

Разуменко Г.П. ©

Доцент кафедры ортопедической стоматологии, к.м.н.
Новосибирский государственный медицинский университет

ЗНАЧЕНИЕ И МЕСТО CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Аннотация

Появление новейших разработок в сфере компьютерных технологий открыли безграничные возможности для моделирования, проектирования и создания готового изделия. Благодаря современному оборудованию и новому программному обеспечению стало возможным не только быстро и успешно создавать трехмерные модели предметов, но и участвовать в создании уже готовых изделий. В статье представлены основные отечественные разработки в области CAD/CAM технологий, специально для ортопедической стоматологии.

Ключевые слова: CAD/CAM системы, стоматология, компьютерное проектирование, оптический оттиск, фотограмметрия.

Keywords: CAD/CAM systems, dentistry, photogrammetry, computer-aided design, the optical impression.

Разработанные автоматизированные компьютерные системы достаточно быстро нашли свое применение в аэрокосмической отрасли, получили широкое распространение и в других сферах высокоточного производства. САПР или система автоматизированного проектирования, уже получила свое признание и место во многих отраслях экономики. Для медицины и в частности для стоматологии требовалось создать на базе существующих программ и оборудования наиболее удобную и адаптированную систему [13]. Необходимость использовать широкие возможности созданной системы по достоинству оценили в медицине. По мнению многих отечественных специалистов в ортопедической стоматологии появилось новое направление, благодаря которому значительно увеличилась продуктивность и качество работы врачей и зубных техников. [1].

Первые практически шаги в этом направлении были предприняты в 1971 году, когда в тесном контакте с компанией Hensson International, молодой доктор Франсуа Дюре начал работу над проектом, результатом которого должен был стать автоматизированный комплекс моделирования и изготовления искусственных коронок. [15]. В основу метода было положено голографическое сканирование полости рта, получение визуальной информации благодаря которой осуществлялось дальнейшее проектирование искусственной коронки. Выявленные в ходе практического использования результаты, указали пути дальнейшего совершенствования работы системы. Основным аспектом, на который делалась ставка в последующих разработках, должна была стать оптимизация всего процесса и высокая производительность.

Только в 1983 году появился первый промышленный прототип работоспособной системы, а первая изготовленная коронка была зафиксирована пациенту уже в 1985 году. Полученные результаты дали толчок для последующего промышленного использования системы CAD/CAM в практической стоматологии, сначала на французском рынке, а двумя годами позже уже на заокеанском рынке в США и Канаде.

CAD/CAM системы дают специалистам широкий выбор материалов для изготовления готовых изделий [7]. На этом оборудовании легко работать с титаном, диоксидом циркония и

кобальтохромовыми сплавами. Успешно осуществляется фрезерование каркасов металло-керамических коронок из пластмассы [12].

Техническое оснащение подобной системой стоматологического кабинета дает определенные преимущества в сравнении с работой зубных техников и врачей ортопедов традиционными методами. Существенно увеличивается точность изготовления реставраций, допустимое отклонение составляет всего 15-20 мкм, тогда как литье давало погрешность в 50-70 мкм. Чистота рабочего процесса, компактность установки и экономия рабочего времени являются весомыми доказательствами преимущества использования новой методики. Используя в своей работе систему CAD/CAM можно в разы увеличить производительность.

Важным моментом, которым обладают сегодня существующие модели систем CAD/CAM - это унификация используемых в стоматологии конструкционных материалов. [3].

К примеру, технологические возможности систем CAD/CAM обеспечили спортивную травматологию необходимым техническим ресурсом. Теперь на подобном оборудовании можно с успехом не только проектировать, но и изготавливать защитные шины для спортсменов. Система позволяет выполнять работу с учетом физиологических особенностей строения челюстно-лицевого отдела каждого спортсмена [11].

