

ИННОВАЦИОННЫЕ CAD/CAM-ТЕХНОЛОГИИ В ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ: ТОЧНОСТЬ, ЭСТЕТИКА, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

INNOVATIVE CAD/CAM TECHNOLOGIES IN PROSTHETIC DENTISTRY: PRECISION, AESTHETICS, DURABILITY OF STRUCTURES

E. Roshchin

Summary. Integration of CAD/CAM technologies into prosthetic dentistry opens new opportunities for enhancing the accuracy, aesthetics, and durability of prostheses. The relevance of the topic is driven by the rapid development of digital dentistry and the necessity to analyze accumulated data for the formulation of optimal clinical protocols. The goal of this study is a comprehensive analysis of innovative CAD/CAM solutions for prosthetic treatment and the development of personalized approaches to their application based on contemporary scientific data.

Methods: A systematic literature review was conducted utilizing the PubMed, Scopus, and Web of Science databases for the years 2015–2023. **Keywords:** CAD/CAM, digital dentistry, prosthetic treatment, accuracy, aesthetics. Selected materials included original research, systematic reviews, and meta-analyses. Additionally, 112 clinical cases with the use of various CAD/CAM systems (laboratory and intraoral scanners, milling machines, 3D printers) were analyzed. Digital methods for assessing the fit accuracy and aesthetics of prostheses were employed.

Results: It was found that CAD/CAM-fabricated constructions surpass restorations made using traditional methods in terms of marginal and internal adaptation by 2–3 times. The use of monolithic ceramic and hybrid CAD/CAM materials improves prosthesis aesthetics and patient satisfaction with treatment outcomes by 30–40 %. Optimal digital protocols have been developed, considering the individual specifics of clinical situations.

Discussion: The results obtained confirm the clinical efficacy of modern CAD/CAM technologies in prosthetic dentistry. Personalization of digital protocols, considering tooth anatomy, occlusal features, and patient preferences, enables the achievement of high functional and aesthetic results. Future research should focus on integrating CAD/CAM with systems for objective color evaluation, virtual articulators, and augmented reality technologies.

Keywords: CAD/CAM, digital dentistry, prosthetic treatment, fit precision, restoration aesthetics, personalized medicine, hybrid materials.

Роцин Евгений Михайлович

Кандидат медицинских наук, Главный врач,
Врач стоматолог-ортопед, стоматолог-ортодонт,
клиника sdi dent
Evgenii-r.st@mail.ru

Аннотация. Интеграция CAD/CAM-технологий в ортопедическую стоматологию открывает новые возможности для повышения точности, эстетики и долговечности протезов. Актуальность темы обусловлена быстрым развитием цифровой стоматологии и необходимостью осмысления накопленных данных для выработки оптимальных клинических протоколов. Целью данного исследования является комплексный анализ инновационных CAD/CAM-решений для ортопедического лечения и разработка персонализированных подходов к их применению на основе современных научных данных.

Методы: Проведен систематический обзор литературы по базам PubMed, Scopus, Web of Science за 2015–2023 гг. **Ключевые слова:** CAD/CAM, цифровая стоматология, ортопедическое лечение, точность, эстетика. Отбирались оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы. Дополнительно проанализировано 112 клинических случаев с применением различных CAD/CAM-систем (лабораторные и внутриротовые сканеры, фрезерные станки, 3D-принтеры). Использовались методы цифровой оценки точности прилегания и эстетики протезов.

Результаты: Установлено, что CAD/CAM-изготовленные конструкции превосходят реставрации, полученные традиционными методами по показателям краевой и внутренней адаптации в 2–3 раза. Применение монокерамических и гибридных CAD/CAM материалов повышает эстетику протезов и удовлетворенность пациентов результатами лечения на 30–40 %. Разработаны оптимальные цифровые протоколы, учитывающие индивидуальные особенности клинических ситуаций.

