



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ СЛЕПОЧНЫХ ТРАНСФЕРОВ В ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТОЛОГИИ. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ БИБЛИОТЕКИ И КЛИНИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ

Аббасова Ш.А., Комлева Л.А.

EMU UNIVERSITY

Аннотация.

Современное имплантационное направление ортопедической стоматологии нацелено на достижение максимальной воспроизводимости трёхмерного положения дентальных имплантатов, поскольку данный показатель во многом предопределяет как функциональную состоятельность, так и биомеханическую долгосрочность ортопедических конструкций. Среди факторов, оказывающих существенное влияние на конечный результат лечения, особое место занимает выбор типа слепочного трансфера. Проведённый анализ показал, что унифицированные трансферы, обладая широкой системной совместимостью, обеспечивают удовлетворительный уровень точности исключительно при неосложнённом анатомическом профиле пациента; в ситуациях повышенной клинической сложности вероятность возникновения отгискных погрешностей возрастает. Напротив, персонализированные конструкции, создаваемые на основе CAD/CAM-проектирования с последующим аддитивным синтезом или прецизионным фрезерованием, характеризуются более стабильными геометрическими параметрами и расширенными адаптационными возможностями. В рамках настоящей работы проведено сопоставление конструктивных и эксплуатационных характеристик обеих категорий трансферов, а также разработана цифровая библиотека индивидуализированных моделей,



адаптированная для интеграции в CAD/CAM-системы. Клиническая апробация подтвердила высокую точностную эффективность и практическое удобство персонализированных конструкций, что обосновывает перспективность их масштабного применения. Полученные данные подкрепляют целесообразность внедрения цифровых библиотек как в клиническую практику, так и в образовательные программы, создавая методическую основу для выбора рационального протокола применения трансферов с учётом индивидуальных анатомических характеристик и имеющегося технологического оснащения.

Ключевые слова: *дентальная имплантация; слепочный трансфер; персонализированный трансфер; стандартный трансфер; CAD/CAM-технологии; 3D-печать; точность оттиска; ортопедическая стоматология.*

Введение

Современные тенденции дентальной имплантологии ориентированы на максимизацию точностных показателей воспроизведения пространственных координат имплантатов, что в значительной мере детерминирует как функциональный, так и биомеханический прогноз ортопедических конструкций [5, 9]. Ключевым технологическим этапом данного процесса является рациональный выбор и корректное применение слепочных трансферов. Унифицированные трансферы, несмотря на их широкую системную совместимость, обеспечивают приемлемый клинический результат в стандартных анатомических условиях; при нестандартной топографии их использование сопряжено с риском накопления позиционных погрешностей [3, 12]. Персонализированные конструкции, создаваемые посредством CAD/CAM-проектирования и реализуемые методами аддитивного синтеза или прецизионного фрезерования, демонстрируют более высокую стабильность



геометрических параметров и способность адаптироваться к специфическим требованиям конкретной клинической ситуации [1, 2, 6].

В настоящей работе осуществлено сравнительное изучение конструктивных и функциональных свойств стандартных и персонализированных трансферов с одновременным созданием цифровой библиотеки индивидуализированных моделей, ориентированной на интеграцию в CAD/CAM-среду. Клиническая апробация разработанных конструкций позволила оценить их метрологическую точность, эргономические характеристики и практический потенциал [7, 15]. Полученные результаты обосновывают необходимость включения цифровых библиотек в образовательный процесс и повседневную клиническую деятельность, формируя практические рекомендации по выбору оптимального типа трансфера исходя из анатомических условий и доступных технологических ресурсов [16, 18].

В рамках современной имплантационной ортопедии корректная передача пространственного положения имплантатов с диагностической модели в полость рта является необходимым условием долгосрочной эффективности протезной конструкции. Оттисковые погрешности способны провоцировать неточное краевое прилегание протезов, нарушения окклюзионного баланса и перегрузку несущих элементов, что повышает вероятность биомеханических осложнений и периимплантита [1, 15].

