

КРИТЕРИИ ВЫБОРА CAD/CAM СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЮГЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

SELECTION CRITERIA CAD/CAM SYSTEM FOR THE MANUFACTURE OF CLASP PROTHESIS. ESPECIALLY COMPUTER SIMULATION

M. Mikhaylova
A. Klimova
N. Buhametova
R. Shagibalov

Summary. The article presents Spaniel evaluation of various CAD systems with their physical and chic properties, with the possibility of their application in prosthetic dentistry, especially for the manufacture of bugle protest. Chastity treatment of missing teeth among the variety of Clinic situations in the oral cavity is one of the most important places in prosthetic dentistry [7]. Up to 75% of people all over the world suffer from this pathology [2,5]. Chest absence of teeth may lead to reduced quality of life patients want problems with the chewing of food, bones, dysfunction Los TMJ, violation of Bank of the mandible, which may lead to a complete Potter's teeth [2]. In order to avoid the development of lone, one way For the same sub RD defects is to protesters semi Protein. In the most effective functional-morphological recovery plan class Sub RD are bugle protests [5,4].

For a long time prostheses were made using classical technologies, which required considerable time and material costs [8]. In 1995, for the first time in practice in domestic dentistry, CAD/CAM technology for obtaining digital models of teeth received its application [14]. CAD / CAM stands for « Computer Assisted Design/computer Assisted Manufacturing», which translated into Russian sounds like « computer design/computer-controlled manufacturing « [8]. CAD / CAM — technology allows to obtain dental frames of dentures of the highest accuracy, good biocompatibility with minimal time and technical costs without the participation of dental technician [8,14]. At the moment CAD/CAM systems are considered to be the most modern technology of dental prosthesis frames production, but they are mainly aimed at making fixed dentures [8,14,9].

To create a digital model of the prosthesis is only a small part of the presented programs on the market, these include: «Cerec in Lab», «3Shape», «Exocad» [9].

Keywords: milling clasp prosthesis, a scanner, a virtual model.

Михайлова Мария Владимировна

*Ассистент, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)
stom-maria@mail.ru*

Климова Анастасия Андреевна

*Первый Московский государственный медицинский
университет имени И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет)*

Бухарметова Наина Наилевна

*Первый Московский государственный медицинский
университет имени И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет)*

Шагибалов Руслан Римович

*Аспирант, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)*

Аннотация. В статье представлена сравнительная оценка различных CAD/CAM систем с их физико-химическими свойствами, с возможностью их применения в ортопедической стоматологии, особенно для изготовления бюгельных протезов.

Лечение частичного отсутствия зубов среди всего разнообразия клинических ситуаций в полости рта занимает одно из наиболее важных мест в ортопедической стоматологии [7]. Данной патологией страдает до 75% людей во всем мире [2,5].

Частичное отсутствие зубов может привести к снижению качества жизни пациента: возникнут проблемы с пережевыванием пищи, дикцией, дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава, нарушением биомеханики нижней челюсти, что в дальнейшем может привести к полной потере зубов [2]. Во избежание развития осложнений одним из способов для замещения дефектов зубных рядов является протезирование съёмными протезами. Наиболее эффективными в функционально-морфологическом плане восстановления целостности зубных рядов являются бюгельные протезы [5,4]. Необходимо помнить о том, что восстановление стоматологического здоровья следует проводить с учетом сложившихся эстетических представлений [13].

На протяжении длительного времени протезы изготавливали по классическим технологиям, которые требовали значительных временных и материальных затрат [8]. В 1995 году впервые на практике в отечественной стоматологии свое применение получила CAD/CAM технология для получения цифровых моделей зубов [14].