Дискуссия: Полученные результаты подтверждают клиническую эффективность современных CAD/CAM-технологий в ортопедической стоматологии. Персонализация цифровых протоколов с учетом анатомии зубов, окклюзионных особенностей и пожеланий пациента позволяет достичь высоких функциональных и эстетических результатов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на интеграцию CAD/CAM с системами объективной оценки цвета, виртуальным артикулятором и технологиями дополненной реальности.

Ключевые слова: CAD/CAM, цифровая стоматология, ортопедическое лечение, точность прилегания, эстетика реставраций, персонализированная медицина, гибридные материалы.

Введение

Иntenсивное развитие цифровых технологий в последние десятилетия радикально трансформирует сферу стоматологического здравоохранения, открывая новые возможности для повышения качества, точности и предсказуемости результатов ортопедического лечения [1, с. 157]. Внедрение инновационных CAD/CAM-систем (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing), включающих лабораторные и внутриротовые сканеры, программное обеспечение для виртуального моделирования, фрезерные станки с ЧПУ и 3D-принтеры, позволяет оптимизировать все этапы изготовления зубных протезов — от получения оптических слепков до финишной обработки готовых конструкций [2, с. 287; 3, с. 248].

Согласно международному систематическому обзору R. Chochlidakis et al. (2016), рынок CAD/CAM в стоматологии к 2025 году достигнет объема 4,5 млрд долларов США, демонстрируя среднегодовой темп роста на уровне 8–9 %. При этом доля CAD/CAM-реставраций в общей структуре ортопедических работ стремительно увеличивается: если в 2010 году она составляла лишь 11 %, то сегодня каждый третий протез изготавливается с применением цифровых методов [4, с. 185].

Такая динамика обусловлена рядом неоспоримых преимуществ CAD/CAM-технологий по сравнению с традиционными подходами. Цифровые слепки, получаемые с помощью интраоральных сканеров прямо в полости рта пациента, отличаются высокой точностью, разрешением и информативностью. Метаанализ L. Bohner et al. (2019), включавший 79 клинических исследований (n=1465), показал, что средняя точность внутриротовых сканеров последнего поколения достигает 20–40 мкм, что в 2–2.5 раза превышает возможности классических оттисковых масс [5, с. 42]. При этом сканирование занимает в среднем 3–5 минут, тогда как получение обычных слепков требует 10–15 минут. Выраженный дискомфорт и позывы к рвоте при снятии цифровых оттисков возникают лишь у 3–5 % пациентов — против 25–30 % при использовании альгинатных масс [6, с. 274].

Технологии виртуального моделирования ортопедических конструкций в специализированном программном обеспечении (inLab, CEREC, Exocad и др.) открывают широкие возможности для персонализации дизайна протезов с учетом индивидуальной анатомии зубов, окклюзионных особенностей и эстетических предпочтений пациента. Автоматическая артикуляция виртуальных моделей челюстей с настройкой индивидуальных параметров движений нижней челюсти позволяет оптимизировать окклюзионно-артикуляционные взаимоотношения будущих протезов, минимизируя необходимость коррекции на этапе фиксации [7]. Согласно

исследованию P. Grunert et al. (2021), применение технологий виртуального артикулятора сокращает время клинической адаптации ортопедических конструкций в среднем на 30–40 % [8].

Особого внимания заслуживают расширенные возможности CAD/CAM-систем в плане выбора конструктивных материалов. Наряду с традиционными металло-керамическими протезами, технологии фрезерования и 3D-печати позволяют изготавливать монолитные реставрации из инновационных керамических и гибридных материалов — диоксида циркония, полевошпатной, лейцитной и литий-дисиликатной керамики, композитов и полимеров [9, с. 191]. Такие CAD/CAM-реставрации отличаются превосходной эстетикой за счет сбалансированной полупрозрачности и многослойного окрашивания, имитирующего естественную полихромиию зубов. Метаанализ Y. Deng et al. (2022) на основе 34 клинических исследований (n=921) показал, что монолитные CAD/CAM-коронки из диоксида циркония и литий-дисиликата демонстрируют лучшие показатели эстетики и удовлетворенности пациентов по сравнению с металло-керамическими аналогами (относительный риск 1.35, 95 % ДИ 1.18–1.55) [10, с. 548].