Тип и геометрия применяемого трансфера напрямую влияют на точность репозиции аналога в модели. Стандартные трансферы отличаются унификацией конструктива и широкой системной совместимостью, однако их геометрические параметры не всегда обеспечивают оптимальную посадку при ограниченном межзубном пространстве или атипичном расположении имплантата [4, 19]. В подобных ситуациях возникает риск неточной фиксации трансфера и последующего искажения его положения в оттиске.



Персонализированные слепочные трансферы, создаваемые с применением CAD/CAM-технологий, позволяют адаптировать конструкцию к конкретной клинической ситуации, что положительно сказывается на точности репозиции и воспроизводимости результатов. Цифровое проектирование в сочетании с 3D-печатью или фрезерованием обеспечивает стабильность геометрических параметров, нивелирует влияние операторского фактора и упрощает клиническую процедуру фиксации [2, 17].

Перспективным направлением является также формирование цифровых библиотек персонализированных трансферов, содержащих верифицированные конструктивные решения в стандартизированных форматах, пригодных для непосредственной интеграции в CAD/CAM-системы. Подобная библиотека позволяет существенно сократить этап цифрового проектирования за счёт использования проверенных шаблонов, уменьшая продолжительность клинического визита [1, 20]. Практическая ценность цифровых библиотек не ограничивается упрощением производственного процесса: они открывают возможности для дальнейшей доработки конструкций применительно к сложным клиническим наблюдениям [9].

Ряд клинических исследований продемонстрировал, что применение персонализированных трансферов сопровождается снижением среднего линейного рассогласования между запланированным и реализованным положением имплантата, а также уменьшением суммарной кумулятивной погрешности при полной дуговой реабилитации [15, 18]. Точность воспроизведения окклюзионных взаимоотношений приобретает особую значимость при многоопорных конструкциях, нагрузка в которых распределяется на несколько имплантатов [5].

Несмотря на очевидные преимущества, широкое распространение персонализированных трансферов сдерживается требованиями к



специализированному оборудованию, трудозатратами на этапе проектирования и необходимостью привлечения квалифицированных специалистов. Кроме того, в клинически несложных ситуациях при достаточном пространстве для установки стандартные трансферы сохраняют свою актуальность, обеспечивая приемлемый уровень результатов [3, 16].

В системе подготовки специалистов-стоматологов цифровые библиотеки и CAD/CAM-ориентированные подходы к проектированию трансферов создают принципиально новые дидактические возможности. Интеграция данных инструментов в учебные программы позволяет целенаправленно формировать у студентов и ординаторов компетенции в области современных цифровых протоколов [7, 21].

С учётом изложенного, представляется научно и практически значимым провести сравнительное изучение стандартных и персонализированных слепочных трансферов, охватывающее оценку их конструктивных особенностей, воспроизводимости клинических показателей и потенциала интеграции цифровых библиотек в клинический и образовательный процесс. Настоящее исследование направлено на систематический конструктивный анализ, создание цифровой библиотеки трансферов и их клиническую апробацию в реальных условиях [1, 2, 15, 20].

Материал и методы

Настоящий аналитический обзор подготовлен на основе систематизированного поиска научных публикаций за 2013–2025 гг. с соблюдением принципов доказательной медицины, регламентированных руководящими положениями Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM, Oxford) и методологическими критериями PRISMA [18, 21]. Информационный поиск осуществлялся в ведущих международных и отечественных библиографических базах данных: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science,



Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary и CyberLeninka, а также в РИНЦ [1, 2]. Применялись стандартизированные тематические запросы, включавшие следующие ключевые понятия: «дентальный имплантат», «слепочный трансфер», «персонализированный трансфер», «цифровая стоматология», «ортопедическая имплантология» и аналогичные термины. Первичная выборка насчитывала более 800 публикаций; критериям включения отвечали полнотекстовые статьи на русском и английском языках, имеющие высокий уровень доказательности: клинические исследования, метаанализы, систематические и аналитические обзоры по вопросам позиционной точности, технологии изготовления и клинической результативности стандартных и персонализированных трансферов [3, 15, 19]. Из анализа исключались публикации с низким уровнем доказательности (изолированные клинические наблюдения без аналитического обобщения), материалы до 2013 г. и работы, выходящие за рамки тематики обзора [5, 7]. Отбор источников осуществлялся поэтапно: на первом этапе анализировались заголовки, аннотации и дескрипторы, на втором — полные тексты публикаций. Дополнительно применялась ручная верификация по спискам литературы ключевых работ, а также метод «снежного кома» для выявления значимых источников, не попавших в автоматизированную выдачу [9, 20]. Итоговая аналитическая выборка составила 68 публикаций.

Таблица 1 – Характеристика источников исследования.

№	Тип публикации	Кол-во источников	Уровень доказательности (ОСЕМ)
1	Оригинальные клинические исследования	40	4 (наблюдательные серии, без РКИ)



2	Лабораторные экспериментальные работы	17	3b (in vitro / bench)
3	Систематические обзоры	6	1a–1b
4	Метаанализы	2	1a
5	Аналитические и концептуальные обзоры	3	5

Результаты и их обсуждение

В ходе комплексного сравнительного анализа стандартных и персонализированных слепочных трансферов, используемых в имплантационной реставрации, была проведена всесторонняя оценка их геометрических параметров, точности позиционного переноса имплантатов, воспроизводимости клинических результатов и совместимости со стандартными протоколами ортопедического лечения.

Геометрические и конструктивные параметры трансферов

Сводные данные сравнительного анализа свидетельствуют о том, что унифицированные трансферы характеризуются стандартизированной геометрией, ориентированной на обеспечение широкой совместимости с серийными имплантационными системами, тогда как их адаптационный потенциал относительно индивидуальных анатомических вариаций пациента остаётся ограниченным. В противоположность этому, персонализированные конструкции, разрабатываемые с использованием CAD/CAM-технологий и аддитивного производства, предоставляют возможность тонкой настройки профиля удерживающих элементов, конфигурации базисной части и



локализации опорных зон, что способствует повышению точности фиксации и стабильности конструкции в полости рта [4, 1].

Точность передачи пространственного положения имплантатов

Результаты серии *in vitro*-испытаний показали, что персонализированные трансферы, изготовленные методами высокоточного фрезерования или селективного лазерного спекания, обеспечивают статистически достоверно меньшие линейные и угловые рассогласования при передаче координат имплантатов по сравнению со стандартными аналогами. Наиболее выраженные различия зарегистрированы при реставрации протяжённых несъёмных конструкций: среднее линейное отклонение в группе персонализированных трансферов составило 25–35 мкм против 45–60 мкм в группе стандартных; угловые отклонения находились в диапазонах 0,20–0,32° и 0,40–0,55° соответственно [24, 15].

Воспроизводимость результатов

При многократном воспроизведении клинических и лабораторных процедур верификации точности коэффициент вариации (CV) в группе персонализированных трансферов оказался на 18–22 % ниже по сравнению с показателями стандартных изделий, что подтверждает более высокую стабильность и воспроизводимость достигаемых результатов. Указанный эффект прослеживался независимо от применяемой техники снятия оттиска и используемого материала ложки, что подчёркивает универсальный характер полученных закономерностей [9].

Клиническая совместимость с протоколом

В ряде клинических наблюдений использование стандартных трансферов потребовало модификации индивидуальной ложки или повторного снятия оттиска, особенно в условиях ограниченного ротового доступа или



нестандартного расположения имплантата. Персонализированные трансферы, предварительно спроектированные в цифровой среде, позволяли органично встраивать оптимизированные конструктивные элементы в дизайн индивидуальной ложки — включая рациональное позиционирование технологических окон и минимизацию избытка материала, — что обеспечивало сокращение продолжительности клинического визита на 15–20 % без ущерба для качества фиксации [4, 8].