CAD/CAM расшифровывается как «Computer Assisted Design/Computer Assisted Manufacturing», что в переводе на русский звучит как «компьютерный дизайн/производство под управлением компьютера» [8]. CAD/CAM —

технология позволяет получать без участия зубного техника каркасы зубных протезов высочайшей точности, хорошей биосовместимости при минимальных временных и технических затратах [8,14]. На данный момент системы CAD/CAM считается самой современной технологией производства каркасов зубных протезов, но в основном они нацелены на изготовление несъёмных зубных протезов [8,14,9].

На сегодняшний день система CAD/CAM широко используется для моделирования и создания вкладок, коронок, виниров и мостовидных протезов [19].

Для создания цифровой модели бюгельного протеза предназначена лишь незначительная часть из представленных на рынке программ, в их число входят: «Cerec in Lab», «3Shape», «Exocad» [9].

Ключевые слова: фрезерование, бюгельный протез, сканер, виртуальная модель.

В последние десятилетия в стоматологии активно ведутся поиски новых технологий, позволяющие заменить многие клиничко-лабораторные этапы изготовления зубных протезов. Ярким примером тому может послужить CAD/CAM технология, позволяющая автоматизировать процесс изготовления ортопедической конструкции.

В данной статье проведено исследование системы CAD/CAM при изготовлении каркаса бюгельного протеза, определены положительные и отрицательные свойства данной технологии.

Цель работы

Повысить эффективность ортопедического лечения бюгельными протезами с помощью изучения различных CAD/CAM систем, применяемых в стоматологии. Изучить основные алгоритмы работы с CAD/CAM технологиями и на основании этого выявить преимущества в сравнении с классическим методом изготовления бюгельных протезов.

Материалы

Внутриротовой сканер, аппараты для фрезерования, CAD/CAM системы.

Технология CAD/CAM включает следующие этапы:

1. Сканирование. Сбор данных о рельефе поверхности протезного ложа специальным устройством. Оцифрованные данные сохраняются в формате STL (stereolit phography -формат файла, используемый для хранения трёхмерных моделей объектов).
2. Моделирование. Получив со сканера оцифрованную информацию о рельефе поверхности, зубной техник моделирует конструкции, на экране монитора исходя из клинической ситуации, (этап CAD)
3. Программирование обработки. Непосредственное изготовление самого зубного протеза на основе определённого набора команд, выработанных системой. (этап CAM)

4. Обработка реставрации на фрезерном станке с ЧПУ. Создается трёхмерная модель, ранее созданная на компьютере.

5. Термическая обработка (агломерация). Подвергаются модели, созданные из диоксида циркония [3].

Сканирование. Существует 2 вида сканеров (дигитайзеров) для считывания информации о рельефе поверхности и перевод ее в цифровой формат: оптические и механические.

Основное отличие оптического слепка от обычной плоской цифровой фотографии объекта состоит в том, что он является трехмерным. Устройство для получения оптического слепка, как правило, состоит из источника света и фотодатчика, преобразующего отраженный от объекта свет в поток электрических импульсов. Механические сканирующие системы считывают информацию с рельефа контактным зондом, который шаг за шагом передвигается по поверхности согласно заданной траектории. Прикасаясь к поверхности, устройство наносит на специальную карту пространственные координаты всех точек контакта и оцифровывает их. Процедура внутриротового сканирования занимает 3–4 минуты [1].

В одном из проведенных исследований сравнительного анализа между традиционным методом снятия оттиска с использованием слепочных масс и методикой «оптического слепка» с помощью интраорального сканера 3Share TRIOS. Из 48 пациентов лишь незначительная часть отнеслась негативно к внутриротовому сканированию. Общее предпочтение пациентов было отдано в пользу методики «оптического слепка» несмотря на то, что в целом времени затрачивалось больше, чем для традиционного метода снятия оттиска [19].

Выбор метода трехмерного сканирования следует производить исходя из удобств проведения методики для оператора (врача) и удобства для пациента [10].