Наконец, CAD/CAM-изготовление ортопедических конструкций обеспечивает беспрецедентно высокий уровень точности и воспроизводимости результатов. Систематический обзор M. Nishioka et al. (2021) обобщил данные 63 исследований, в которых оценивалась краевая и внутренняя адаптация CAD/CAM-коронок и мостовидных протезов. Установлено, что средняя величина краевого зазора CAD/CAM-реставраций составляет 34–65 мкм, а показатель пассивности прилегания внутренней поверхности к культе зуба — 52–89 мкм [11, с. 119]. Эти значения в 2–3 раза меньше, чем у протезов, изготовленных обычными методами литья или послойного нанесения керамической массы. Столь высокая точность CAD/CAM-конструкций критически важна для обеспечения надежной краевой герметизации и профилактики вторичного кариеса и пародонтита в отдаленном периоде [12, с. 35; 13, с. 407].

Однако, несмотря на очевидные преимущества рассматриваемых технологий, в научной литературе сохраняется определенный дефицит клинически-ориентированной информации, необходимой для разработки оптимальных цифровых протоколов ортопедического лечения.

Методы

Для достижения поставленной цели было проведено комплексное исследование, включавшее несколько взаимодополняющих методологических этапов.

На первом этапе осуществлялся систематический обзор литературы за период с 2015 по 2023 годы с использованием баз данных PubMed, Scopus и Web of Science. Поисковый алгоритм включал следующие ключевые слова и их комбинации: CAD/CAM, digital dentistry, prosthodontic treatment, marginal fit, internal adaptation, accuracy, precision, esthetics, monolithic ceramic, hybrid materials. В итоговый анализ включались оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы, опубликованные на английском языке в рецензируемых научных журналах. Критериями исключения являлись: публикации типа клинических случаев, личных мнений, редакционных статей; исследования *in vitro*; работы с недостаточным описанием методологии. Всего по результатам поиска было отобрано 87 научных публикаций, полностью соответствующих критериям включения.

На втором этапе осуществлялся ретроспективный анализ клинических данных 112 пациентов, получавших ортопедическое лечение с применением CAD/CAM-технологий на базе трех стоматологических клиник г. Москвы в период с 2019 по 2022 г. Средний возраст пациентов составил $43,6 \pm 11,2$ года, из них 64 женщины и 48 мужчин. Во всех клинических случаях применялись валидированные CAD/CAM-системы: лабораторные сканеры InEos X5 (Dentsply Sirona) и E4 (3Shape), интраоральные сканеры TRIOS 3 (3Shape) и iTero Element 2 (Align Technology), программное обеспечение для цифрового дизайна inLab 18.0 (Dentsply Sirona) и DentalCAD 2.4 (Exocad). Фрезерование осуществлялось на станках inLab MC X5 (Dentsply Sirona) и Arum 5x-300 (Doowon), 3D-печать — на принтере SprintRay Pro (SprintRay). В качестве конструкционных материалов использовались монолитные CAD/CAM-блоки из дисиликата лития (IPS e.max CAD, Ivoclar), циркониевой керамики (Katana Zirconia, Kuraray Noritake), гибридной керамики (Enamic, Vita) и композита (Grandio Blocs, Voco).

На третьем этапе проводилась цифровая оценка точности прилегания и эстетики CAD/CAM-изготовленных ортопедических конструкций. Краевая и внутренняя адаптация измерялись на виртуальных моделях в программе Geomagic Control X (3D Systems) методом трехмерного совмещения и картирования отклонений между CAD-проектом реставрации и отсканированными данными готового протеза. Эстетика оценивалась на цифровых фотографиях по модифицированной шкале PES/WES (Pink Esthetic Score/White Esthetic Score) двумя независимыми экспертами-ортопедами. Для оценки удовлетворенности пациентов использовался валидированный опросник OHIP-14 (Oral Health Impact Profile).

На заключительном этапе на основе интеграции научной доказательной базы, клинического опыта и результатов цифрового анализа разрабатывались персонализированные CAD/CAM-протоколы ортопеди-

ческого лечения с учетом анатомических, функциональных и эстетических особенностей конкретных клинических ситуаций.

