

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ В СЛУЧАЕ УСТАНОВКИ ИМПЛАНТАТОВ С НЕМЕДЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Научная статья

Студеникин Р.В.^{1,*}, Поволоцкий А.В.², Поволоцкая А.А.³, Сущенко А.В.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-6251-2007;

⁴ ORCID : 0000-0002-3115-4729;

^{1,4} Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация

^{2,3} Клиника ООО «Ваш Стоматолог», Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (natasable[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведен анализ клинического случая пациента с полной адентией верхней челюсти, который нуждался в реабилитации с использованием несъемного протеза комбинированной фиксации на имплантатах с немедленной нагрузкой, что позволило обеспечить высокий уровень качества жизни в послеоперационный период.

Представлен разработанный авторами протокол немедленной нагрузки имплантатов временной ортопедической конструкцией, который позволяет предсказать сроки ортопедической нагрузки путем использования нейронных сетей и отслеживать параметры, отвечающие за процесс остеоинтеграции. Протокол включает современный цифровой цикл обследования, планирования, хирургического вмешательства, изготовления протеза в CAD\CAM центре и его установки в течение 72 часов в полость рта.

На основании полученных данных можно утверждать, что цифровая концепция ведения пациента с использованием искусственного интеллекта значительно сокращает время работы от этапа диагностики и планирования до установки временной ортопедической конструкции на этапе реабилитации пациента.

В течение шести месяцев был осуществлен рентгенографический контроль, свидетельствующий об отсутствии убыли костной ткани вокруг имплантатов и их выживаемости в период интеграции под ортопедической конструкцией комбинированной фиксации.

Ключевые слова: полная адентия верхней челюсти, CAD/CAM центр, искусственный интеллект, ортопедическая шинирующая конструкция на имплантатах, реабилитация пациента, оптический образ.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE REHABILITATION OF PATIENTS IN CASE OF IMPLANTS WITH IMMEDIATE FUNCTION

Research article

Studenikin R.V.^{1,*}, Povolotskii A.V.², Povolotskaya A.A.³, Sushchenko A.V.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-6251-2007;

⁴ ORCID : 0000-0002-3115-4729;

^{1,4} Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation

^{2,3} Clinic "Your Dentist", Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (natasable[at]yandex.ru)

Abstract

The clinical case of a patient with complete edentulism of the upper jaw, who needed rehabilitation with the use of fixed prosthesis with combined fixation on implants with immediate loading, which allowed to provide a high level of life quality in the postoperative period, was analysed.

The authors present a protocol for immediate function of implants with temporary prosthetic constructs, which allows to predict the timing of prosthetic loading by using neural networks and to monitor the parameters responsible for the osseointegration process. The protocol includes a modern digital cycle of examination, planning, surgical intervention, fabrication of the prosthesis in a CAD\CAM centre and its insertion within 72 hours in the oral cavity.

Based on the obtained data, it can be stated that the digital patient management concept using artificial intelligence significantly reduces the working time from the diagnosis and planning phase to the installation of the temporary orthopaedic structure in the rehabilitation phase of the patient.

At six months, radiographic follow-up was performed, indicating the absence of bone loss around the implants and their survival during the period of integration under the combined fixation orthopaedic structure.

Keywords: complete maxillary edentulism, CAD/CAM centre, artificial intelligence, implant-supported orthopaedic splinting, patient rehabilitation, optical image.

Введение

Цифровые стоматологические технологии в последнее время приобрели значительную популярность и внедряются в рабочий процесс как несъемного протезирования, так и протезирования на имплантатах [1], [2], включая 3D визуализацию, размещение имплантатов с использованием цифрового шаблона, цифровое сканирование, компьютерное проектирование и производство (CAD/CAM) временных и постоянных конструкций [3], [4].

Цифровое планирование и сканирование имплантатов при полной адентии, хирургические операции с использованием шаблонов и технологии CAD/CAM считаются относительно новыми технологиями в области имплантологического протезирования, благодаря которым протоколы диагностики планирования и реализации лечения ортопедического лечения постоянно совершенствуются [5]. Следует отметить, что такое лечение имеет высокую стоимость, поэтому для ортопедического лечения ряда пациентов остается традиционная техника отриски полной дуги с открытой и шинированной ложкой [6].

Полное цифровое сканирование имплантатов у пациентов с полной адентией является процедурой, чувствительной к технике из-за отсутствия таких анатомических ориентиров, как зубы [7]. Но точность полного цифрового сканирования позиции имплантатов сегодня подтверждена современными исследованиями. Большинство из них проводились *in vitro* и показали, что выявляемая погрешность цифровой технологии сравнима с точностью оттисков [8].

Некоторые авторы считают, что недостаточно данных о 3D печатных слепках, полученных из файлов стандартного языка тестирования (STL-файлы) [9]. Для полного цифрового рабочего процесса необходимо использование внутриротового сканера, который генерирует файлы STL, используемые при изготовлении прототипов протезов и окончательных несъемных полных зубных протезов на имплантатах, аналогично традиционному [10].