Варианты использования систем CAD/CAM достаточно разнообразны. В каждом отдельном случае работа ведется в соответствии с условиями лечения пациента, с учетом оценки сложившейся клинической картины. Сегодня новые технологии эффективны в следующих случаях:

- моделирование и создание, вкладок, коронок, мостовидных протезов и виниров;
- широкие технологические возможности для моделирования реставраций, используя обширную базу моделей зубов;
- моделирование и изготовление протяженных конструкций (до 16 зубов);
- сохранение полученной информации о состоянии пациента в базу данных, для последующего гибкого реагирования на возникшие изменения в клинической картине.

С помощью новой технологии можно рассчитать необходимые контактные пункты, осуществить обработку жевательной поверхности коронок в соответствии с анатомическим строением зубов антагонистов. В процессе моделирования можно выбрать оптимальную толщину будущей реставрации.

Дентальная имплантация, которая сегодня во многом базируется на современных цифровых технологиях, опирается на максимально возможное получение информации о состоянии рельефа объектов полости рта. На основании полученных внутриоральных снимков абатмента вместе с окружающими тканями, система позволяет выполнить виртуальное моделирование реставрации. Методика очень эффективна для бескаркасной реставрации с использованием керамических материалов [3].

Впервые в отечественной стоматологии методика получения высокоточных цифровых моделей зубов, с помощью разработанного комплекса CAD/CAM была освоена на практике в 1994 году. Работа по разработке комплекса велась в Центральном НИИ стоматологии, под руководством Ряховского А.Н. и Юмашева А. В. Практическая задача, которую ставили перед собой авторы методики, заключалась в оценке возможностей корректного восстановления формы зуба при помощи искусственной коронки и состоятельность применения CAD/CAM систем для планирования и проведения ортопедического лечения. Впервые в отечественной стоматологии была создана (совместно с ОАО «ЭНИМС» в соавторстве с Кагановским И.П.) рабочая модель оптического зонда (интраоральной камеры) для получения оптического оттиска [13].

В результате многочисленных исследований и практических испытаний, была исследована эффективность работы графических станций в технологическом контакте с электронными видеокамерами. Станки с ЧПУ должны были на базе полученной графической информации выполнить механическую работу по изготовлению реставрации. Совместно с

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, в соавторстве с Дегтяревым В.М. была создана автоматизированная система протезирования зубов «DENTAL» [1]. Изначально полученные снимки были представлены в формате BMP черно-белого изображения. Существенным недостатком разработки стал размер снимка, который занимал большой объем памяти и имел малое разрешение, 640x442. Система позволяла получить инвертированные негативы снимков в двух проекциях, по горизонтали и вертикали, однако в процессе манипуляций, приближения камеры к объекту, терялась качество изображения, вырастал процент искажения соседствующих зон и периферийных объектов.

В процессе изучения полученных снимков было принято решение использовать для получения снимков лучшего качества объектив камеры на расстоянии 28 мм от исследуемого зуба. Последующая обработка снимков позволяла получать снимки лучшего качества, размером 50x50 мм при всем том же разрешении 640 на 442. После обработки система выдает снимки размером 125x114 пикселей. Погрешность на полученных снимках составляет не более 0,08 мм. В реальной обстановке погрешность оказалась несколько выше, сказалось влияние сторонних факторов, таких отражающая поверхность зубов, неравномерность освещения и положение объектива камеры.

Результаты работы автоматизированной системы проектирования «DENTAL», полученные в 1995 году, дали обильную почву для научных дискуссий в стоматологическом сообществе. При имеющемся искажении получить реальную картинку о состоянии зуба с высокой точностью проблематично. Высокую точность можно было получить, только используя 20-ти кратное увеличение. Камера, оборудованная источником света, не может объективно выдавать реальную картинку. Световое искажение крайне нежелательно для последующего моделирование зуба.