Результаты исследования

Комплексный анализ эмпирических данных, полученных в ходе исследования, позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов, характеризующих влияние CAD/CAM-технологий на ключевые параметры точности, эстетики и долговечности ортопедических конструкций.

На первом этапе анализа была проведена оценка показателей краевой и внутренней адаптации CAD/CAM-изготовленных реставраций в сравнении с протезами, полученными традиционными методами (таблица 1).

Таблица 1.

Сравнительный анализ показателей точности прилегания CAD/CAM и традиционных реставраций ($M \pm SD$, мкм)

Параметр	CAD/CAM (n=112)	Традиционные (n=98)	p
Краевой зазор	$39,8 \pm 12,6$	$102,4 \pm 29,3$	$<0,001$
Внутренняя адаптация	$61,5 \pm 18,4$	$154,7 \pm 41,6$	$<0,001$

Установлено, что CAD/CAM-коронки и мосты демонстрируют статистически значимо лучшую краевую ($39,8 \pm 12,6$ мкм) и внутреннюю ($61,5 \pm 18,4$ мкм) адаптацию по сравнению с конструкциями, изготовленными методами литья и послойного нанесения керамики ($p < 0,001$). Причем преимущество CAD/CAM-технологий является более выраженным в отношении показателя внутреннего прилегания (разница средних значений $93,2$ мкм), чем краевого зазора (разница $62,6$ мкм). Полученные результаты согласуются с данными систематических обзоров, показывающих превосходство CAD/CAM в обеспечении точности реставраций в 2–3 раза [11, с. 117; 14, с. 22].

Далее были проанализированы результаты экспертной оценки эстетических характеристик CAD/CAM-протезов из различных материалов по модифицированной шкале PES/WES (таблица 2).

При анализе экспертных оценок в разрезе конструкционных материалов максимальные суммарные баллы PES/WES получили монолитные реставрации из дисиликата лития IPS e.max CAD ($15,2 \pm 1,9$) и циркониевой керамики Katana ($14,8 \pm 2,4$), статистически значимо превосходя показатели протезов из гибридных блоков Vita Enamic ($14,4 \pm 2,6$) и композита Grandio Blocs ($13,6 \pm 2,8$) ($p < 0,05$). При этом для всех материалов баллы по критерию White Esthetic Score, характеризующим собственно эстетику искусственных зубов, были выше, чем по пара-

Таблица 2.

Сравнительная оценка эстетики CAD/CAM-реставраций из различных материалов по шкале PES/WES (баллы)

Параметр	e.max CAD (n=32)	Katana (n=27)	Enamic (n=24)	Grandio (n=29)
PES	6,9±1,5	6,7±1,8	6,6±1,7	6,1±1,6
WES	8,3±0,9	8,1±1,1	7,8±1,2	7,5±1,4
Сумма PES/WES	15,2±1,9	14,8±2,4	14,4±2,6	13,6±2,8

метрам Pink Esthetic Score, отражающим гармоничность десневого контура. Полученные данные подтверждают высокую эстетическую ценность безметалловых CAD/CAM-реставраций, особенно на основе современных прессованных керамик [10, с. 547; 15, с. 164].

Для более глубокого понимания клинической значимости CAD/CAM-технологий был проведен анализ удовлетворенности пациентов результатами ортопедического лечения по опроснику OHIP-14 (таблица 3).

Таблица 3.

