



3D-сканеры в ортопедической стоматологии при изготовлении полных съёмных протезов: современное состояние вопроса

KNABILOV NIGMAN LUKMANOVICH

Доктор медицинских наук. Профессор. Заведующий кафедрой госпитальной ортопедической стоматологии, Ташкентского Государственного Медицинского

Университета <https://orcid.org/0000-0002-1404-507X> Электронная почта :

nigman77@mail.ru

Аннотация

Цель обзорной статьи – систематизировать современные данные о применении 3D-сканеров при изготовлении полных съёмных протезов (ПСП), с акцентом на особенности цифрового получения отпечатков беззубых челюстей, точность (trueness, precision), качество посадки протезов, клиническую эффективность и ограничения технологии. Обобщены результаты нарративных и систематических обзоров, экспериментальных и клинических исследований, опубликованных в период примерно 2010–2025 гг. Показано, что цифровые отпечатки беззубых челюстей в целом являются технически осуществимыми, а адаптация цифровых полных протезов, изготовленных на основе 3D-сканирования и CAD/CAM-технологий, как минимум сопоставима, а во многих работах – лучше, чем у традиционных акриловых протезов. Вместе с тем остаются значимые проблемы: трудности захвата подвижных участков слизистой и вестибулярных зон, отсутствие полноценной чисто цифровой регистрации межчелюстных взаимоотношений, высокая стоимость оборудования и зависимость результата от протокола сканирования и опыта врача.

Ключевые слова: 3D-сканер, интраоральный сканер, полные съёмные протезы, беззубые челюсти, цифровые отпечатки, CAD/CAM, 3D-печать.

Введение

За последние два десятилетия ортопедическая стоматология переживает стремительную цифровую трансформацию. Если первоначально 3D-сканеры и CAD/CAM-системы применялись преимущественно при изготовлении несъёмных конструкций и имплантат-поддержанных протезов на зубных рядах, то сегодня активно развивается направление цифрового протезирования полностью беззубых челюстей.



Ключевым элементом цифрового протокола является точное получение геометрии протезного ложа и межчелюстных отношений. Для этого используются:

-интраоральные 3D-сканеры (IOS) – прямое сканирование слизистой беззубых челюстей;

-лабораторные/настольные сканеры – оцифровка функциональных слепков, гипсовых моделей или дубликатов протезов.

Вопрос о том, насколько цифровые отпечатки могут заменить традиционные слепки при изготовлении ПСП, до сих пор остаётся дискуссионным. С одной стороны, цифровой подход снижает число визитов, даёт возможность быстро повторить протез при утрате, стандартизирует этапы и открывает путь к полностью цифровому архиву пациента. С другой – беззубые челюсти представляют собой «сложный объект» для оптического сканирования: отсутствие фиксированных ориентиров, подвижная слизистая, слюна и необходимость оттиска функциональных зон.

Исторический обзор и развитие цифрового протезирования полных съёмных протезов

1. Гибридные

протоколы

Традиционный функциональный слепок → гипсовая модель → лабораторное сканирование → цифровое моделирование → фрезерование/печать базисов и зубных рядов.

2. Частично

цифровые

протоколы

Цифровизируются отдельные этапы – например, моделирование зубных рядов и изготовление примерочного протеза (try-in) на 3D-принтере при сохранении классического слепочного этапа.

3. Полностью

цифровые

протоколы

Интраоральное сканирование беззубых челюстей, цифровая регистрация межчелюстных соотношений, виртуальное моделирование и последующее САМ-изготовление (фрезерование или 3D-печать) окончательного протеза.

Типы 3D-сканеров и их технические особенности

С точки зрения изготовления ПСП важны две группы сканеров:

1. Интраоральные

3D-сканеры

(IOS)

Работают на основе различных оптических технологий: структурированный свет, активная триангуляция, конфокальная микроскопия, когерентная оптическая томография и др.

Ключевые технические параметры:



- точность (accuracy)** – включает *trueness* (близость к «истинному» эталону) и *precision* (повторяемость измерений);
- диапазон сканирования** (полная дуга, сегмент, дентальные имплантаты, мягкие ткани);
- скорость захвата данных** (кадры/сек, площадь за единицу времени);
- алгоритмы сшивки и подавления «шумов»** (удаление подвижных структур – язык, щеки, слюна, ретракторы).

Особенности сканирования беззубых челюстей

Цифровой отпечаток беззубой челюсти существенно отличается от сканирования зубной дуги:

- Отсутствуют жёсткие анатомические ориентиры** (фиссуры, бугры, контактные пункты), облегчающие алгоритмам сшивание изображений.
- Слизистая оболочка подвижна и компрессибельна**, особенно в преддверии, мягком небе, ретромолярных и туберальных зонах.
- Поверхность однородная и блестящая**, покрыта слюной, что ухудшает качество захвата и стабильность «фич» для регистрации.
- Функциональный характер слепка**: необходимо воспроизвести не только форму протезного ложа в состоянии покоя, но и контуры в условиях функциональных движений (фонетика, мимика, движения языка).

