование, выполненное в клинических условиях или внеротовое – в лаборатории, позволяло зубному технику впоследствии изготовить модели челюстей посредством объемной печати для последующего этапа – моделирования зубов.

Оптимальное позиционирование имплантата является решающим фактором успеха ортопедической реабилитации пациента. Препарирование ложа имплантата с применением хирургического шаблона способствует более точной его установке в соответствии с конкретными целями лечения. Оперативное вмешательство по установке имплантатов в заданной позиции выполнялось с применением хирургических шаблонов. Последние практически во всех клинических случаях изготавливались методом 3D-печати из профессиональных материалов в соответствии с планом имплантации и на основе специализированной программы. Устанавливались направляющие гильзы. В научной литературе широко обсуждаются вопросы использования имплантатов, изготовленных по методу трехмерной печати. Отмечается высокий процент качественной реабилитации пациента. Однако такая методика не получила пока достаточно широкого применения в дентальной имплантологии.

Один из вариантов лечения предусматривает изготовление временного индивидуализированного протеза с опорой на имплантаты и естественные зубы до или после завершения периода остеоинтеграции имплантатов. Данный этап позволяет оценить эстетику и окклюзию постоянных конструкций. Программа

(EXOCAD) используется для создания прототипа (Mock-up). Виртуальная модель распечатывается на 3D-принтере. Рабочая модель для удобства зубного техника отпечатывается из полимера. По объемной модели создается силиконовый ключ для переноса новой формы зубов в полость рта. Осуществляется примерка прототипа на зубных рядах, затем препарирование зубов, сделана скан-маска. В полости рта по силиконовому ключу устанавливались реставрации.

Один из вариантов лабораторного этапа – изготовление временного протеза с помощью принтера (Asiga MAX) из материала Temp PRINT (среднего оттенка). Временный протез фиксировали в полости рта на стеклоиономерный цемент. В ряде случаев изготавливались повторно временные протезы таким же образом. Возможности протезирования на имплантатах расширяются благодаря использованию биотехнологий. В зависимости от вида конструкции выбирался способ изготовления: фрезерование или 3D-печать. Доступным и популярным у специалистов считается настольный принтер объемной печати Form Labs 3B, упрощающий изготовление стоматологических изделий. В качестве одного из апробированных в клинической практике материалов рассматривается полиметилметакрилат, а также целый ряд стоматологических составов, обладающих высоким уровнем биосовместимости и применяемых на практике.

Высокий научный интерес проявляется к развитию костной тканевой инженерии, предполагающей использование в качестве материала для 3D-печати биологических тканей человеческого организма. Один из способов устранения дефекта костной ткани и ускорения ее роста за счет имплантации «биореактора», напечатанного на 3D-принтере из тканей ребра, разработали исследователи из университета в Рисе (Хьюстон). На этапах экспериментальных и лабораторных исследований они показали положительную динамику, в том числе за счет нового эффекта – предотвращения врастания грануляций в область дефекта.

**Заключение.** Освоение стоматологами, челюстно-лицевыми хирургами, зубными техниками теории и практики аддитивных технологий не просто расширяет кругозор специалиста, но по-

зволяет осознанно провести выбор оборудования, инструментов и материалов для использования в клинических условиях во всех разделах стоматологии. Особое развитие в настоящее время приобретает проблема протезирования зубов на имплантатах, требующая участия команды специалистов. Речь, в том числе, идет о применении 3D-печати для изготовления объемных объектов, что позволяет существенно улучшать качество работы. Особо следует отметить повышение уровня комфорта для пациента в процессе осуществления этапов, ранее требовавших выполнения сложных манипуляций непосредственно в полости рта. Таким образом, объемная печать на 3D-принтерах моделей, хирургических шаблонов, временных протезов облегчает работу стоматолога и зубного техника, а также снижает эмоциональную нагрузку пациента.

### **Список использованных источников**

1. Первый опыт применения технологии 3D-печати, в качестве предоперационного планирования, у пациента с патологией краниовертебральной области / С. И. Кириенко, Е. В. Ковалев, В. В. Дубровский, В. А. Гуринович // Медицинские новости. – 2020. – № 8. – С. 49–51.
2. Мак, Э. Полностью цифровой рабочий процесс с изготовлением временных реставраций методом трехмерной печати / Э. Мак, Э. Чо // Dental Tribune Russia. – 2021. – № 7. – Р. 8–10.
3. Белоус, С. Полностью интегрированная CAD/CAM-система для вашей стоматологической практики / С. Белоус // DentalTimes. – 2017. – № 32. – 6 с.
4. Мак, А. Полностью цифровой рабочий процесс с изготовлением временных реставраций методом трехмерной печати / А. Мак, А. Chio // Dental Tribune. Russia. – 2021. – № 7. – Р. 8–11.
5. Аддитивные технологии в хирургии позвоночника. Опыт применения / Е. В. Ковалев, С. И. Кириленко, А. Н. Мазуренко, В. В. Дубровский [и др.] // Перспективы развития аддитивных технологий в Республике Беларусь : сб. докл. Междунар. науч.-практ. симп. (Минск, 27 сент. 2023 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, ГНПО порошковой металлургии ; редкол. : А. Ф. Ильюшенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – С. 109–110.
6. Schwelger, J. 3 D-печать в стоматологии / J. Schwelger, J. F. Guth, J. Turpl // Новое в стоматологии. – 2018. – № 1. – С. 12–15.
7. Ильюшенко, А. Ф. Аддитивное производство металлических изделий медицинской техники / А. Ф. Ильюшенко, Т. Л. Талако, А. И. Лецко // Перспективы развития аддитивных технологий в Республики Беларусь : сб. докл. Междунар. науч.-практ. симп. (Минск, 30 мая 2018 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, ГНПО порошковой металлургии ; редкол.: А. Ф. Ильюшенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 9–18.

8. Singh, S. Material issues in additive manufacturing: A review / S. Singh, S. Ramakrishna, R. Singh // *Journal of Manufacturing Processes*. – 2017. – Vol. 25. – P. 185–200.

9. Кальдер, Л. Челюстно-лицевая хирургия: индивидуальный костный имплантат, выращенный внутри пациента / Л. Кальдер, А. Миклос // *Dental Tribune Russia*. – 2019. – № 2. – 23 p.