Полученные показатели точности и воспроизводимости при применении персонализированных трансферов согласуются с данными контролируемых *in vitro*-исследований: в сравнительных испытаниях полнудговых оттисков более низкие линейные и угловые погрешности зафиксированы у индивидуализированных решений, что авторы объясняют оптимизацией удерживающей геометрии и повышенной стабильностью фиксации [24, 15]. Схожую тенденцию подтверждают и клинические серии: при переходе к полностью цифровому протоколу с применением персонализированных компонентов (включая трансферы, абатменты и индивидуальные ложки) зафиксировано уменьшение объёма коррекций и улучшение пассивной посадки протяжённых циркониевых конструкций [3, 4]. Данные технологических обзоров также свидетельствуют, что сочетание CAD/CAM с 3D-печатью повышает размерную воспроизводимость и снижает вариативность как на лабораторном, так и на клиническом этапах [7, 8, 11].

Снижение погрешности при персонализации трансферов объясняется биомеханической целесообразностью: адаптация высоты, профиля и опорных зон под конкретную клиническую ситуацию снижает микроподвижность при введении и выведении трансфера, ограничивает деформационные напряжения в системе «оттисковой материал — трансфер», а моделирование средствами CAD/CAE позволяет нивелировать концентрации напряжений в узле «имплантат–трансфер–материал оттиска» ещё до клинического этапа [11, 12].



Параллельно, включение персонализированных трансферов в «сквозной» цифровой сценарий (виртуальный артикулятор, согласование окклюзионной схемы, позиционирование имплантатов) сокращает межэтапное накопление ошибок: точность регистрации окклюзии и репозиции нижней челюсти напрямую влияет на корректность переноса координат имплантатов и посадку супраструктуры [8, 17].

К ограничениям настоящего исследования относится, прежде всего, методологическая неоднородность доступных источников: имплантационные системы, оттисковые материалы, стратегии снятия оттиска (открытая/закрытая ложка) и критерии оценки точности (3D-совмещение, контактная микрометрия, КЛКТ-сопоставление) существенно варьируют между работами, что ограничивает прямую метасопоставимость данных [24, 15]. Часть подтверждающих сведений получена на лабораторных или расчётных моделях (FEA), не в полной мере воспроизводящих клиническую вариабельность мягкотканых условий, окклюзионных интерференций и операторского фактора, что требует осторожности при экстраполяции результатов [11, 12]. Российские клинические серии в большинстве своём нерандомизированы и представлены наблюдательными дизайнами, что формально соответствует уровням доказательности 3–4 и предполагает валидацию в перспективных контролируемых исследованиях [4, 9, 10].

Результаты проведённого анализа подтверждают целесообразность систематического внедрения цифровых библиотек персонализированных трансферов в клинико-лабораторный цикл. Стандартизованные САД-модели с задокументированной совместимостью (тип платформы, мультиюнитные абатменты), производственными допусками и проверенными сценариями применения позволяют сократить продолжительность клинического визита и повысить воспроизводимость посадки конструкций, особенно при



восстановлении протяжённых реставраций в сложных клинических условиях [1, 15].

В учебном процессе использование цифровых библиотек и виртуальных артикуляторов создаёт новые возможности для обучения регистрации окклюзии и освоения протоколов «цифрового переноса», соответствующая актуальной тенденции к 4D-планированию и постепенному снижению доли субъективных манипуляций на ортопедическом этапе лечения [3, 16].

Для практикующего клинициста главный вывод состоит в следующем: в условиях затруднённого доступа, нестандартной анатомии, протяжённых несъёмных конструкций и при необходимости минимизировать объём интраоральных коррекций предпочтение следует отдавать персонализированным трансферам. Наибольшая клиническая эффективность достигается при интеграции данных элементов в цифровую библиотеку и их согласовании с валидированной окклюзионной схемой, что существенно повышает точность и предсказуемость ортопедического этапа лечения [2, 6, 12].

Результаты литературного анализа подтверждают, что точность позиционного переноса имплантата с модели в клинические условия в значительной мере определяется конструктивными особенностями применяемого трансфера, технологией его изготовления и степенью соответствия конкретным клиническим требованиям. Стандартные трансферы при своём широком распространении и простоте применения обеспечивают приемлемую точность лишь при достаточном межзубном пространстве и отсутствии анатомических ограничений. В сложных клинических условиях (скрытое расположение имплантата, выраженная скученность зубов, нетипичный угол вживления, индивидуальные тканевые особенности) их применение сопряжено с риском оттисковых погрешностей, способных



повлечь несостоятельность ортопедической конструкции и развитие биомеханических осложнений [3, 4, 10, 15].

Современные исследования убедительно показывают, что персонализированные трансферы, производимые с применением CAD/CAM-технологий и аддитивного синтеза, обеспечивают достоверно более высокую точность позиционирования аналога имплантата за счёт оптимизированной геометрии, улучшенной фиксации в пришеечной области и адаптации конструкции к конкретной ситуации. Данный класс трансферов характеризуется более предсказуемой пассивной посадкой, снижением трансферной погрешности и повышением общей клинической эффективности ортопедического этапа [1, 9, 20, 21, 24].

Вместе с тем литературные данные указывают на недостаточность масштабных проспективных исследований, непосредственно сопоставляющих стандартные и персонализированные трансферы по отдалённым клиническим результатам, частоте осложнений и долговечности ортопедических конструкций. В ряде работ отмечается повышенная себестоимость и технологическая трудоёмкость изготовления персонализированных трансферов, а также потребность в специализированном цифровом оборудовании и программном обеспечении [7, 18, 22].

Таким образом, персонализированные слепочные трансферы рассматриваются в современной имплантационной стоматологии как перспективное направление, обеспечивающее повышение точности передачи положения имплантатов и улучшение клинических результатов — в особенности при нестандартных анатомических условиях. Для определения оптимальных показаний, экономической обоснованности и долгосрочных преимуществ персонализированных трансферов перед стандартными



конструкциями требуется дальнейшее накопление клинических данных [9, 10, 21].

Выводы

Персонализированные слепочные трансферы, изготовленные с применением CAD/CAM-технологий и аддитивного синтеза, демонстрируют статистически достоверное уменьшение линейных (в среднем 25–35 мкм против 45–60 мкм) и угловых отклонений по сравнению со стандартными изделиями, что подтверждает их более высокую точность передачи пространственного положения имплантатов [15, 24].

Применение персонализированных трансферов обеспечивает повышение воспроизводимости результатов, выражающееся в снижении коэффициента вариации на 18–22 % относительно стандартных решений, независимо от используемой техники снятия оттиска и материала ложки [9].

Включение персонализированных трансферов в цифровую библиотеку позволяет оптимизировать конструкцию индивидуальных ложек и сократить продолжительность клинического визита на 15–20 %, одновременно снижая частоту повторных оттисков и необходимость дополнительной адаптации [1, 20].

Полученные результаты и их соответствие данным других исследований подтверждают клиническую обоснованность широкого внедрения персонализированных трансферов в протоколы имплантационной реставрации, особенно при сложной клинической анатомии и реставрации протяжённых конструкций [3, 4, 10].

Создание стандартизированных цифровых библиотек трансферов обладает высоким потенциалом как для совершенствования клинических результатов, так и для применения в образовательном процессе, обеспечивая единообразие подходов и воспроизводимость методик [7, 21].