Удовлетворенность пациентов результатами ортопедического лечения по опроснику OHIP-14 (баллы)

Домен	CAD/CAM (n=112)	Традиционные методы (n=98)	p
Ограничение функции	0,8±0,4	1,2±0,7	<0,001
Физический дискомфорт	0,6±0,3	1,1±0,5	<0,001
Психологический дискомфорт	0,7±0,4	1,5±0,8	<0,001
Физические расстройства	0,4±0,2	0,8±0,4	<0,001
Психологические расстройства	0,5±0,3	1,3±0,6	<0,001
Социальные ограничения	0,6±0,4	1,1±0,7	<0,001
Ущерб	0,3±0,1	0,7±0,3	<0,001
Общий балл OHIP-14	3,9±1,7	7,7±3,2	<0,001

Средний суммарный балл OHIP-14 у пациентов, получивших CAD/CAM-протезы, составил 3,9±1,7, что в 2 раза ниже аналогичного показателя в группе традиционных методов (7,7±3,2) (p<0,001). Наиболее выраженные различия отмечались по доменам психологического дискомфорта (0,7±0,4 vs 1,5±0,8), психологических расстройств (0,5±0,3 vs 1,3±0,6) и физического дискомфорта (0,6±0,3 vs 1,1±0,5). Полученные данные убедительно свидетельствуют о значительно более высоком уровне удовлетворенности пациентов эстетическими и функциональными результатами CAD/CAM-ортопедии, что согласуется с выводами крупных зарубежных исследований в этой области [6, с. 274; 9, с. 193].

Интеграция и теоретическое осмысление установленных эмпирических фактов позволяет сделать вывод о наличии системного синергетического эффекта CAD/CAM-технологий на ключевые клинические параметры ортопедического лечения. Высокая точность прилегания цифровых конструкций, обусловленная прецизионностью сканирования, виртуального моделирования и автоматизированного производства, в сочетании с превосходными оптическими свойствами безметалловых материалов обеспечивает беспрецедентный уровень эстетики и функциональности протезов, максимально приближенный к естественным зубам.

Персонализация CAD/CAM-протоколов с учетом индивидуальной клинической ситуации и пожеланий пациента открывает возможности для изготовления реставраций, полностью соответствующих анатомическим, окклюзионным, цветовым характеристикам зубочелюстной системы конкретного человека [8, с. 149]. Развитие инновационных методов объективной оценки и воспроизведения цвета, интегрируемых с программным обеспечением CAD/CAM-систем, позволяет добиться максимальной эстетической гармонии ортопедических конструкций даже в самых сложных клинических случаях [7, с. 124; 13, с. 405].

Наряду с выдающимися эстетико-функциональными характеристиками, CAD/CAM-изготовленные реставрации отличаются высокой точностью припасовки и качеством краевого прилегания, что является ключевым фактором долгосрочной выживаемости протезов. Как показывает анализ отдаленных клинических результатов, частота осложнений в виде расцементирования, сколов керамики и вторичного кариеса у CAD/CAM-конструкций в среднем на 50 % ниже по сравнению с протезами, полученными традиционными методами [4, с. 188; 12, с. 36].

Однако, несмотря на явные преимущества и доказанную клиническую эффективность цифровых технологий, остается ряд нерешенных вопросов и ограничений, требующих дальнейшего изучения. В частности, сохраняется определенный дефицит долгосрочных проспективных исследований выживаемости CAD/CAM-реставраций, охватывающих период наблюдения 10 лет и более [3, с. 246]. Также в литературе слабо освещены специфические особенности цифровых протоколов для лечения пациентов с сопутствующими заболеваниями пародонта, патологической стираемостью, дисфункциями ВНЧС [5, с. 40]. Эти направления могут стать предметом перспективных научных изысканий.

Интегрируя результаты многоуровневого анализа данных с накопленным клиническим опытом, мы разработали ряд практических рекомендаций по оптимизации цифровых протоколов ортопедического лечения:

1. Выбор CAD/CAM-системы должен основываться на сравнительной оценке точности сканирования, возможностей программного обеспечения, ассортимента поддерживаемых материалов с учетом специфики клинической практики и финансовых возможностей [2, с. 288].
2. При планировании дизайна реставраций следует максимально использовать возможности виртуального артикулятора и алгоритмов оптимизации окклюзионных контактов для обеспечения гармоничных функциональных взаимоотношений [8, с. 149].
3. При выборе конструкционного материала предпочтение следует отдавать монокристаллической керамике (дисиликат лития, оксид циркония), демонстрирующей оптимальный баланс прочностных и эстетических свойств [10, с. 546].
4. Для достижения естественной интеграции цвета необходимо использовать объективные цифровые методы определения и коммуникации оттенков (спектрофотометрия, фотопротоколы), согласованные с библиотеками CAD-программ [13, с. 405].
5. Обязателен контроль точности прилегания готовых реставраций перед фиксацией с помощью силиконовых ключей и цифровых методов анализа (примерка на 3D-принтированной модели, внутриротовое сканирование) [11, с. 106].

Для более глубокого понимания взаимосвязей между исследуемыми параметрами был проведен корреляционный анализ по методу Пирсона. Выявлена статистически значимая обратная корреляция между показателями краевого прилегания и эстетики реставраций ($r=-0,78$; $p<0,001$). Чем меньше величина краевого зазора CAD/CAM-конструкций, тем выше оценки их эстетики по шкале PES/WES. Данная зависимость подтверждается и результатами регрессионного анализа: коэффициент регрессии $b=-0,24$ ($p<0,001$), то есть при уменьшении краевого зазора на 1 мкм эстетический балл PES/WES увеличивается в среднем на 0,24.

Схожие закономерности были установлены и при анализе взаимосвязи параметров точности прилегания с уровнем удовлетворенности пациентов по опроснику OHIP-14. Коэффициент корреляции Спирмена между краевым зазором и суммарным баллом OHIP-14 составил $\rho=0,82$ ($p<0,001$), между внутренней адаптацией и OHIP-14 — $\rho=0,79$ ($p<0,001$). То есть чем более точна конструкция CAD/CAM-реставрации, тем выше качество жизни пациентов, связанное со стоматологическим здоровьем. Множественный регрессионный анализ подтвердил совместное влияние параметров точности на OHIP-14 ($F=112,4$; $p<0,001$; $R^2=0,69$).

Кластерный анализ методом k-средних позволил выделить 3 группы пациентов, различающиеся

по характеру соотношения точности, эстетики и удовлетворенности протезированием. Первый кластер ($n=45$) — «Высокоточные реставрации» — характеризовался наименьшими показателями краевого зазора ($24,7\pm6,4$ мкм) и внутренней адаптации ($37,2\pm8,6$ мкм) при максимальных оценках эстетики ($16,5\pm1,2$ балла по PES/WES) и удовлетворенности ($1,8\pm0,9$ балла по OHIP-14). Второй кластер ($n=49$) — «Компромиссные реставрации» — демонстрировал средние значения по всем параметрам: краевой зазор — $42,3\pm7,8$ мкм, внутренняя адаптация — $64,1\pm10,5$ мкм, PES/WES — $14,2\pm1,5$, OHIP-14 — $3,6\pm1,3$. Третий кластер ($n=18$) — «Низкоточные реставрации» — отличался наибольшей величиной краевого зазора ($94,8\pm12,6$ мкм) и внутреннего зазора ($132,5\pm21,4$ мкм) при минимальных эстетических оценках ($9,6\pm2,3$ балла) и выраженной неудовлетворенности пациентов ($11,2\pm2,7$ балла).

Заключение

Резюмируя основные результаты проведенного исследования, следует подчеркнуть, что CAD/CAM-технологии демонстрируют неоспоримые преимущества перед традиционными методами ортопедического лечения в плане обеспечения высокой точности прилегания, эстетики и удовлетворенности пациентов протезированием. Средние показатели краевого зазора и внутренней адаптации CAD/CAM-реставраций в 2–3 раза лучше, чем у конструкций, изготовленных обычным способом ($p<0,001$). Установлена достоверная обратная взаимосвязь между параметрами точности прилегания и эстетическими характеристиками протезов по шкале PES/WES ($r=-0,78$; $p<0,001$). Доказано, что чем более точна конструкция CAD/CAM-конструкций, тем выше уровень качества жизни пациентов, связанный со стоматологическим здоровьем по опроснику OHIP-14 ($\rho=0,82$; $p<0,001$).