По данным сканера на основе цифровой информации о рельефе поверхности протезного ложа, специальное программное обеспечение предлагает

врачу наиболее приемлемый вариант будущей конструкции — компьютерную модель. Степень вмешательства пользователя в систему CAD/CAM может меняться от минимальных настроек до существенного изменения конструкции, даже в наиболее автоматизированных системах [1].

Для построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном относительно друг друга положении, получают оптические слепки улыбающегося лица пациента и лица с оттисковой ложкой в полости рта, на внешней поверхности которой нанесены маркеры. В результате получают две трехмерные модели верхней челюсти — без оттиска и с оттиском и трехмерную модель нижней челюсти, которые сопоставляют между собой по точкам с нанесенными маркерами на оттисковую ложку или по конгруэнтным областям, затем таким же способом сопоставляют оптические слепки лица и челюстей [12].

Широкое применение получило трехмерное анимированное моделирование будущей конструкции бюгельного протеза, которое позволит ускорить процесс создания виртуальной модели и сделать его более наглядным. На экране монитора врач может рассмотреть конструкцию протеза со всех сторон и внести необходимые поправки [1].

При помощи таких виртуальных трехмерных моделей челюстей также можно провести динамическое наблюдение за изменениями рельефа протезного ложа до и после хирургического вмешательства, которое проводится с целью восстановления утраченных контуров десны [11]. Затем, виртуальная модель в форме последовательных команд передается на производственный модуль, где, благодаря высокоточным движениям инструментов, производится фрезерование [1].

Для фрезерования конструкции зубного протеза в станке зажимают стандартный блок материала, подобранный в зависимости от размера и длины конструкции. Затем приступают к калибровке. Фрезерование металла проводится твердосплавными фрезами, а остальных материалов — алмазными [6].

Для изготовления каркасов бюгельных протезов в нашей стране и за рубежом в настоящее время применяется большое количество разнообразных сплавов на основе благородных металлов — золота, платины, палладия, серебра, и неблагородных — на основе никеля или кобальта и хрома. При этом шире применяются сплавы на основе неблагородных металлов, что обусловлено их гораздо более высокой прочностью и значительно более низкой стоимостью по сравнению со сплавами благородных металлов. Однако, применение металлосоде-

жащих протезов может оказывать негативное воздействие на состояние органов и тканей полости рта [15].

В связи с этим, ряд авторов [15] предлагает в качестве материала для каркасов бюгельных протезов у лиц с отягощенным аллергическим анамнезом использовать сплавы титана, являющегося биоинертным материалом. Выходу ионов титана препятствует оксидная пленка, которая покрывает поверхность металла, и его устойчивая гексагональная кристаллическая решетка [18]. Поэтому в электролитах титан не образует гальвано пары и препятствует развитию гальванизма [18]. Изготовление титановых конструкций позволяет избежать симптомов непереносимости, часто возникающих вследствие химико-токсического, электрогальванического и аллергического патологического воздействия традиционных протезов [16].

Для обработки хромокобальтового сплава помимо фрезеровки используется метод лазерного спекания. Механизм спекания подразумевает нанесение порошка металла на округлую пластинку. Виртуальная модель конструкции зубного протеза условно делится на 50 слоев, и соответственно каждому слою идет спекание металлического порошка по принципу «здесь спекаем — здесь не спекаем», до полного спекания зубного протеза [6].

Спектральный анализ при сравнении заготовок после литья металлов и фрезерования показывает наиболее гладкую поверхность после обработки методом фрезерования [10]. Что играет немало важную роль при лечении пациентов с ортопедическими конструкциями.

Результаты и их обсуждения

Среди представленных в таблице 1 установок фрезерные станки IMES-ICORE, Германия (CORiTEC350i Loader\PRO и CORiTECone) выявляют определенные преимущества: подходят для обработки CAD\CAM блоков из всех доступных на рынке материалов, включая кобальт и хром, обладают самой высокой производительностью — могут работать круглосуточно, имеют наивысшую точность и динамику работы.