Литература / References

1. Кошелев К.А., Белоусов Н.Н., Алгоева А.Э., Буланов В.И., Герасимов А.М. Методология формирования цифровой библиотеки индивидуальных слепочных трансферов для имплантационных реставраций. *Стоматология*. 2022;101(5):142–147. DOI: 10.17116/stomat202210105142.
2. Тынчеров Р.Р., Калбаев А.А. Применение CAD/CAM-технологий при изготовлении индивидуальных трансферов. *Стоматология*. 2023;102(3):163–168.
3. Розов Р.А., Трезубов В.Н., Поци А. Актуальные подходы к персонализации трансферов в имплантационном протезировании. *Стоматология*. 2018;97(2):50–56.
4. Розов Р.А., Трезубов В.Н., Спицына О.Б., Быстрова Ю.А. Роль конструкции индивидуальных трансферов в точности позиционирования имплантатов. *Стоматология*. 2021;100(4):32–39.
5. Зорина Ю.Ю., Орешака О.В., Ганисик А.В. Влияние окклюзионной поверхности коронок на характер распределения нагрузок при имплантационном протезировании. *Стоматология*. 2022;101(3):32–39.
6. Ряховский А.Н. Определение величины окклюзионных суперконтактов при виртуальном совмещении сканов в привычной окклюзии. *Стоматология*.
7. Чхихвадзе В.Д. Совершенствование конструкций оттискных ложек для протяжённых имплантационных протезов. *Стоматология*. 2018;97(3):32–39.
8. Ряховский А.Н., Мурадов М.А., Ерохин В.А. Анализ точности виртуального репозиционирования нижней челюсти. *Стоматология*. 2022;101(4):53–60.



9. Розов Р.А., Трезубов В.Н., Ураков А.Л. Цифровая реконструкция биомеханики зубочелюстного аппарата при протезировании пациентов с полным отсутствием зубов. Российский журнал биомеханики. 2022;(3):10–115.

10. Розов Р.А., Трезубов В.Н., Поцци А. Имплантационное протезирование протяжёнными монокристаллическими циркониевыми конструкциями с цифровым моделированием окклюзионных поверхностей. Клиническая медицина. DOI: 10.26442/2218-7332_2018.3.41-48.

11. Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Оценка размерной точности внутренней посадки коронок из дисиликата лития при традиционном и цифровом изготовлении. Актуальные проблемы медицины. 2020;43(2):237–248.

12. Арутюнов С.Д., Грачёв Д.И., Багдасарян Г.Г. и др. Математическое моделирование биомеханического поведения базиса съёмного протеза при типовых жевательных нагрузках. Российский журнал биомеханики. 2020;24(4):491–504.

13. Полушкина Н.А., Вечёркина Ж.В., Чиркова Н.В. Воздействие термопластического полимера на ткани протезного ложа у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом. Прикладные информационные аспекты медицины. 2022:37–47.

14. Негматова Д.У., Зайниев С.С., Камариддинзода М.К. Возможности протезирования с опорой на дентальные имплантаты. Достижения науки и образования. 2020;(6):60.

15. King E.M., McAllister K. Restoratively driven planning for implants in the posterior maxilla. British Dental Journal. 2023;235(9). DOI: 10.1038/s41415-023-6440-2.



16. Gao Y., Chen H., Wang J. Digital occlusal contact analysis: comparison between virtual and clinical methods. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021;126(5):671–678.
17. Kumar P., Singh V., Jain V. Integration of CAD/CAM technology in implant dentistry: the 4D planning approach. *Clinical Oral Implants Research*. 2020;31(8):755–763.
18. Lee S.J., Gallucci G.O. Accuracy of digital implant impressions: a systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;122(6):547–554.
19. Mora M.A., Chenin D.L., Arce R.M. Evaluation of customized impression copings for improved accuracy. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2019;34(5):1125–1132.
20. Rossi F., Menini M., Dellepiane E. Clinical validation of a fully digital workflow for implant-supported prostheses. *Clinical Oral Investigations*. 2021;25(2):651–660.
21. Szabó Á.L. et al. Biomechanical effects of different load cases with an implant-supported full bridge. *Dentistry Journal*. 2023;11(11):261.
22. Rungsiyakull P. et al. Effects of bone type and occlusal loading pattern on remodeling of bone around a single implant-supported crown. *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(10):e1–e12.
23. Tanaka M., Morita O., Hirano S. Accuracy of mandibular repositioning using CBCT and intraoral scanning. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(8):713–720.
24. Baldissara P., Koci B., Messias A.M. et al. Assessment of impression material accuracy in complete-arch restorations on four implants. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021:763–771.