Сочетание традиционного и цифрового рабочих процессов является текущим стандартом восстановления полностью отсутствующих зубов с помощью имплантатов [11], однако постоянное развитие CAD/CAM технологии может обеспечить решение возникающих проблем полным эффективным цифровым протоколом.

Целью данного исследования явилась оценка выживаемости имплантатов при полной адентии, подвергшихся немедленной нагрузке временной конструкцией согласно данным искусственного интеллекта.

Методы и принципы исследования

После сбора информации у пациента при первичном осмотре цифровые данные анализируются и фиксируются в базе данных электронной истории болезни. Далее производится создание цифрового проекта положения имплантатов относительно костных параметров и моделирование навигационного шаблона в программе 3SHAPE Implant Studio. После утверждения проекта шаблон отправляется на печать, калибруется и проходит дезинфекционную обработку.

В процессе операции производится местная инфильтрационная анестезия, откидывается слизисто-надкостничный лоскут, далее накладывается накостный навигационный шаблон для остеотомии, фиксируются пины в кости для его стабильности на поверхности альвеолярного гребня.

Проводится пошаговое сверление от малого до большого диаметра кости верхней челюсти сверлами через отверстия в шаблоне.

Имплантаты устанавливаются в необходимые позиции с помощью понижающего наконечника и имплантовода из навигационного набора. Контроль первичной стабильности фиксируется с помощью динамометрического ключа, а с помощью аппарата Pinguin (Швеция) частотно-резонансным методом определяется микроподвижность имплантата. Имплантаты считаются успешно интегрированными при немедленной нагрузке, если достигается крутящий момент по ключу не менее 30 Н·см, ISQ коэффициент стабильности аппаратом более 70 единиц.

После установки имплантатов в заданное положение проводят установку multiunit (мультиюнит) и фиксацию на них сканмаркеров. В процессе сканирования получают оптический образ положения имплантатов и мягких тканей. Далее выгружают информацию в программу EXOCAD и моделируют новую ортопедическую конструкцию относительно образа старого протеза.

Временная мостовидная шинирующая конструкция на титановых основаниях с опорой на мультиюниты из полиметилметакрилата (PMMA) фрезеруется в CAD/CAM центре и с помощью винтов прикручивается к ним.

Основные результаты

Пациент Галина К. обратилась в клинику с жалобами на снижение уровня качества жизни (подвижность мостовидного протеза верхней челюсти, боль при пережевывании пищи).

Из анамнеза: пациенту ранее установлен металлокерамический мостовидный протез с опорой на собственные зубы верхней челюсти и монотельные имплантаты более 10 лет назад.

Объективно: ортопедическая конструкция несостоятельна, подвижна, альвеолярный гребень верхней челюсти атрофирован на 1/3 в дистальных участках, наличие прикрепленной десны составляет более 3 мм, слизистая чистая, умеренно влажная (рис. 1, а, б).

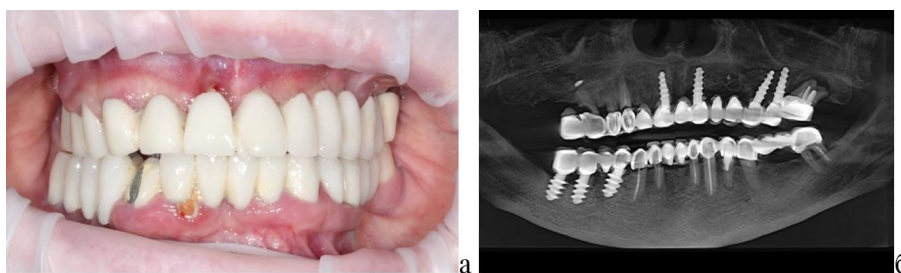


Рисунок 1 - Вид старой металлокерамической конструкции с опорой на монотельные имплантаты и зубы верхней челюсти:

а – старая ортопедическая конструкция; б – рентгенографическая оценка состояния опорных зубов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.1>

Проведен осмотр внешнего вида пациентки и слизистой полости рта. Выполнено портретное фото пациентки в покое с сомкнутыми губами, а также в процессе произношения звука «И» для оценки «линии улыбки» и горизонта (рис. 2).



Рисунок 2 - Портретное фото пациента для оценки «линии улыбки»
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.2>

Проведена также дополнительная диагностика с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). Во время проведения компьютерной томографии у пациента щеки раздуты, зубы плотно сомкнуты (рис. 3). По данным КЛКТ, проведена оценка морфологии и структуры кости, объема альвеолярного гребня верхней челюсти, сделан анализ соотношения кортикального и губчатого слоев.



Рисунок 3 - Рентгенологический образ со старым протезом
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.3>

Примечание: DICOM-файл

Предварительно в интерфейсе просмотрщика Xelis 3.0 КЛКТ во фронтальном и дистальных участках верхней челюсти произведена оценка оптической плотности кости по Хаусфилду, которая составила 350-850 HU, что соответствует по клинической международной классификации типу кости «D3», классу резорбции по Lekholm and Zarb – «А» (рис. 4).