Фрезерные станки CORiTEC350i Loader\PRO средние по стоимости среди фрезерных станков IMES-ICORE при этом обладают высочайшими характеристиками: благодаря 5-осевой технологии, могут изготавливать сложные реставрации без последующей доработки. Закрытая система смены фрез (до 20 фрез) вмещает одновременно до 12 заготовок диаметров 98 мм. Уникальная автоматическая система температурной компенсации позволяет достичь наивысшего качества и точности фрезеровки всех материалов за короткое время. Также имеет встроенную систему сухой и влажной обработки с возможно-

Таблица 1. Показатели стоматологических новейших фрезерных станков.

Название	Производитель	Обрабатываемые материалы	Обрабатываемые блоки	Кол-во осей вращения	Кол-во обор/мин.	Мах угол наклона оси вращения	Смена инструментов
CORiTEC one [12]	IMES-ICORE, Германия	Помещенные абатменты, диоксид циркония, оксиды алюминия, PMMA, пластмассы, композиты, воск, стеклокерамика, гибридная керамика	Все распространенные блоки до 65 мм x 40 мм x 20 мм (максим-ые)	4	До 80000	Возможность обработки 360°	6-кратный
CORiTEC350i Loader / PRO [12]	IMES-ICORE, Германия	Кобальтохромовые сплавы, титан, диоксид циркония, оксид алюминия, PMMA, пластмассы, композиты, воск, стеклокерамика, гибридная керамика	Заготовки 98 мм / 98,5 мм, блоки CAD / CAM	5	До 60000	Ось А: 360° / В-Ось: 115	20-ти кратный с защитной крышкой
DT-2 [13]	DYAMACH, Италия	Оксид циркония, кобальтохромовые сплавы, титан, воск, PMMA, композиты	Диски 98+- 0,5 мм	5	До 60'000	А ± 360°, В + 45° ÷ -225°	9-кратный
4W [14]	Roland, Япония	стеклокерамика и композиционные смолы, оксид циркония (доработка спеканием), полиметил метакрилат, воск	Заготовки максимум 40 x 40 x 22 мм	4	До 60000	До 360°	
ZENOTEC Select [15]	WIELAND, Германия	Диоксид циркония, диоксид алюминия, стеклокерамика, кобальтохромовые сплавы, титан.	Цанга 98,5мм (открытая система)	5	До 60000	+/- 180градусов (Оси А) и +30 градусов(Оси В)	

стью поворота осей до 30°, что позволяет фрезеровать и шлифовать высококачественные бюгельные протезы из любого материала.

Новейший фрезерный станок CORiTECone обладает лидирующими характеристиками, однако является самым дорогим.

Фрезерный станок DT-2 (DYAMACH, Италия) также занимает лидирующие позиции, обладая высокими характеристиками: для фрезерования могут использоваться любые материалы CAD\CAM, при этом вертикальный 5-осевой фрезеральный станок с ЧПУ может работать непрерывно. Быструю и точную работу станка обеспечивает бесколлекторный двигатель Mitsubishi. Таким образом, эта система также с успехом используется для фрезеровки каркасов бюгельных протезов.

Таким образом, станки CORiTEC350i Loader\PRO и DT-2 идеально подходят для лаборатории в качестве универсальной системы, способной справиться с любой работой, используя CAD\CAM технологии.

Пяти координатный фрезерный станок отличается от 4-х осевых фрезерных станков состоит в том, что в данном автомате конструкцией предусмотрена шпиндельная головка, имеющая возможность одновременно двигаться в 2 плоскостях, расположенных под углом 90 градусов по отношению к плоскости детали, над которой производится работа. Это означает, что фреза может осуществлять движение вверх-вниз, становиться вдоль и поперек заготовки, и к тому же в конструкцию вносится возможность обрабатывать заготовку фрезой, расположенной под углом к обрабатываемому телу. В ходе сравнения по осям вращения, разницу составляет в одну ось вращения, что является незначительной и принципиально не повлияет на фрезеруемую конструкцию. Так же на качество и ношение в полости рта бюгельных протезов.