1.Полностью цифровой протокол на основе интраорального сканирования

Ключевые этапы:

1.Предварительная подготовка протезного ложа

- санация, сглаживание острых костных выступов, обучение пациента гигиене протезного ложа;
- при необходимости – временные кондиционирующие протезы.

2.Интраоральное сканирование беззубых челюстей

- поэтапный захват: сначала центральные зоны (нёбо/альвеолярный гребень), затем переход к вестибулу;
- использование систематизированных стратегий (например, «подковообразный» путь сканирования с перекрытиями кадров);
- контроль наличия достаточного количества перекрывающихся участков с выраженным рельефом.

3.Регистрация межчелюстных отношений

- сегодня чаще всего решается **комбинированно**: изготовление восковых/пластмассовых окклюзионных валиков, их клиническая адаптация и последующее сканирование (IOS или лабораторный сканер); полностью



цифровой метод без клинического этапа регистрации пока не стандартизирован.

4. Цифровое проектирование ПСП

- виртуальное моделирование базисов и зубных рядов;
- использование библиотек искусственных зубов и вспомогательных инструментов (анализ средней линии, линии улыбки, высоты нижней трети лица);
- возможная интеграция данных лицевого сканирования для создания «виртуального пациента».

5. Изготовление примерочного протеза (try-in)

- 3D-печать прототипа с возможностью клинической оценки эстетики, фонетики, окклюзии;
- при необходимости – коррекция в цифровой модели.

6. САМ-изготовление окончательного протеза

- фрезерование (milling) из промышленных РММА-блоков;
- либо 3D-печать (SLA/DLP) с последующей полимеризацией и, при необходимости, ручной доработкой.

2. Комбинированный протокол (традиционный функциональный слепок + цифровая стадия)

В этом варианте:

- функциональный слепок** выполняется традиционными материалами (альгинат, С-силоксан, полиэфир и др.) с индивидуальной ложкой;
- затем слепок или отлитая модель** сканируется лабораторным 3D-сканером, и дальнейшие этапы (прикус, моделирование, изготовление) реализуются в цифровом формате.

3. Дупликация существующего протеза

Если у пациента есть относительно удовлетворяющий его протез (по форме и межчелюстным соотношениям), возможно:

- отсканировать сам протез (интраорально или в лаборатории);
- при необходимости провести коррекцию адаптации (релайнинг) и оцифровать обновлённый вариант;
- по полученным данным изготовить «цифровой двойник» протеза, улучшив материал, форму базиса и окклюзию.

Точность 3D-сканирования и качество посадки полноценных съёмных протезов

Точность цифровых отпечатков беззубых челюстей

Согласно нарративному обзору, посвящённому цифровому рабочему процессу



ПСП, и последующим систематическим обзорам:

-интраоральное сканирование беззубых челюстей в принципе возможно и предсказуемо, особенно в центральных зонах протезного ложа (нёбо, альвеолярный гребень);

-наибольшие отклонения между цифровыми и традиционными слепками регистрируются в периферических областях – вестибуле, мягком небе и зоне заднего нёбного уплотнения;

Адаптация и посадка цифровых полных протезов

Систематический обзор, суммированный в нарративном обзоре цифрового рабочего процесса, показал, что:

-истинность (trueness) внутренней (интальговой) поверхности цифровых базисов ПСП при фрезеровании обычно находится в диапазоне **0,06–0,16 мм**, при 3D-печати – **0,07–0,14 мм**;

-общая адаптация (линией или точечной оценкой несоответствия) для цифровых базисов варьирует примерно **0,06–0,29 мм**, тогда как для традиционных акриловых базисов – **0,10–0,30 мм**.

Клиническая эффективность, время и экономические аспекты

Современный обзор по клиническому использованию CAD/CAM- и 3D-печатных протезов подчёркивает несколько важных моментов:

1.Число визитов

-традиционный протокол ПСП обычно включает **не менее пяти посещений** (анатомический слепок, функциональный слепок, прикусные валики, примерка зубов, выдача, контрольные визиты);

-цифровой протокол позволяет сократить это количество до **2–4 визитов**, иногда объединяя функциональный слепок и регистрацию прикуса в один этап, а примерку осуществляя на 3D-печатном прототипе.

2.Время кресла и лабораторные затраты

-сокращение числа посещений и стандартизация этапов часто приводят к уменьшению **клинического времени и количества корректировочных визитов**;

-при этом **стоимость материалов и оборудования выше**, поэтому экономическая эффективность зависит от загрузки клиники и выбранной системы; гибридные схемы (например, сочетание 3D-печати и фрезерования) могут оптимизировать затраты.

3.Удовлетворённость пациентов

-многие исследования показывают высокий уровень удовлетворённости



CAD/CAM-протезами, что связывают с лучшей ретенцией и меньшим числом визитов;

-в то же время отдельные рандомизированные исследования отмечают, что по параметрам **стабильности, комфорта и фонетики** часть пациентов предпочитает традиционные протезы, особенно при недостаточной индивидуализации 3D-печатных зубных рядов.