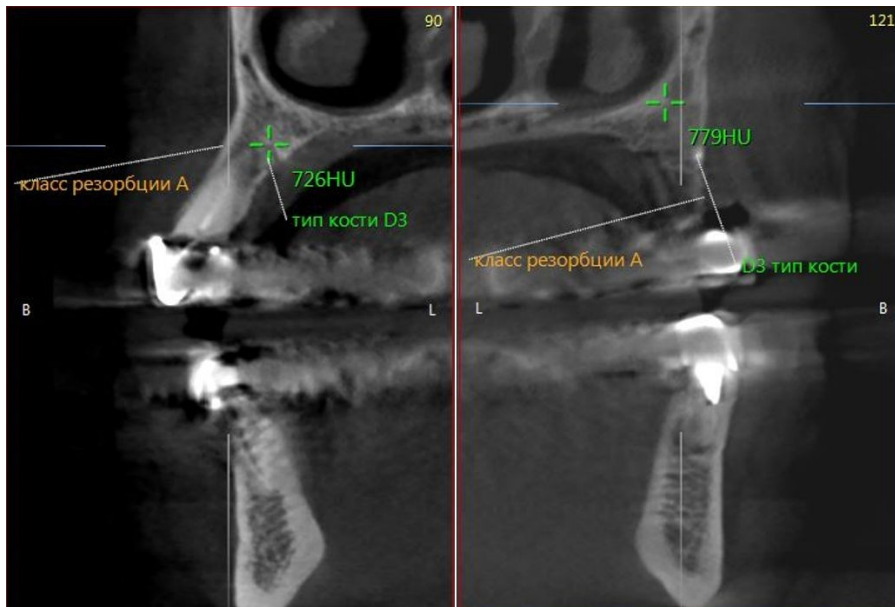


Рисунок 4 - Оценка оптической плотности кости по Хаусфилду
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.4>

Для дополнительной привязки оптического образа первоначальной конструкции к слизистой на небной пластине под местной анестезией устанавливали ортодонтические неинтегрируемые в кость минивинты, затем на головки винтов наносили адгезив и жидкотекучий композит светового отверждения. Головки минивинтов соединяли между собой ленточными маячками из жидкого коффердама, при этом материал легко полимеризуется и остается в течение нескольких дней на десне небной пластины (рис. 5).



Рисунок 5 - Нанесение жидкого коффердама на слизистую для дополнительной оптической ретенции
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.5>

Проведено сканирование аппаратом Primescan (Sirona) старого мостовидного протеза, включая поверхность неба верхней челюсти. Кроме того, получен оптический образ антагонистов и положения челюстей (рис. 6).



Рисунок 6 - Оптический образ протезов в смыкании с нанесенными метками
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.6>

В программе 3Shape Implant Studio произведено совмещение DICOM (файлы из КЛКТ) и STL-файлов (сканы верхней и нижней челюсти).

В программе определен образ позиции имплантатов в области 1.6, 1.4, 1.2, 2.2, 2.4 зубов относительно будущего временного протеза, альвеолярного гребня и гайморовой пазухи, подобраны их дизайн, диаметр и длина, определен угол наклона, а также тип фиксации относительно костных параметров (рис. 7).

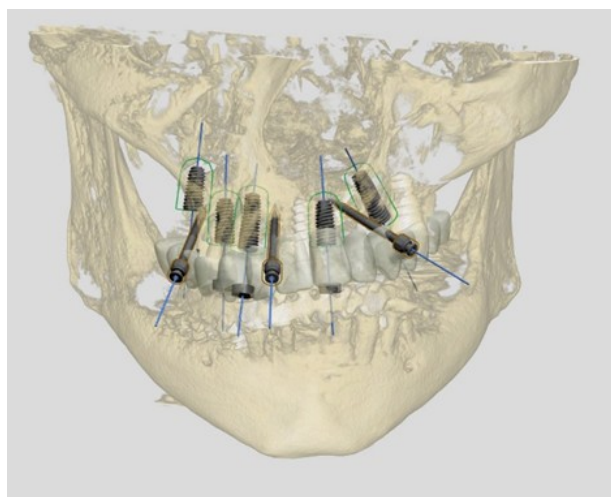


Рисунок 7 - Позиции имплантатов относительно образа ортопедической конструкции в программе Ecorplan
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.7>

Примечание: подбор дизайна и размеров имплантатов

Проведено моделирование в программе 3Shape Implant Studio навигационного шаблона с опорой на кость, для точности позиции обозначены фиксирующие шаблон пины (рис. 8).