Вне зависимости от вида осуществляемых работ и обрабатываемых материалов, результат должен отличаться высокой гладкостью финишного слоя, отсутствием зазубрин, точностью отделки. Поэтому чем выше скорость оборотов, тем изготавливаемая модель протеза получа-

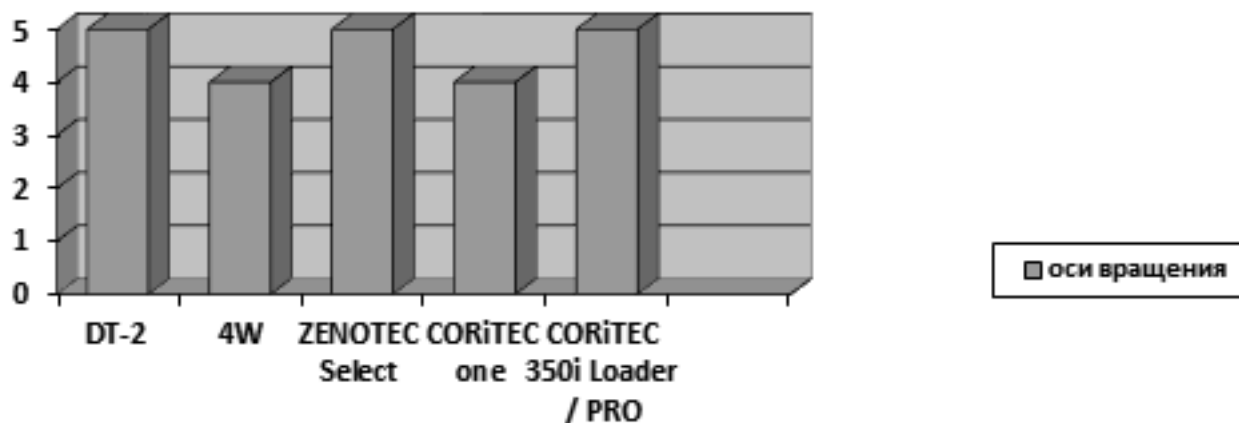


Рис. 1. Сравнение фрезерных станков по количеству осей вращения

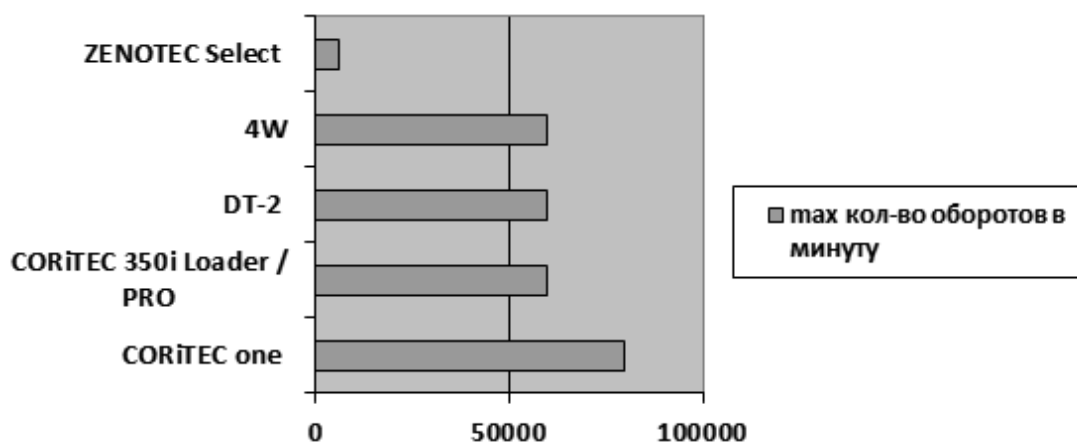


Рис. 2. Сравнение фрезерных станков по максимальной скорости оборотов в минуту.