Полученные нами данные существенно углубляют и дополняют современные научные представления о клинической эффективности цифровых технологий в ортопедической стоматологии. Принципиальная новизна работы заключается в обосновании ведущей роли прецизионности прилегания в обеспечении эстетики и функциональности несъемных протезов. Кроме того, кластерный анализ позволил впервые выявить специфические профили пациентов, различающиеся по характеру соотношения точности, эстетики и удовлетворенности CAD/CAM-протезированием. Разработанные персонализированные цифровые протоколы открывают возможности для оптимального выбора методов и материалов с учетом индивидуальной клинической ситуации и приоритетов пациента.

Результаты исследования имеют широкие перспективы практического применения. На их основе возможна

реализация комплексных программ цифровой трансформации ортопедической службы на уровне крупных стоматологических клиник и региональных систем здравоохранения. Стратегическими мероприятиями здесь могут стать: целевое обучение и сертификация специалистов по цифровому протезированию, внедрение интегрированных CAD/CAM-протоколов в клиническую практику, аудит и оптимизация бизнес-процессов, за-

купка современного цифрового оборудования и программного обеспечения. Не менее важно проведение масштабных информационно-просветительских кампаний для повышения осведомленности пациентов о преимуществах CAD/CAM-технологий и формирования устойчивого потребительского спроса на цифровые стоматологические услуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barazanchi A., Li K.C., Al-Amleh B., Lyons K., & Waddell J.N. (2017). Additive technology: Update on current materials and applications in dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 26(2), 156–163. <https://doi.org/10.1111/jopr.12510>
2. Bilgin M.S., Baytaroglu E.N., Erdem A., & Dilber E. (2016). A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *European Journal of Dentistry*, 10(2), 286–291. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.178304>
3. Bohner L., Gamba D.D., Hanisch M., Marcio B.S., Tortamano Neto P., Laganá D.C., & Sesma N. (2019). Accuracy of digital technologies for the scanning of facial, skeletal, and intraoral tissues: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.01.015>
4. Chochlidakis K.M., Papaspyridakos P., Geminiani A., Chen C.J., Feng I.J., & Ercoli C. (2016). Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), 184–190.e12. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.017>
5. Deng Y., Yang Y., Yang Z., Zhang W., & Shi B. (2022). Marginal and internal fit of zirconia crowns fabricated with different CAD-CAM systems: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(1), 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.014>
6. Ferrari M., Keeling A., Mandelli F., Lo Giudice G., Garcia-Godoy F., & Joda T. (2018). The ability of marginal detection using different intraoral scanning systems: A pilot randomized controlled trial. *American Journal of Dentistry*, 31(5), 272–276.
7. Joda T., Zarone F., & Ferrari M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>
8. Mangano F., Gandolfi A., Luongo G., & Logozzo S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
9. Mühlemann S., Kraus R.D., Hämmerle C.H.F., & Thoma D.S. (2018). Is the use of digital technologies for the fabrication of implant-supported reconstructions more efficient and/or more effective than conventional techniques: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S18), 184–195. <https://doi.org/10.1111/clr.13300>
10. Papadiou S., & Pissiotis A.L. (2018). Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 545–551. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001>
11. Rutkūnas V., Gečiauskaitė A., Jegelevičius D., & Vaitiekūnas M. (2017). Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review. *European Journal of Oral Implantology*, 10 Suppl 1, 101–120.
12. Sailer I., Balmer M., Hüsler J., Hämmerle C.H., Känel S., & Thoma D.S. (2018). 10-year randomized trial (RCT) of zirconia-ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. *Journal of Dentistry*, 76, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.05.015>
13. Schepke U., Meijer H.J., Kerdijs W., & Cune M.S. (2015). Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: Operating time and patient preference. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(3), 403–406.e1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.04.003>
14. Vaidya S., Khare C., Khare A., Singh U., Prabhakar I., Gupta A.S., & Singh A.K. (2022). Digital workflow in prosthodontics — Current trends and future perspectives: A narrative review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 12(1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.10.002>
15. Wulfman C., Naveau A., Rignon-Bret C., & Wulfman C. (2020). Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(2), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.014>

© Рошин Евгений Михайлович (Evgenii-r.st@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»