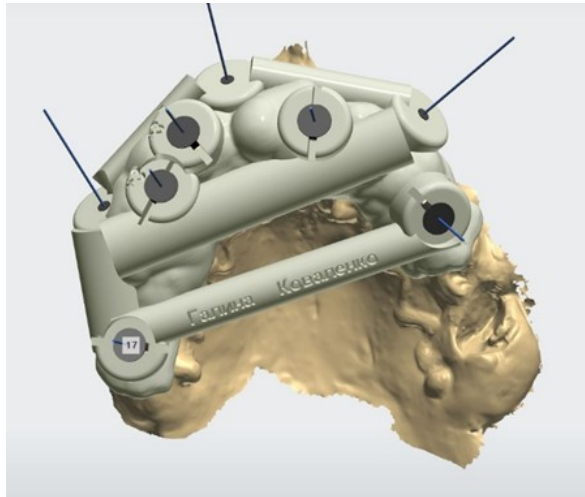


Рисунок 8 - Цифровой образ навигационного шаблона для остеотомии с фиксирующими пинами
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.8>

Примечание: вид сверху

Данные, определяемые на этапе диагностики и планирования, необходимые для определения сроков нагрузки имплантатов ортопедической конструкцией с помощью искусственного интеллекта, вносятся в электронную базу данных медицинской карты пациента (рис. 9).

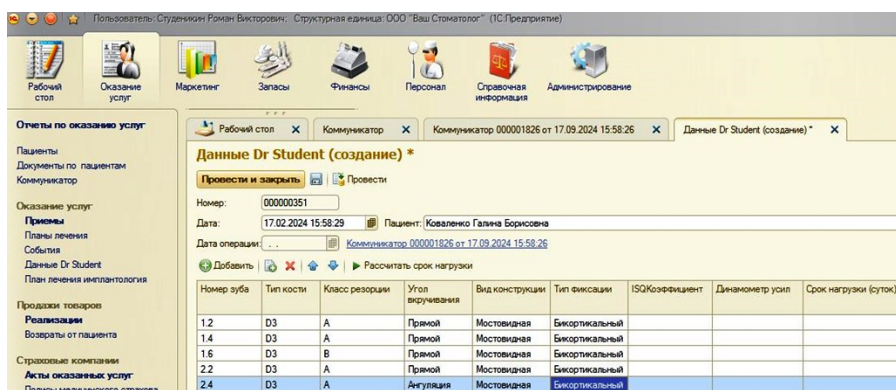


Рисунок 9 - Ввод данных в электронную базу медицинской карты пациента
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.9>

Шаблоны печатали на 3D принтере перед операцией из смолы компании HARS Labs (Dental Yellow Clear PRO).

Перед операцией проводилась механическая калибровка, очистка и дезинфекционная обработка шаблона методом холодной стерилизации (рис. 10).



Рисунок 10 - Навигационный шаблон перед обработкой и калибратор для остеотомических отверстий
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.10>

На этапе операции, под местной анестезией Артикаином 1: 100000, проводилась мобилизация мягких тканей и удаление зубов с последующим позиционированием навигационного на костного шаблона. Далее осуществляли

пошаговое препарирование кости в области верхней челюсти полным протоколом набора сверл для навигации (рис. 11).

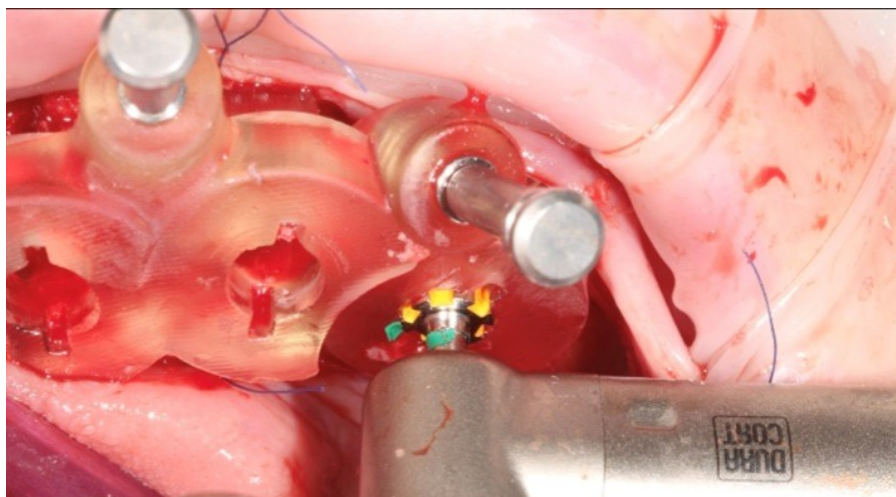


Рисунок 11 - Проведение остеотомии на операции с использованием навигационного шаблона
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.11>

Имплантаты устанавливали с помощью понижающего наконечника с применением имплантоввода, желтые маячки которого высвечивают специалисту позицию вершины шестигранника имплантата, что помогает установить съемные основания с переключением платформ (multiunit) в правильное ортопедическое положение.

Контроль динамометрического усилия осуществляли с помощью храпового ключа со значениями от 31 до 37 Н/см. Проверка коэффициента стабильности ISQ была осуществлена с помощью частотно-резонансного аппарата Pinguin (Дания) и составила значение в интервале от 72 до 76 (рис. 12).