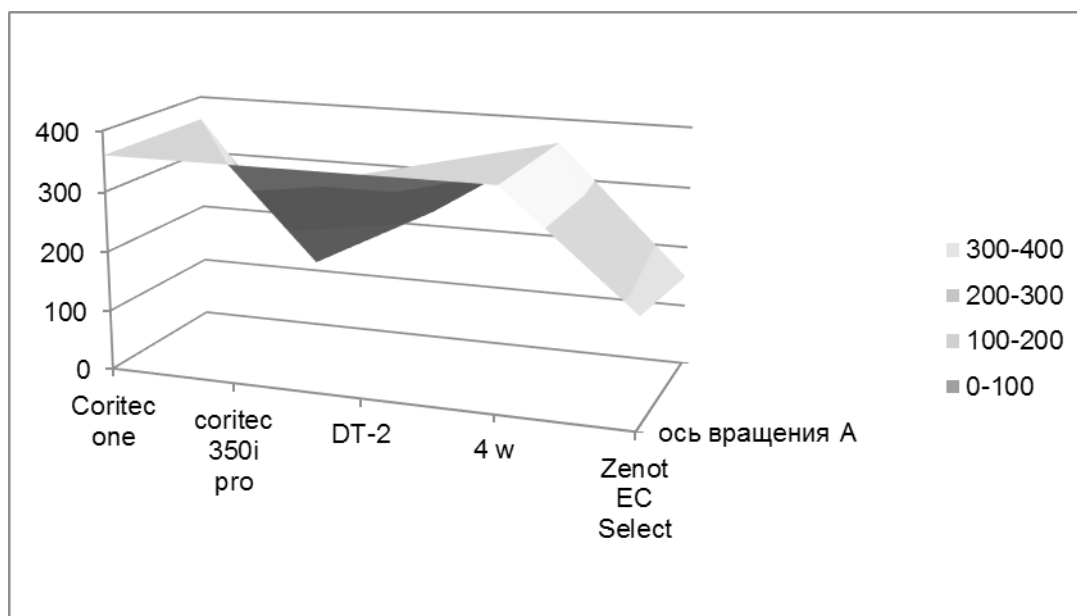


Рис. 3. Сравнение по максимальному углу наклона оси вращения.

ется более гладкой, более точной. Из представленного графика видно, что разница оборотов между станками составляет до 20 тысяч оборотов в минуту, а это уже влияет на поверхностные слои изготавливаемой конструкции. Особенно это важно, при конструкциях, которые соприкасаются со слизистой оболочкой полости рта.

Из представленного рисунка 3, можно увидеть, что по осям вращения максимального угла наклона достигает фрезерный станок Coritex 350i и Coretescone. Наименьший угол наклона оси вращения у фрезерного станка ZenotEC. Возможность работы под углом свыше 300° в сухом и мокром режимах обеспечивает быструю смену заготовок одним нажатием кнопки и дает значительные преимущества при изготовлении работ с винтовой фиксацией. Особенно это важно при таких конструкциях, как изготовление индивидуальных абатментах.

Выводы

Современное протезирование претерпело заметные изменения в своем развитии по сравнению со способами восстановления дефектов зубных рядов, которые применялись еще в прошлом веке. На сегодняшний день для создания протеза активно применяют компьютер-

ное моделирование. И одной из подобных технологий является CAD/CAM система для создания зубных протезов.

Применяя современные CAD/CAM технологии, мы сокращаем сроки изготовления протезов и исключаем риск возникновения «человеческих» ошибок. В результате мы получаем качественный зубной протез, который будет хорошо прилегать к протезному ложу, не вызывать дискомфорта при эксплуатации, а также будет служить для пациента продолжительный период времени. В системах реализованы высококачественные промышленные технологические решения, такие как, гранитная структура, прямые приводы, системы цифрового измерения длины инструмента и основной высокомоментный шпиндель. Самое важное при рассмотрении фрезерных станков это их точность, отсутствие вибраций и последовательностью динамических движений в таком требовательном виде работ, как фрезерование металла.