1. Комфорт пациента

-отсутствие объёмных ложек и «тягучих» материалов, провоцирующих рвотный рефлекс;

-особенно важно для пожилых пациентов, пациентов с неврологическими/психическими особенностями.

2. Снижение риска деформации слепка и модели

-отсутствуют погрешности, связанные с усадкой/набуханием слепочного материала и гипса;

-оцифровка выполняется сразу в цифровом формате, минимизируя цепочку «материал → отливка → моделирование».

3. Цифровой архив и простота повторного изготовления

-сохранение 3D-моделей челюстей и протезов позволяет быстро восстановить протез при утрате или повреждении без повторения полного клинического цикла;

-возможно создание серии протезов с разной высотой прикуса или формой зубных рядов, опираясь на один и тот же скан.

4. Интеграция с имплантационным лечением

-3D-сканы можно совмещать с КЛКТ и лицевыми сканами (концепция «виртуального пациента»), планируя имплантаты и будущие протезы в единой цифровой среде.

Сравнение цифровых и традиционных протоколов изготовления ПСП

В усреднённом виде сравнительная характеристика может быть представлена так:

Параметр	Традиционный протокол	Цифровой протокол (3D-сканеры + CAD/CAM)
Число визитов	5 и более	2–4
Комфорт пациента	Нередко выраженный дискомфорт при слепках	Обычно выше, без слепочных материалов



Точность базиса	0,1–0,30 несоответствия	мм	0,06–0,29 мм, часто лучше в опорных зонах
Ретенция	Приемлемая, зависит от качества слепка/модели		Часто выше (особенно у фрезерованных протезов)
Индивидуализация	Высокая, но зависит от техника		Высокая, но требует времени на освоение ПО
Повторное изготовление	Требует нового клинического цикла		Возможно по сохранённым цифровым данным
Инвестиции	Относительно небольшие		Высокие (оборудование, ПО, обучение)

По совокупности данных можно заключить, что **цифровые протоколы уже сегодня могут рассматриваться как клинически приемлемая альтернатива традиционным методам** при изготовлении ПСП, особенно в клиниках с достаточной нагрузкой и развитой лабораторной инфраструктурой.

Заключение

3D-сканеры прочно заняли своё место в ортопедической стоматологии и постепенно становятся важным звеном при изготовлении полных съёмных протезов. Современные исследования демонстрируют, что:

- цифровые отпечатки беззубых челюстей технически осуществимы и могут обеспечивать клинически приемлемую точность**, особенно в центральных опорных зонах протезного ложа;
- адаптация и ретенция цифровых ПСП, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологий, как минимум сопоставимы, а нередко и превосходят традиционные протезы**, при этом уменьшается число визитов и общие временные затраты врача и пациента;
- интраоральное сканирование беззубых челюстей остаётся методически сложной задачей**, особенно в отношении вестибулярных и мягкотканых областей, а полностью цифровая регистрация прикуса ещё не стандартизована;

Список использованной литературы:

1. Felton D, Cooper L, Duqum I, et al. Evidence-based guidelines for the care and maintenance of complete dentures: a publication of the American College of Prosthodontists. J Prosthodont. 2011;20(Suppl 1):S1–S12. doi:10.1111/j.1532-849X.2010.00683.x



2. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017;17:149. doi:10.1186/s12903-017-0442-5
3. Alhallak K, Hagi-Pavli E, Nankali A. A review on clinical use of CAD/CAM and 3D printed dentures. *Br Dent J*. 2023;234(1):9–17. doi:10.1038/s41415-022-5401-5
4. Feng Y, Feng Z, Li J, et al. Expert consensus on digital restoration of complete dentures. *Int J Oral Sci*. 2025;17(1):58. doi:10.1038/s41368-025-00388-2
5. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, et al. Accuracy of intraoral scanner for recording completely edentulous arches—A systematic review. *Dent J (Basel)*. 2023;11(10):241. doi:10.3390/dj11100241
6. Achmadi AA, Mardianti R, Adiatman M, et al. The accuracy of edentulous arch impression between intraoral scanner and laboratory scanner: a scoping review. *BDJ Open*. 2025;11(1). doi:10.1038/s41405-025-00300-4
7. Rasaie V, Abduo J, Hashemi S. Accuracy of intraoral scanners for recording the denture bearing areas: a systematic review. *J Prosthodont*. 2021;30(6):520–539. doi:10.1111/jopr.13370
8. Patzelt SBM, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *J Am Dent Assoc*. 2013;144(8):914–920. doi:10.14219/jada.archive.2013.0209
9. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):733–735. doi:10.1016/j.prosdent.2017.05.008
10. Goodacre BJ, Goodacre CJ. Using intraoral scanning to fabricate complete dentures: first experiences. *Int J Prosthodont*. 2018;31(2):166–170. doi:10.11607/ijp.5624
11. Lo Russo L, Salamini A. Single-arch digital removable complete denture: a workflow that starts from the intraoral scan. *J Prosthet Dent*. 2018;120(1):20–24. doi:10.1016/j.prosdent.2017.09.004