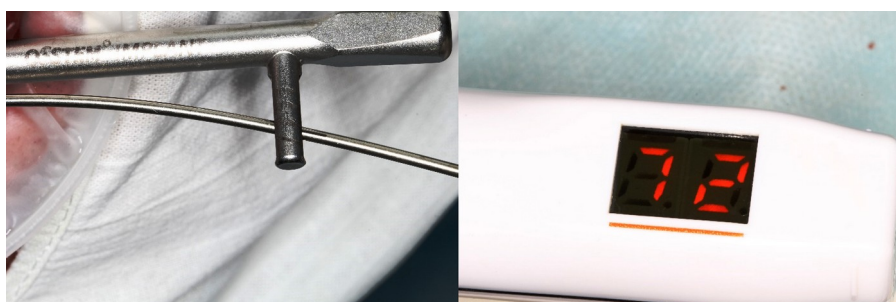


Рисунок 12 - Проверка первичной стабильности имплантатов с помощью динамометрического ключа и аппарата Pinguin
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.12>

Положение имплантатов и фиксацию платформы multiunit контролировали рентгенографически (рис. 13).

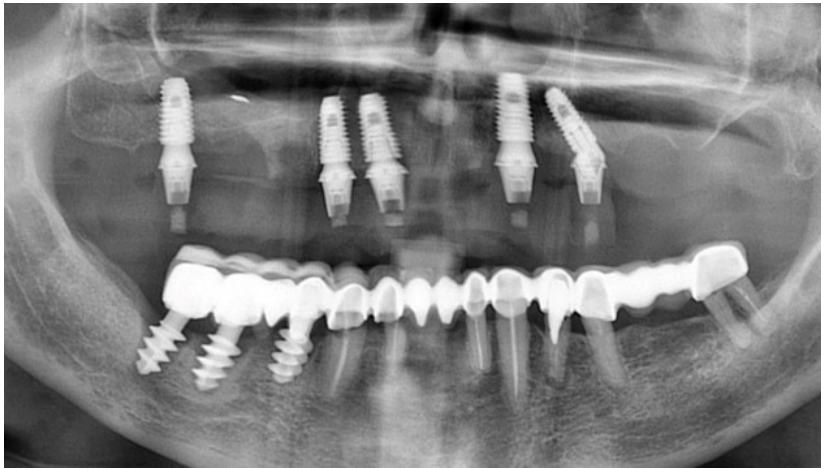


Рисунок 13 - Рентгенографический контроль в день операции
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.13>

Продолжительность хирургического этапа составила 2 часа.

В мобильное приложение «Dr. Student» по определению сроков нагрузки имплантатов ортопедической конструкцией [12] были введены данные переменных параметров минимального значения у одного из установленных имплантатов (динамометрическое усилие по ключу – 31 Н·см, коэффициент стабильности ISQ – 72), определяемых на хирургическом этапе и показатели, оценка которых проведена на этапе диагностики и планирования: тип кости, класс резорбции, тип фиксации имплантата, угол вкручивания относительно костных параметров и вид ортопедической конструкции. Приложение «Dr. Student», реализованное с помощью технологии искусственного интеллекта, определило срок нагрузки как немедленный – 1 сутки (рис. 14).

 Скриншот мобильного приложения «Dr. Student». Интерфейс приложения включает следующие элементы:

- Название приложения: Dr. Student. Языки: Eng, Rus.
- Тип протезирования: одиночное, мостовидное (выбрано).
- Динамометрическое усилие, Н/см²: 31. Ползунок регулируется от 1 до 45.
- Коэффициент стабильности имплантата (ISQ) 73. Ползунок регулируется от 65 до 90.
- Тип фиксации: стандартная, бикортикальная (выбрано).
- Тип кости: D1, D2, D3 (выбрано), D4.
- Класс резорбции: A (выбрано), B, C, D, E.
- Тип вкручивания: прямое, под наклоном.
- Срок ортопедической нагрузки (в сутках): 1.0.
- Кнопка «Рассчитать».

Рисунок 14 - Определение срока нагрузки на дентальные имплантаты с помощью приложения «Dr. Student» у одного из имплантатов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.14>

После определения нагрузки с помощью искусственного интеллекта в имплантаты установили multiunit, зафиксировав с силой не менее 30 Н·см прямой и угловой тип не менее 15 Н см, наложили швы. Далее провели внутриротовое сканирование аппаратом Primescan (Sirona) с использованием сканмаркеров и переносом оптического образа в программу EXOCAD (рис. 15).



Рисунок 15 - Оптический образ сканмаркеров и мягких тканей
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.15>

Примечание: этап сканирования на операции

Позицию имплантатов относительно антагонистов, образ мягких тканей, а также положение челюстей передали в зуботехническую лабораторию.

После получения STL-файлов зубной техник смоделировал новый образ конструкции в виде мостовидного шинирующего протеза в программе EXOCAD, учитывая положение имплантатов. (рис. 16, рис. 17).