Очень важна обработка материалов, используемых с помощью влажного и сухого фрезерования, это дает возможность фрезеровать не только воск, но и стекло-керамику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алымбаев Р.С., Абдышев Т. К. Ортопедическое лечение с использованием компьютерной технологии CAD/CAM // Вестник КРСУ. — 2016. — Т.16. -№ 3. — С.9–11.
2. Бондарь В. В. Клинические аспекты лечения пациентов бюгельными протезами с различными системами фиксации // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 2. — С. 39.
3. Горелова В.А., Орезов С.Н., Матвеев С.В. CAD/CAM технология в ортопедической стоматологии // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 4–3. — С. 246–248.
4. Данилина Т.Ф., Жидовинов А. В., Порошин А. В., Хвостов С. Н., Майборода А. Ю. Диагностические возможности гальваноза полости рта у пациентов с металлическими ортопедическими конструкциями // Современные наукоемкие технологии. — 2012. — № 2. — С. 49–51.
5. Жидовинов А. В. Обоснование применения клинико-лабораторных методов диагностики и профилактики гальваноза полости рта у пациентов с металлическими зубными протезами // Автореф. дис. . . мед. наук. Волгоград. — 2013. — С. 23.
6. Ибрагимов Т. И., Цаликова Н. А. Изготовление зубных протезов с помощью CAD/CAM технологий в ортопедической стоматологии // Лекции по ортопедической стоматологии. — М. «ГОЭТАР Медиа». — 2010. -С. 68–76.
7. Моторкина Т.В. Получение оттиска индивидуальной ложкой прилечения частично отсутствия зубов // Волгоградский научно-медицинский журнал. — 2010. — № 2. — С. 54–57.
8. Наумович С. С., Разоренов А. Н. Трехмерное конструирование бюгельных протезов при помощи графического пакета 3DS MAX // Современная стоматология. — 2015. — № 2 (61). — С. 12–17.
9. Разоренов А. Н. Цифровое моделирование бюгельных протезов // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики. — 2016. — Вып. 6. — С. 66–67.
10. Ряховский А.Н., Левицкий В. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А., Юмашев А. В. Сравнительная оценка методов трехмерного сканирования лица // Панорама ортопедической стоматологии. — 2007, — № 4, — С. 10–13.
11. 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. — С. 8–10.
12. 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 РФ № 2306113. А61С 9\00. Бюл. № 26, 2007.
13. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Значение пропорций в формировании эстетического восприятия // Панорама ортопедической стоматологии. 2007. — № 3. — С. 18–21.
14. Утюж А.С., Михайлова М. В., Нефедова И. В. Современные методы изготовления бюгельных протезов на основе титановых сплавов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 82. — С. 179–182.

15. 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.
16. Утюж А., Юмашев А., Михайлова М. Ортопедические конструкции из сплавов титана при непереносимости традиционных зубных протезов // Врач. —2016. —№ 7. —С. 62–64.
17. Юмашев А. В. Использование анализа рельефа зубных рядов и их фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов: автореф. дис. . . . канд. мед. наук. Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (ЦНИИС). Москва. 1999. 18 с.
18. 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. —Т. 9. —№ 1. —С. 2–6.
19. Юмашев А.В., Ряховский А. Н. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. — 1999. — Т. 78. — № 4. — С. 56–58.
20. Utyuzh A.S., Yumashev A. V., Mikhailova M. V. Spectrographic analysis of titanium alloys in prosthetic dentistry // Journal of Global Pharma Technology. 2016. —Т. 8. —№ 12. —С. 7–11.

© Михайлова Мария Владимировна (stom-maria@mail.ru), Климова Анастасия Андреевна,
Бухарметова Наина Наилевна, Шагибалов Руслан Римович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова