

УДК 616.314-77:004.94

**ОПТИМИЗАЦИЯ КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ ЭТАПОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM-ТЕХНОЛОГИЙ**

*Арсланов Отабек Улугбекович - д.м.н., доцент, Ташкентский государственный
медицинский университет.*

*Туляганов Жамшид Шовкатович - PhD, доцент, Ташкентский государственный
медицинский университет.*

*Ражабова Баргида Рустамовна - клинический ординатор, Ташкентский
государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан;*

Аннотация. Современная ортопедическая стоматология характеризуется активным внедрением цифровых технологий на всех этапах диагностики, планирования и изготовления зубных протезов. Особое значение приобретают системы CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing), позволяющие интегрировать клинические и лабораторные этапы в единый цифровой рабочий процесс.

Целью настоящего обзора является анализ современных подходов к оптимизации клиничко-лабораторных этапов изготовления ортопедических конструкций с применением CAD/CAM-технологий, а также оценка их влияния на точность, продолжительность изготовления, качество краевого прилегания, клиническую эффективность и экономические показатели.

Проанализированы современные публикации, систематические обзоры и метаанализы, посвящённые интраоральному сканированию, цифровому моделированию, CAD/CAM-фрезерованию, 3D-печати, изготовлению несъёмных и съёмных ортопедических конструкций, а также цифровым протоколам при протезировании с опорой на имплантаты. Показано, что переход от традиционного к цифровому протоколу позволяет уменьшить количество промежуточных этапов, отказаться от ряда физических слепочных материалов и гипсовых моделей, сократить лабораторное время и обеспечить возможность виртуального контроля конструкции до её изготовления.

Одновременно выявлены ограничения цифрового протокола, связанные с точностью интраорального сканирования протяжённых участков, особенностями программного обеспечения, опытом оператора, конструкцией скан-маркеров, видом используемого материала и технологией производства. Наиболее перспективным направлением является комбинированный цифровой рабочий процесс, включающий интраоральное сканирование, CAD-моделирование, CAM-фрезерование или аддитивное производство и последующий цифровой контроль качества.

Ключевые слова: CAD/CAM, цифровая стоматология, ортопедическая стоматология, интраоральное сканирование, цифровой оттиск, компьютерное моделирование, фрезерование, 3D-печать, зубные протезы, цифровой рабочий процесс.

Abstract. Modern prosthetic dentistry is characterized by the active implementation of digital technologies at all stages of diagnosis, planning, and fabrication of dental prostheses. Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) systems are particularly important, enabling the integration of clinical and laboratory stages into a single digital workflow.

The aim of this review is to analyze modern approaches to optimizing the clinical and laboratory stages of prosthetic fabrication using CAD/CAM technologies and to assess their impact on accuracy, fabrication time, marginal fit, clinical efficacy, and cost effectiveness.

This review examines current publications, systematic reviews, and meta-analyses on intraoral scanning, digital modeling, CAD/CAM milling, 3D printing, the fabrication of fixed and removable prosthetics, and digital protocols for implant-supported prosthetics. It has been shown that the transition from a traditional to a digital protocol reduces the number of intermediate steps, eliminates the need for some physical impression materials and plaster models, reduces laboratory time, and enables virtual inspection of the structure prior to fabrication.

At the same time, limitations of the digital protocol related to the accuracy of intraoral scanning of extended sections, software features, operator experience, scan marker design, the type of material used, and manufacturing technology have been identified. The most promising approach is a combined digital workflow, including intraoral scanning, CAD modeling, CAM milling or additive manufacturing, and subsequent digital quality control.

Keywords: CAD/CAM, digital dentistry, prosthetic dentistry, intraoral scanning, digital impression, computer modeling, milling, 3D printing, dentures, digital workflow.

Annotatsiya. Zamonaviy ortopedikstomatologiya stomatologik protezlarni tashxislash, rejalashtirish va ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida raqamli texnologiyalarni faol joriy etish bilan tavsiflanadi. Kompyuter yordamida loyihalash/kompyuter yordamida ishlab chiqarish (CAD/CAM) tizimlari ayniqsa muhimdir, bu klinik va laboratoriya bosqichlarini yagona raqamli ish jarayoniga integratsiya qilish imkonini beradi.

Ushbu sharhning **maqsadi** CAD/CAM texnologiyalaridan foydalangan holda protez ishlab chiqarishning klinik va laboratoriya bosqichlarini optimallashtirishning zamonaviy yondashuvlarini tahlil qilish va ularning aniqlik, ishlab chiqarish vaqti, chegaraviy moslik, klinik samaradorlik va iqtisodiy samaradorlikka ta'sirini baholashdir.

Ushbu sharhda og'iz bo'shlig'i skanerlash, raqamli modellashtirish, CAD/CAM frezalash, 3D bosib chiqarish, sobit va olinadigan protezlarni ishlab chiqarish va implant bilan qo'llab-quvvatlanadigan protezlar uchun raqamli protokollar bo'yicha joriy nashrlar, tizimli sharhlar va meta-tahlillar ko'rib chiqiladi. An'anaviy protokoldan raqamli protokolga o'tish oraliq bosqichlar sonini kamaytirishi, ba'zi jismoniy bosma materiallar va gips modellariga ehtiyojni bartaraf etishi, laboratoriya vaqtini qisqartirishi va ishlab chiqarishdan oldin tuzilmani virtual tekshirish imkonini berishi ko'rsatilgan.

Shu bilan birga, raqamli protokolning kengaytirilgan kesimlarni og'iz ichida skanerlashning aniqligi, dasturiy ta'minot xususiyatlari, operator tajribasi, skanerlash markerining dizayni, ishlatiladigan material turi va ishlab chiqarish texnologiyasi bilan bog'liq cheklovlari aniqlandi. Eng istiqbolli yondashuv - bu og'iz ichida skanerlash, CAD modellashtirish, CAM frezalash yoki qo'shimcha ishlab chiqarish va keyingi raqamli sifat nazoratini o'z ichiga olgan birlashtirilgan raqamli ish jarayoni.

Kalit so'zlar: CAD/CAM, raqamli stomatologiya, protez stomatologiyasi, og'iz ichida skanerlash, raqamli bosma, kompyuter modellashtirish, frezalash, 3D bosib chiqarish, protezlar, raqamli ish jarayoni.

Введение. Развитие цифровых технологий в стоматологии существенно изменило традиционный подход к изготовлению ортопедических конструкций. Классический клинико-лабораторный протокол включает получение оттиска, изготовление гипсовой модели, регистрацию межчелюстных взаимоотношений, моделирование конструкции, изготовление восковой репродукции, литьё или прессование материала, обработку и последующую клиническую коррекцию.

Несмотря на доказанную клиническую эффективность традиционного протокола, он характеризуется значительным количеством последовательных операций. Каждая

дополнительная манипуляция может стать источником ошибки и повлиять на конечную точность ортопедической конструкции.

Внедрение CAD/CAM-технологий позволило принципиально изменить последовательность изготовления ортопедических конструкций. Вместо физического оттиска может использоваться цифровой оттиск, который непосредственно передаётся в программное обеспечение. На основании полученной цифровой модели выполняется виртуальное проектирование конструкции, после чего информация передаётся на фрезерный станок или 3D-принтер.

Современный цифровой протокол может включать следующие основные этапы: **клинический этап → интраоральное сканирование → цифровая модель → CAD-моделирование → CAM-производство → обработка → контроль → клиническая фиксация.**

Систематические обзоры последних лет подтверждают, что цифровые рабочие процессы способны уменьшать время изготовления фиксированных ортопедических конструкций, снижать расход материалов и количество промежуточных операций, а также повышать комфорт пациента по сравнению с традиционным оттиском.

1. Современная концепция CAD/CAM-протокола в ортопедической стоматологии

CAD/CAM-технология объединяет два взаимосвязанных компонента.

CAD (Computer-Aided Design) обеспечивает компьютерное проектирование ортопедической конструкции.

CAM (Computer-Aided Manufacturing) обеспечивает её автоматизированное изготовление посредством фрезерования или аддитивного производства.

Современный цифровой рабочий процесс начинается с формирования трёхмерной виртуальной модели зубного ряда. Для этого могут использоваться интраоральные сканеры, лабораторные сканеры, цифровая томография и дополнительные методы регистрации функциональных параметров.

Полученная цифровая информация может использоваться для:

- изготовления одиночных коронок;
- мостовидных протезов;
- виниров;
- вкладок и накладок;
- цельнокерамических конструкций;
- конструкций на имплантатах;
- съёмных частичных протезов;
- полных съёмных протезов;
- хирургических шаблонов;
- временных ортопедических конструкций.

Обновлённый систематический обзор полного цифрового рабочего процесса в фиксированном протезировании подчёркивает, что современные технологии позволяют объединять цифровую диагностику, сканирование, виртуальное проектирование и производство в единый последовательный протокол.

2. Оптимизация клинического этапа

2.1. Интраоральное сканирование

Одним из наиболее важных компонентов цифрового протокола является интраоральное сканирование. В отличие от традиционного оттиска, цифровой оттиск позволяет непосредственно получать трёхмерную информацию о поверхности зубов и мягких тканей.

Основными преимуществами являются:

- отсутствие или существенное уменьшение использования оттисковых материалов;

- повышение комфорта пациента;
- возможность визуального контроля качества сканирования;
- возможность повторного сканирования отдельных участков;
- быстрое направление цифрового файла в зуботехническую лабораторию;
- архивирование цифровых моделей;
- возможность повторного использования данных при изготовлении новых конструкций.

Систематический обзор цифровых и традиционных методов показал, что цифровой рабочий процесс имеет значительные преимущества в отношении времени и удобства, хотя его точность может зависеть от клинической ситуации и протяжённости сканируемой области.

При сканировании полного зубного ряда особое значение приобретает проблема накопления ошибки. Поэтому качество цифрового оттиска определяется не только техническими характеристиками сканера, но и стратегией сканирования, условиями в полости рта, наличием слюны и крови, качеством ретракции десны и опытом врача.

3. Оптимизация получения информации о границе препарирования

Одним из наиболее ответственных клинических этапов является визуализация границы препарирования.

Для обеспечения высокой точности необходимо:

1. обеспечить достаточную ретракцию десневого края;
2. контролировать кровоточивость;
3. обеспечить сухость рабочего поля;
4. провести качественное сканирование уступа;
5. визуально проверить цифровую модель;
6. при наличии дефектов выполнить повторное сканирование.

Ошибки на данном этапе могут привести к неточному определению края конструкции и, соответственно, к ухудшению краевого прилегания.

Систематический анализ краевого и внутреннего прилегания фиксированных конструкций показал, что цифровые и традиционные методы могут обеспечивать клинически приемлемые результаты, однако конечная точность зависит от множества факторов, включая качество оттиска/сканирования и особенности используемой технологии.

4. Цифровое моделирование ортопедической конструкции

После получения цифровой модели осуществляется CAD-этап.

На данной стадии специалист может контролировать:

- анатомическую форму зубов;
- окклюзионные контакты;
- межпроксимальные контакты;
- толщину материала;
- положение экватора;
- форму каркаса;
- профиль прорезывания;
- краевое прилегание;
- объём будущей конструкции;
- эстетические параметры.

Возможность виртуального контроля является одним из главных преимуществ цифрового протокола. В традиционной технологии значительная часть этих параметров контролируется уже после изготовления конструкции.

Кроме того, CAD-программа позволяет сохранять виртуальную модель и при необходимости повторно использовать её при изготовлении новой конструкции.

5. Оптимизация лабораторного этапа

Традиционный лабораторный этап включает изготовление гипсовой модели, восковое моделирование, изготовление литниковой системы, формовку, литьё и последующую обработку.

CAD/CAM-технология позволяет существенно сократить количество промежуточных операций.

При использовании цифрового протокола последовательность может выглядеть следующим образом: **цифровая модель → виртуальное моделирование → автоматизированная обработка → фрезерование/3D-печать → финишная обработка → контроль качества.**

Систематические обзоры показывают, что цифровые технологии могут сокращать время изготовления фиксированных ортопедических конструкций и уменьшать расход материалов по сравнению с традиционным протоколом. Однако результаты по времени не являются полностью однородными и зависят от конкретной конструкции, оборудования и организации лабораторного процесса.

6. САМ-фрезерование и аддитивные технологии

В настоящее время применяются два основных варианта автоматизированного изготовления:

субтрактивный метод — фрезерование конструкции из промышленного блока;

аддитивный метод — послойное формирование конструкции посредством 3D-печати.

Фрезерование широко используется для изготовления конструкций из:

- диоксида циркония;
- дисиликата лития;
- композитных материалов;
- PMMA;
- титана;
- кобальт-хромовых сплавов;
- РЕЕК и других материалов.

Систематический обзор CAD/CAM-материалов показывает расширение спектра материалов, применяемых для ортопедических конструкций, при этом механические характеристики существенно зависят от состава материала и метода его обработки.

3D-печать в последние годы становится важным дополнением к традиционному CAD/CAM-фрезерованию. Она используется преимущественно для временных конструкций, базисов съёмных протезов, диагностических моделей, хирургических шаблонов и ряда других изделий.

При этом механические свойства печатных материалов могут отличаться от свойств фрезерованных блоков. Систематические исследования показывают, что характеристики 3D-печатных материалов зависят от технологии печати, направления построения, постполимеризации и состава материала.

7. CAD/CAM при изготовлении цельнокерамических и циркониевых конструкций

Одним из наиболее распространённых направлений применения CAD/CAM является изготовление цельнокерамических конструкций.

Особое место занимает диоксид циркония благодаря сочетанию высокой прочности, биосовместимости и эстетических характеристик.

Систематический обзор клинических результатов применения монокристаллических CAD/CAM-реставраций из циркония продемонстрировал их высокую клиническую эффективность при зубной опоре.

Более современные данные также подтверждают хорошие клинические результаты циркониевых фиксированных конструкций, хотя необходимы дальнейшие долгосрочные исследования для оценки выживаемости, осложнений и сравнительной эффективности различных материалов.

8. Оптимизация изготовления конструкций на имплантатах

CAD/CAM-технологии имеют особое значение при имплантационном протезировании.

Цифровой протокол включает:

1. установку скан-маркеров;
2. интраоральное сканирование;
3. определение трёхмерного положения имплантатов;
4. создание виртуальной модели;
5. проектирование абатмента или каркаса;
6. CAM-производство;
7. контроль пассивности и точности конструкции.

Одним из критических факторов является конструкция scan body. Исследования показывают, что его высота, диаметр, геометрия, материал и система фиксации могут влиять на точность цифрового сканирования.

При полном сканировании имплантационных конструкций также необходимо учитывать возможность накопления погрешности. Поэтому особенно важны правильный выбор сканера, последовательность сканирования и контроль цифровых данных.

9. CAD/CAM в съёмном протезировании

В последние годы цифровые технологии активно внедряются в изготовление съёмных ортопедических конструкций.

Цифровой протокол может применяться для:

- частичных съёмных протезов;
- полных съёмных протезов;
- каркасов бюгельных протезов;
- базисов;
- искусственных зубов;
- временных конструкций.

Систематический обзор цифровых частичных съёмных протезов показывает возможность применения CAD/CAM для проектирования каркасов, искусственных зубов и базиса протеза. При этом используются различные материалы, включая кобальт-хромовые сплавы, титан, цирконий и РЕЕК.

Для полных съёмных протезов цифровая технология позволяет сократить количество лабораторных операций и обеспечить сохранение виртуальной информации о пациенте.

Метаанализ 2024 года показал, что CAD/CAM-протезы являются по меньшей мере сопоставимыми с традиционными по клиническим результатам, а фрезерованные конструкции могут требовать меньше коррекций. Кроме того, изготовление CAD/CAM-протезов в ряде исследований характеризовалось более низкими лабораторными и общими затратами.

10. Сокращение количества клиничко-лабораторных этапов

Главным направлением оптимизации является сокращение числа операций между врачом и зубным техником.

Традиционный протокол: **препарирование → оттиск → дезинфекция → отливка модели → изготовление разборной модели → восковое моделирование → литьё/прессование → обработка → примерка → коррекция → фиксация.**

Цифровой протокол: **препарирование → сканирование → CAD → CAM → обработка → примерка → фиксация.**

Таким образом, цифровизация позволяет устранить или сократить ряд промежуточных процедур.

Однако нельзя рассматривать цифровой протокол как полную замену клинических навыков врача и зубного техника. Ошибка, возникшая на этапе препарирования или сканирования, будет перенесена в цифровую модель и далее воспроизведена в изготовленной конструкции.

11. Влияние CAD/CAM на точность ортопедических конструкций

Точность является одним из ключевых критериев оценки цифрового протокола.

Она включает:

- **trueness** — соответствие цифровой модели исходному объекту;
- **precision** — воспроизводимость результатов;
- краевое прилегание;
- внутреннюю адаптацию;
- окклюзионную точность;
- точность межпроксимальных контактов.

Систематические исследования показывают, что современные цифровые оттиски способны обеспечивать высокую точность для многих клинических задач. При этом точность полного зубного ряда может быть ниже, чем при сканировании ограниченного участка, вследствие накопления ошибок.

Сравнение цифровых и традиционных методов изготовления физических моделей также демонстрирует, что цифровой рабочий процесс способен обеспечивать высокую точность, однако результаты зависят от используемой системы и конкретного клинического протокола.

12. Контроль качества на цифровом этапе

Одним из наиболее перспективных направлений является перенос контроля качества непосредственно в цифровую среду.

Перед изготовлением конструкции рекомендуется контролировать:

- полноту сканирования;
- отсутствие артефактов;
- точность границы препарирования;
- окклюзионные контакты;
- межпроксимальные контакты;
- толщину материала;
- анатомическую форму;
- направление введения;
- объём конструкции.

Это позволяет выявить потенциальные ошибки ещё до CAM-производства.

Следовательно, цифровой протокол имеет принципиальное преимущество: часть ошибок может быть выявлена до изготовления физического изделия.

13. Экономическая эффективность

Важным критерием внедрения CAD/CAM является экономическая эффективность.

Первоначальные инвестиции включают:

- интраоральный сканер;
- компьютерное оборудование;
- CAD-программное обеспечение;
- фрезерный станок;
- 3D-принтер;
- печь для синтеризации/кристаллизации;
- оборудование для постобработки.

Однако при высокой загрузке лаборатории цифровой протокол может снижать стоимость единицы продукции за счёт сокращения ручного труда, уменьшения расхода материалов и сокращения времени изготовления.

Систематический обзор времени и стоимости изготовления фиксированных ортопедических конструкций продемонстрировал потенциальное преимущество цифровых методов, хотя результаты различных исследований неоднородны и зависят от конкретной технологии и клинической ситуации.

14. Основные факторы, ограничивающие эффективность CAD/CAM

Несмотря на преимущества цифровой технологии, существуют факторы, способные снизить эффективность рабочего процесса.

К ним относятся:

1. недостаточная квалификация врача;
2. недостаточный опыт работы со сканером;
3. неправильная стратегия сканирования;
4. наличие крови и слюны;
5. недостаточная ретракция десны;
6. ошибки регистрации прикуса;
7. недостаточная точность скан-маркеров;
8. ограничения программного обеспечения;
9. неправильный выбор материала;
10. ошибки САМ-производства;
11. неправильная постобработка;
12. отсутствие финального контроля конструкции.

Следовательно, эффективность CAD/CAM должна рассматриваться не только как характеристика оборудования, но и как результат функционирования всей системы «врач — сканер — программное обеспечение — зубной техник — САМ — материал — контроль».

15. Перспективы дальнейшей оптимизации

Перспективным направлением является создание полностью интегрированного цифрового протокола.

Он может объединять: **СВСТ + интраоральное сканирование + цифровую фотографию + виртуальную артикуляцию + CAD + CAM + 3D-печать + цифровой контроль.**

Дополнительные возможности открывает применение искусственного интеллекта.

ИИ уже исследуется для:

- автоматического распознавания зубов;
- определения границ препарирования;
- анализа окклюзии;
- планирования ортопедических конструкций;
- анализа эстетики;
- автоматического проектирования реставраций;

- прогнозирования результатов лечения.

Современный обзор показывает, что искусственный интеллект постепенно расширяет область применения в ортопедической стоматологии, однако качество доказательств и клиническая применимость отдельных алгоритмов пока требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Таким образом, CAD/CAM-технологии являются одним из наиболее значимых направлений современной ортопедической стоматологии и позволяют принципиально изменить традиционный клиничко-лабораторный процесс изготовления ортопедических конструкций.

Основными преимуществами цифрового протокола являются сокращение количества клиничко-лабораторных этапов, уменьшение времени изготовления, возможность виртуального контроля конструкции, повышение воспроизводимости результатов, цифровое хранение данных и снижение зависимости от ряда ручных лабораторных операций.

Наиболее значимый эффект достигается при интеграции интраорального сканирования, CAD-моделирования и САМ-производства в единый цифровой протокол. При этом качество конечной конструкции определяется не отдельным устройством, а совокупностью клинических, программных, лабораторных и технологических факторов.

Современные данные свидетельствуют о высокой перспективности CAD/CAM при изготовлении фиксированных, имплантат-опирающихся и съёмных ортопедических конструкций. Вместе с тем необходимы дальнейшие клинические исследования с длительным периодом наблюдения, стандартизация цифровых протоколов и разработка объективных критериев оценки эффективности различных CAD/CAM-систем.

Перспективным направлением является разработка **оптимизированного клиничко-лабораторного алгоритма**, предусматривающего контроль точности на каждом этапе: от препарирования и цифрового сканирования до CAD-моделирования, САМ-производства и клинической фиксации. Такой подход позволит минимизировать накопление ошибок и повысить предсказуемость ортопедического лечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Parize H., Tardelli J.D.C., Bohner L., Sesma N., Muglia V.A., Dos Reis A.C. Digital versus conventional workflow for the fabrication of physical casts for fixed prosthodontics: A systematic review of accuracy. **J Prosthet Dent.** 2022;128(1):25–32. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.008.
2. Bandiaky O.N., Le Bars P., Gaudin A., et al. Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. **J Prosthet Dent.** 2022;127(1):71–79. doi:10.1016/j.prosdent.2020.09.017.
3. Saravi B., Vollmer A., Hartmann M., et al. Clinical Performance of CAD/CAM All-Ceramic Tooth-Supported Fixed Dental Prostheses: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Materials.** 2021;14(10):2672. doi:10.3390/ma14102672.
4. Leitão C.I.M.B., Fernandes G.V.O., Azevedo L.P.P., et al. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. **J Prosthodont Res.** 2022;66(3):374–384. doi:10.2186/jpr.JPR_D_21_00081.
5. Schmidt A., Klusmann L., Wöstmann B., Schlenz M.A. The Complete Digital Workflow in Fixed Prosthodontics Updated: A Systematic Review. **Healthcare.** 2023;11(5):679. doi:10.3390/healthcare11050679.
6. Sarafidou K., Chatziparaskeva M., Chatzikamagiannis D., et al. Evaluation of marginal/internal fit of fixed dental prostheses after digital, conventional, and combination

- impression techniques: A systematic review. **Eur J Oral Sci.** 2022;130(6):e12902. doi:10.1111/eos.12902.
7. Vitai V., Németh A., Sólyom E., et al. Evaluation of the accuracy of intraoral scanners for complete-arch scanning: A systematic review and network meta-analysis. **J Dent.** 2023;137:104636. doi:10.1016/j.jdent.2023.104636.
 8. Floriani F., Lopes G.C., Cabrera A., et al. Linear Accuracy of Intraoral Scanners for Full-Arch Impressions of Implant-Supported Protheses: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Eur J Dent.** 2023;17(4):964–973. doi:10.1055/s-0042-1758798.
 9. Pachiou A., Zervou E., Tsirogiannis P., et al. Characteristics of intraoral scan bodies and their influence on impression accuracy: A systematic review. **J Esthet Restor Dent.** 2023;35(8):1205–1217. doi:10.1111/jerd.13074.
 10. Gómez-Polo M., Donmez M.B., Çakmak G., Yilmaz B., Revilla-León M. Influence of implant scan body design (height, diameter, geometry, material, and retention system) on intraoral scanning accuracy: A systematic review. **J Prosthodont.** 2023;32(S2):165–180. doi:10.1111/jopr.13774.
 11. Rexhepi I., Santilli M., D'Addazio G., et al. Clinical Applications and Mechanical Properties of CAD-CAM Materials in Restorative and Prosthetic Dentistry: A Systematic Review. **J Funct Biomater.** 2023;14.
 12. Srinivasan M., Kamnoedboon P., McKenna G., et al. CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. **J Dent.** 2021;113:103777. doi:10.1016/j.jdent.2021.103777.
 13. Fueki K., Inamochi Y., Wada J., et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. **J Prosthodont Res.** 2022;66(1):40–52. doi:10.2186/jpr.JPR_D_20_00116.
 14. Takaichi A., Fueki K., Murakami N., et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part II: CAD/CAM framework, artificial teeth, and denture base. **J Prosthodont Res.** 2022;66(1):53–67. doi:10.2186/jpr.JPR_D_20_00117.
 15. Wang C., Shi Y.F., Xie P.J., Wu J.H. Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. **J Prosthet Dent.** 2021;125(2):249–256. doi:10.1016/j.prosdent.2020.01.004.
 16. Kouveliotis G., Tasopoulos T., Karoussis I., Silva N.R., Zoidis P. Complete denture digital workflow: Combining basic principles with a CAD-CAM approach. **J Prosthet Dent.** 2022;127(4):550–555. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.024.
 17. Valenti C., Federici M.I., Masciotti F., et al. Mechanical properties of 3D printed prosthetic materials compared with milled and conventional processing: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **J Prosthet Dent.** 2024;132(2):381–391. doi:10.1016/j.prosdent.2022.06.008.
 18. Avelino M.E.L., Costa R.T.F., Vila-Nova T.E.L., et al. Clinical performance and patient-related outcome measures of digitally fabricated complete dentures: A systematic review and meta-analysis. **J Prosthet Dent.** 2024;132(4):748.e1–748.e10. doi:10.1016/j.prosdent.2024.02.003.
 19. Jafarpour D., Haricharan P.B., de Souza R.F. CAD/CAM versus traditional complete dentures: A systematic review and meta-analysis of patient- and clinician-reported outcomes and costs. **J Oral Rehabil.** 2024;51(9):1911–1924. doi:10.1111/joor.13738.
 20. Mahato M., Hota S., Jain A., et al. Comparison of Conventional and Digital Workflows in the Fabrication of Fixed Protheses: A Systematic Review. **Cureus.** 2024;16(6):e61764. doi:10.7759/cureus.61764.