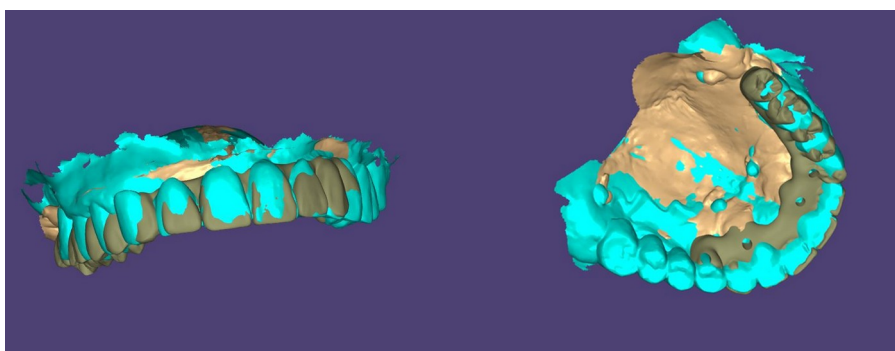


Рисунок 16 - Совмещение образа старого протеза с новой шинирующей конструкцией временного протеза в программе EXOCAD
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.16>

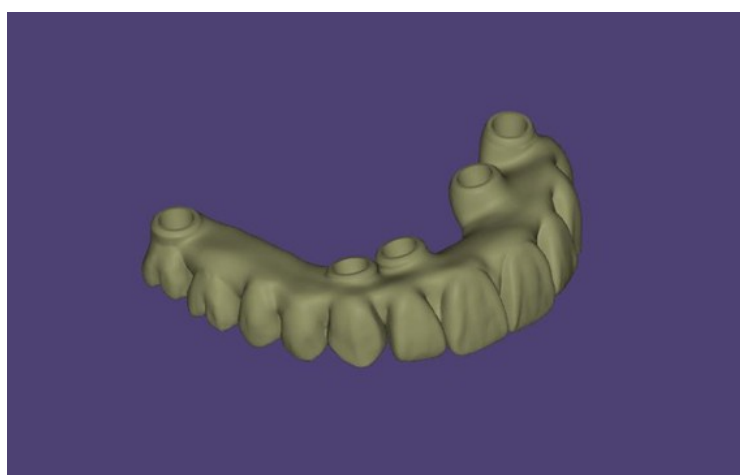


Рисунок 17 - Моделирование образа шинирующей временной конструкции с опорой на multiunit в программе EXOCAD
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.17>

Готовый файл импортировался в программу фрезерного CAD/CAM центра, и конструкция была изготовлена в течение 40 минут (рис. 18).



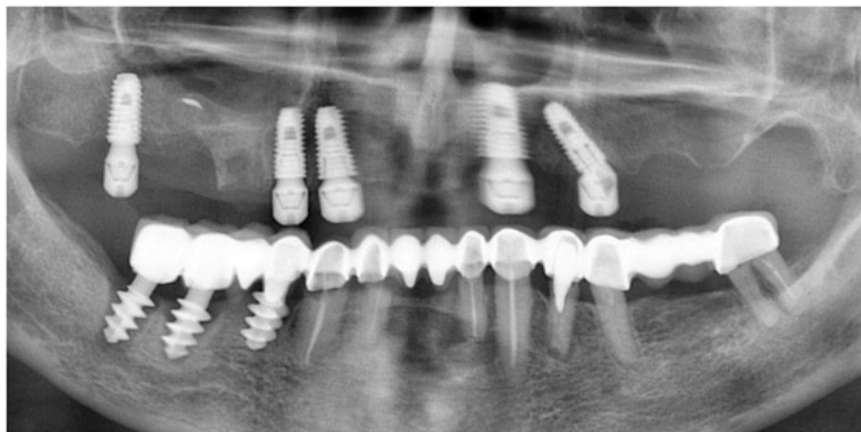
Рисунок 18 - Временная шинирующая конструкция из PMMA, изготовленная во фрезерном центре
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.18>

Ортопедическая конструкция прошла техническую обработку, в нее вклеили титановые основания, далее в кабинете врача-стоматолога провели ее дезинфекционную обработку. Конструкция фиксировалась на платформе multiunit с силой 15 Н·см (рис. 19).

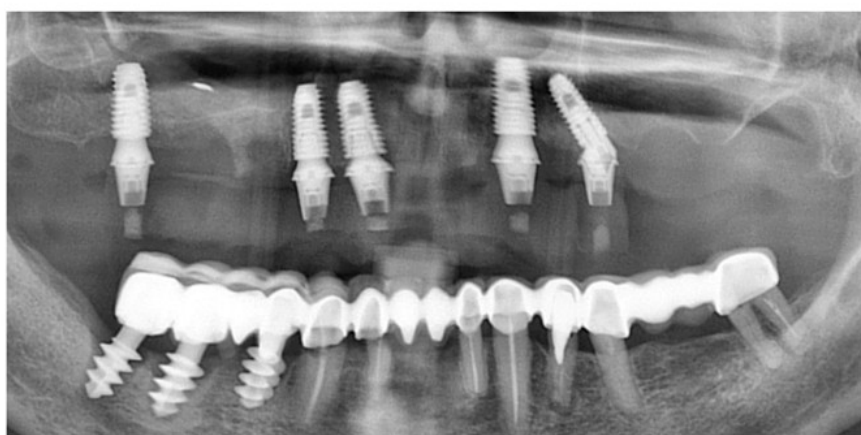


Рисунок 19 - Фиксация временного протеза в полости рта
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.19>

Общая продолжительность всех этапов лечения, включая фиксацию протеза, составила 7.5 часов. По истечении 3 и 6 месяцев был проведен рентгенографический контроль остеоинтеграции имплантатов (рис. 20). Состояние костной ткани на ортопантограмме подтверждает отсутствие резорбции кости вокруг имплантатов.



a



б

Рисунок 20 - Рентгенографический контроль:
а - спустя 3 месяца после установки имплантатов; б - спустя 6 месяцев после установки имплантатов
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.20>

Обсуждение

Оценивая результаты лечения, приведенные в статье, следует подчеркнуть, что определение срока нагрузки установленных имплантатов с помощью искусственного интеллекта в виде мобильного программного комплекса «Dr. Student» оказалось верным, свидетельствуя об отсутствии убыли костной ткани вокруг имплантатов и их выживаемости в период интеграции под ортопедической конструкцией

Протоколы цифровой диагностики и планирования позволили заранее прототипировать ранее установленную форму протеза, визуализировать будущее положение имплантата относительно планируемой ортопедической шинирующей конструкции, в том числе для проведения навигационного контроля с помощью шаблона. Современные цифровые технологии внутриворотного сканирования и технологии фрезерования позволили значительно сократить время лечения от начала работы до постановки временной конструкции.

Заключение

Использование алгоритма лечения пациентов с использованием цифровых технологий (фотопротокол, конусо-лучевая компьютерная томография, сканирование полости рта, моделирование позиции имплантатов относительно конструкции, 3D печать операционных шаблонов, оптический образ положения имплантатов после операции и мягких тканей, фрезерование в CAD/CAM центре временной конструкции) и искусственного интеллекта (прогнозирование срока нагрузки имплантатов ортопедической конструкцией с помощью мобильного программного комплекса «Dr. Student») позволили сократить время моделирования, изготовления и установку шинирующего временного протеза с уровня multiunit на пяти имплантатах при полной адентии верхней челюсти. На основании рентгенографии зафиксирована остеоинтеграция имплантатов через 3 и 6 месяцев после проведения операции. Такой подход позволяет значительно сократить время ортопедической реабилитации пациентов и повысить уровень их качества жизни.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.21>**Conflict of Interest**

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.94.21>**Список литературы / References**

1. Rekow E.D. Digital dentistry: The new state of the art – Is it disruptive or destructive? / E.D. Rekow // *Dental Materials*. — 2020. — № 36 (1). — P. 9–24. — DOI: 10.1016/j.dental.2019.08.103.
2. Kernitsky J. Digital Integration of Implant Surgery Workflow. *Practical Periodontal Diagnosis and Treatment Planning* / J. Kernitsky, M. DiBattista — Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2023. — 211 p. — DOI: 10.1002/9781119830344.ch12.
3. Guncu M.B. Performance of high-translucent zirconia CAD/CAM fixed dental prostheses using a digital workflow: A clinical study up to 6 years / M.B. Guncu, G. Aktas, I. Turkyilmaz [et al.] // *Journal of Dental Sciences*. — 2023. — № 18 (1). — P. 44–49. DOI: 10.1016/j.jds.2022.07.023.
4. Papaspyridakos P. Complete digital workflow for prosthesis prototype fabrication with double digital scanning: accuracy of fit assessment / P. Papaspyridakos, F. AlFulaij, A. Bokhary [et al.] // *Journal of Prosthodontics*. — 2023. — № 32 (1). — P. 49–53. — DOI: 10.1111/jopr.13492.
5. Cybulska A. Application of digital technologies to prosthetic rehabilitation of patients after surgical treatment of head and neck neoplasms / A. Cybulska, M. Szerszeń // *Prosthodontics*. — 2023. — № 73 (1). — P. 57–64. — DOI: 10.5114/ps/162661.
6. Ahmadjonov M.A. History and treatment plan for patients with complete edentia. Basics of prevention / M.A. Ahmadjonov // *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*. — 2023. — № 10(11). — P. 276–280.
7. Yan Y. A completely digital workflow aided by cone beam computed tomography scanning to maintain jaw relationships for implant-supported fixed complete dentures: A clinical study / Y. Yan, X. Yue, X. Lin [et al.] // *The Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2023. — № 129 (1). — P. 116–124. — DOI: 0.1016/j.prosdent.2022.08.030.
8. Revilla-León M. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy / M. Revilla-León, A. Lanis, B. Yilmaz [et al.] // *Journal of Prosthodontics*. — 2023. — № 32 (S2). — P. 150–164. — DOI: 10.1111/jopr.13749.
9. Greco G.B. Accuracy of 3-dimensional printing of dental casts: A proposal for quality standardization / G.B. Greco, D. Popi, D.A. Di Stefano // *The Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2022. — № 127 (6). — P. 899–910. — DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.09.045.
10. Park Y. Scanning accuracy of an intraoral scanner according to different inlay preparation designs / Y. Park, J.H. Kim, J.K. Park [et al.] // *BMC Oral Health*. — 2023. — № 23 (1). — P. 515. — DOI: 10.1186/s12903-023-03233-2.
11. Bernauer S.A. The Complete Digital Workflow in Fixed Prosthodontics Updated / S.A. Bernauer, N.U. Zitzmann, T. Joda // *A Systematic Review. Healthcare*. — 2023. — № 11 (5). — P. 679. — DOI: 10.3390/healthcare11050679.
12. Студеникин Р.В. Программный комплекс «Dr. Student» – онлайн помощник по определению сроков нагрузки ортопедической конструкции на дентальные имплантаты / Р.В. Студеникин, А.А. Мамедов // *Вестник новых медицинских технологий*. — 2023. — № 1. — URL: http://www.vnmt.ru/index_e.html (дата обращения: 30.09.2024). — DOI: 10.24412/2075-4094-2023-1-1-4.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rekow E.D. Digital dentistry: The new state of the art – Is it disruptive or destructive? / E.D. Rekow // *Dental Materials*. — 2020. — № 36 (1). — P. 9–24. — DOI: 10.1016/j.dental.2019.08.103.
2. Kernitsky J. Digital Integration of Implant Surgery Workflow. *Practical Periodontal Diagnosis and Treatment Planning* / J. Kernitsky, M. DiBattista — Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2023. — 211 p. — DOI: 10.1002/9781119830344.ch12.
3. Guncu M.B. Performance of high-translucent zirconia CAD/CAM fixed dental prostheses using a digital workflow: A clinical study up to 6 years / M.B. Guncu, G. Aktas, I. Turkyilmaz [et al.] // *Journal of Dental Sciences*. — 2023. — № 18 (1). — P. 44–49. DOI: 10.1016/j.jds.2022.07.023.
4. Papaspyridakos P. Complete digital workflow for prosthesis prototype fabrication with double digital scanning: accuracy of fit assessment / P. Papaspyridakos, F. AlFulaij, A. Bokhary [et al.] // *Journal of Prosthodontics*. — 2023. — № 32 (1). — P. 49–53. — DOI: 10.1111/jopr.13492.
5. Cybulska A. Application of digital technologies to prosthetic rehabilitation of patients after surgical treatment of head and neck neoplasms / A. Cybulska, M. Szerszeń // *Prosthodontics*. — 2023. — № 73 (1). — P. 57–64. — DOI: 10.5114/ps/162661.
6. Ahmadjonov M.A. History and treatment plan for patients with complete edentia. Basics of prevention / M.A. Ahmadjonov // *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*. — 2023. — № 10(11). — P. 276–280.
7. Yan Y. A completely digital workflow aided by cone beam computed tomography scanning to maintain jaw relationships for implant-supported fixed complete dentures: A clinical study / Y. Yan, X. Yue, X. Lin [et al.] // *The Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2023. — № 129 (1). — P. 116–124. — DOI: 0.1016/j.prosdent.2022.08.030.
8. Revilla-León M. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy / M. Revilla-León, A. Lanis, B. Yilmaz [et al.] // *Journal of Prosthodontics*. — 2023. — № 32 (S2). — P. 150–164. — DOI: 10.1111/jopr.13749.

9. Greco G.B. Accuracy of 3-dimensional printing of dental casts: A proposal for quality standardization / G.B. Greco, D. Popi, D.A. Di Stefano // *The Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2022. — № 127 (6). — P. 899–910. — DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.09.045.
10. Park Y. Scanning accuracy of an intraoral scanner according to different inlay preparation designs / Y. Park, J.H. Kim, J.K. Park [et al.] // *BMC Oral Health*. — 2023. — № 23 (1). — P. 515. — DOI: 10.1186/s12903-023-03233-2.
11. Bernauer S.A. The Complete Digital Workflow in Fixed Prosthodontics Updated / S.A. Bernauer, N.U. Zitzmann, T. Joda // *A Systematic Review. Healthcare*. — 2023. — № 11 (5). — P. 679. — DOI: 10.3390/healthcare11050679.
12. Studenikin R.V. Programmnyj kompleks «Dr. Student» – onlajn pomoschnik po opredeleniju srokov nagruzki ortopedicheskoj konstruktsiej na dental'nye implantaty [The software package "Dr. Student" is an online assistant for determining the timing of the load of orthopedic construction on dental implants] / R.V. Studenikin, A.A. Mamedov // *Bulletin of New Medical Technologies*. — 2023. — № 1. — URL: http://www.vnmt.ru/index_e.html (accessed: 30.09.2024). — DOI: 10.24412/2075-4094-2023-1-1-4. [in Russian]