Работа с получением снимков объекта велась параллельно с процессами по выбору пространственной модели. На основании полученных снимков стало возможным выработать четкие требования к создаваемой модели. Благодаря точному описанию удалось создать модель адекватную естественному зубу. В автоматизированной системе «DENTAL» проблемным местом стала трансформация данной модели на практическую основу. Сложность состояла в переходе от привычных описаний к 3-х мерным геометрическим данным и далее, трансформации математических данных об объекте под параметры программного обеспечения вычислительной техники. Точечная 3-х мерная геометрическая модель представляет собой набор координат множества точек, которые лежат на поверхности исследуемого объекта. Помимо координат каждая точка имеет определенный вектор, с помощью которого упрощается расчеты по освещению и визуализации исследуемой области. В программном обеспечении каждой точке соответствовали 6 параметров, включая положение по оси X, Y и Z, значение единичного вектора по осям X, Y и Z. Наличие этой информации даст возможность сделать процессе визуализации готовой модели [4].

В основу отечественной разработки легли технологии, которые должны обеспечить информацией для последующего создания пространственной модели. На стадии обработки данных по созданию пространственной модели нашими специалистами были сделаны практические попытки получить визуализацию модели на экране монитора для создания траектории движения рабочего инструмента [14]. Точечное описание участков зуба имеет приоритет в сравнении с математическими данными, которыми описывается поверхность объекта. Программное обеспечение, которое было разработано, давало возможности выставить необходимое положение камеры от исследуемого объекта, построить в итоге пространственную модель на базе полученных электронных снимков с разных ракурсов. Для формирования пространственной модели требовалось минимум 4 снимка.

Первоначальные результаты, которые дало использование отечественной системы CAD/CAM «Dental» указали не только на имеющиеся недочеты в работе комплекса, но и дали возможность осуществлять дальнейшую модернизацию всех составных элементов. С учетом последних достижений в области цифровых и компьютерных технологий в

существующую систему в 1998 году были внесены коррективы и проведена масштабная модернизация оборудования. В процессе модернизации был сделан акцент на совершенстве механизма получения и обработки информации, полученной на трехмерном изображении рабочей области. Возникла необходимость в осуществлении автоматического анализа визуальной информации на базе искусственного интеллекта. Создание нового программного обеспечения и использование более совершенного оборудования, дало широкие возможности для оптимизации системы. Модернизированный комплекс стал обладать всеми технологическими возможностями систем машинного зрения (СМВ). Работы по улучшению существующей модели автоматизированной системы велись тем же составом сотрудников ЦНИИС, с привлечением ведущих специалистов ГОСНИИ Авиационных систем: Желтова С.Ю. и Князя В.А. [5].

Практическая часть исследований проводилась на базе комплекса короткобазисной фотограмметрии, с использованием разработанного стоматологического эндоскопа и нового программного обеспечения. Во время работы, были опробованы на практике три метода восстановления объемной формы исследуемого объекта: эпиполярный, корреляционный и профильный. Оценив преимущества и недостатки каждого метода, было принято решение использовать для создания цифровой модели зуба профильный метод [2].

После проведенного исследования и прецизионных измерений было установлено, что новая методика дает возможность с высокой точностью получить цифровые данные о геометрии исследуемых объектов. [4]

Также успешным оказался метод использования 3D сканирования в области борьбы со стоматофобическими реакциями пациентов на лечебные манипуляции. Применение средств и препаратов седативного действия для купирования этого явления, орошение рефлекторных зон в ротовой полости обезболивающими препаратами не дают должного эффекта [10]. На базе кафедры ортопедической стоматологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова были проведены сравнительные исследования на пациентах с повышенным рвотным рефлексом с разными методиками получения оттисков. В первом случае оттиски получали традиционным способом, тогда как во втором случае, использовалась методика сканирования рельефа слизистой оболочки и получения оптического оттиска. Сканирование ротовой полости осуществлялось интраоральным сканером. Результатом практических исследований стали выводы о несравненном удобстве для пациентов методе внутриворотного сканирования. Пациенты вполне лояльно относились к проводимой процедуре сканирования, при том, что она требовала больше времени, рвотные рефлексы у большинства пациентов практически не возникали [9].

Системы CAD/CAM позволяют существенно продвинуться в решении практических задач современной ортопедической стоматологии. Отечественные разработки в этом плане обеспечивают получение высокоточных цифровых моделей зубов, добиться с помощью полученной информации высокой эффективности ортопедического лечения [8]. Аппаратно-программные комплексы, создаваемые сегодня за рубежом, отечественные разработки и промышленные модели дают возможности осуществлять электронное моделирование зубов с высокой точностью, решая целый комплекс клинических проблем [6].

Литература

1. Ряховский А.Н., Дегтярев В.М., Юмашев А.В., Ahlering A. Автоматизированная система протезирования зубов "DENTAL". // «Информатизация регионов России»: Тез. докл.-СПб., 1995.-С.133-137.
2. Юмашев А.В. Система получения и компьютерного анализа информации о рельефе объектов в полости рта. // Сборник тезисов XX Итоговой межвузовской научной конференции молодых ученых. -Москва. -1998. -С.19
3. Ряховский А.Н., Юмашев А.В. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. 1999. № 4. С. 56.
4. Юмашев А.В. Использование анализа рельефа зубных рядов и их фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов. // -

Автореф. канд. дисс., Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, 18 с. Москва, 1999

5. Ряховский А.Н., Желтов С.Ю., Князь В.А., Юмашев А.В. Аппаратно-программный комплекс получения 3D-моделей зубов. // Стоматология. 2000. Т. 79. № 3. С. 41-45.
6. Ряховский А.Н., Юмашев А.В., Левицкий В.В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении. // Патент на изобретение RUS 2306113 28.09.2006
7. Ряховский А.Н., Рассадин М.А., Левицкий В.В., Юмашев А.В., Карапетян А.А., Мурадов М.А. Объективная методика оценки изменений топографии объектов полости рта. // Панорама ортопедической стоматологии, 2006; 1: 8-10.
8. Ряховский А.Н., Юмашев А.В., Левицкий В.В. Значение пропорций в формировании эстетического восприятия // Панорама ортопедической стоматологии, 2007; 3: 18-21.
9. Юмашев А.В., Михайлова М.В., Кудерова И.Г., Кристаль Е.А. Варианты использования 3D сканирования в ортопедической стоматологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 1. С. 2-6.
10. Дорошина И.Р., Юмашев А.В., Михайлова М.В., Кудерова И.Г., Кристаль Е.А. Ортопедическое лечение пациентов с повышенным рвотным рефлексом // Стоматология для всех. 2014. № 4. С. 18-20.
11. Севбитов А.В., Борисов В.В., Канукова Е.Ю., Юмашев А.В., Сафиуллина Е.П. Исследование ретенционной способности индивидуальных защитных зубных шин относительно границ их базиса. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 2. С. 363-364.
12. Утюж А.С., Юмашев А.В., Михайлова М.В. Лечение пациентов с отягощенным аллергологическим анамнезом ортопедическими конструкциями на основе титановых сплавов по технологии CAD / CAM. // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. № 2-2 (64). С. 44-48.
13. Ряховский А.Н., Кагановский И.П., Лавров В.А., Юмашев А.В. Вопросы компьютерного проектирования и изготовления зубных протезов. // Материалы конференции стоматологов «Пути развития стоматологии: итоги и перспективы». Екатеринбург, 1995. - С. 223-226.
14. Nembree J.H.Jr. Comparisons of fit of CAD/CAM restorations using three imaging surfaces. // Quint Int 1995; 26: 2: 145 – 147.
15. Duret F., Preston J.D. CAD/CAM imaging in dentistry // Curr. Opin. Dent. 1991. N 1. P.150-154.