

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Председатель Научно-технического совета  
при Министерстве здравоохранения**

\_\_\_\_\_ **Ш.К. Агаджанов**

**« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.**

**Мирхусанова Раъно Сергей кизи**

**ТРЕХМЕРНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ  
АУГМЕНТАЦИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ОБЛАСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ  
ИМПЛАНТАТОВ  
(Монография)**

**Ташкент 2026**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Мирхусанова Раъно Сергей кизи**

**ТРЕХМЕРНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ  
АУГМЕНТАЦИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ОБЛАСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ  
ИМПЛАНТАТОВ  
(Монография)**

**Ташкент-2026**

**УДК: 616.314-089.843:311.2-615.849.19**

**ББК:**

**Автор:**

**Мирхусанова Р.С.**

доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии Ташкентского государственного медицинского университета, PhD

**Рецензенты:**

**Шомуродов К.Э.**

заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии Ташкентского государственного медицинского университета, DSc, профессор

**Шаева Р.Г.**

доцент кафедры хирургической стоматологии Бухарского государственного медицинского института имени Абу Али ибн Сино, DSc

В монографии рассматривается проблема трёхмерного морфометрического анализа результатов аугментации мягких тканей вокруг дентальных имплантатов. Представлены результаты изучения динамики ремоделирования мягких тканей в долгосрочной перспективе путём комплексного научного подхода, объединяющего цифровую морфометрию, продольный статистический анализ и биомеханическую интерпретацию полученных данных. Монография ориентирована на широкий круг врачей-хирургов-стоматологов, дентальных имплантологов, стоматологов-ортопедов, а также для студентов, магистров и клинических ординаторов направлений “Дентальная имплантология”, “Хирургическая стоматология”.

Монография рассмотрена на заседании Ученого Совета Ташкентского государственного медицинского университета (протокол №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 года).

**ISBN:**

**© Изд-во**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
<b>Глава I. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЗНАЧЕНИИ ПАРАМЕТРОВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ВОКРУГ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ</b>	12
1.1 Взаимосвязь параметров окружающих мягких тканей и долгосрочных результатов дентальной имплантации	12
1.2 Разновидности способов мягкотканной аугментации и методы оценки их эффективности	22
1.3. Трёхмерный морфометрический анализ: теория и развитие методологии	32
<b>ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	35
2.1 Дизайн исследования и общая характеристика клинического материала	35
2.2 Метод сбора и обработки цифровых данных	39
2.3 Трёхмерный морфометрический анализ	42
2.4 Методы статистической обработки данных	49
<b>ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЁХМЕРНОГО МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ ДОСТИГНУТОГО ОБЪЁМА МЯГКИХ ТКАНЕЙ ОКОЛОИМПЛАНТАТНОЙ ЗОНЫ</b>	55
3.1 Результаты изучения динамики изменения параметров мягких тканей в области дентальных имплантатов	55
3.2 Влияние параметров и ошибок интраорального сканирования на воспроизводимость мягких тканей	62

<b>ГЛАВА IV. БИОМЕХАНИКА И ПРЕДИКТОРЫ</b>	<b>71</b>
<b>СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В</b>	
<b>ОБЛАСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ</b>	
4.1 Принципы биомеханики мягких тканей околоимплантатной зоны	71
4.2 ROC-анализ прогноза стабильности периимплантных мягких тканей	78
4.3 Клиническая прогностическая модель стабильности периимплантных мягких тканей	83
4.4 Влияние клинических и морфологических факторов на стабильность мягких тканей околоимплантатной зоны	87
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>93</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>104</b>

## СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВСТ	-	высота супракрестальной ткани
ПКД	-	прикрепленная кератинизированная десна
ПП	-	профиль прорезывания
СДТ	-	свободный десневой трансплантат
СТТ	-	свободный соединительнотканый трансплантат
СЭТС	-	субэпителиальный трансплантат соединительной ткани
УП	-	угол прорезывания
ICC	-	intraclass correlation coefficient
ROI	-	region of interest
STL	-	stereolithography

## ВВЕДЕНИЕ

Современная дентальная имплантология ориентирована не только на достижение остеоинтеграции и функциональной стабильности имплантатов, но и на обеспечение долгосрочной морфологической и эстетической стабильности периимплантных мягких тканей. Контур и объём мягких тканей в значительной степени определяют эстетический результат, биологическую стабильность, устойчивость к воспалительным процессам и долгосрочный прогноз имплантационного лечения.

Недостаточный объём и толщина периимплантных мягких тканей ассоциированы с повышенным риском рецессии, нарушением слизисто-десневого контура, ухудшением гигиены и повышенной восприимчивостью к периимплантным воспалительным осложнениям. При наличии минимальной зоны кератинизированных тканей установка имплантатов может привести к еще большему её уменьшению или полному устранению.

Мягкие ткани периимплантатной зоны состоят из кератинизированного эпителия полости рта, бороздчатого и соединительного эпителия, а также нижележащей соединительной ткани. Роль наличия достаточной ширины ПКД вокруг дентальных имплантатов довольно хорошо исследована. Более высокие значения рецессии слизистой оболочки коррелируют с недостаточной шириной ПКД. Ороговевший эпителий далее переходит в бороздчатый, а затем в соединительный эпителий, который, благодаря своей уникальной структурной и функциональной адаптации, играет решающую роль в поддержании здоровья тканей периимплантатной зоны, формируя линию защиты от бактериальной инвазии.

Отсутствие достаточного объёма прикреплённой кератинизированной десны является причиной чрезмерной подвижности мягких тканей вокруг имплантатов, образования глубоких карманов, гиперплазии десны, ведёт к образованию свищей, снижает сопротивляемость инфекции, затрудняет

проведение самостоятельной гигиены полости рта. Кроме того, некератинизированные ткани легче травмируются.

В связи с этим хирургическая аугментация мягких тканей (соединительнотканые трансплантаты, свободные десневые трансплантаты и альтернативные биоматериалы) стала неотъемлемой частью современной имплантологической практики.

По мнению Daniele Cardaropoli и Paolo Casentini (2017), на сегодняшний день наиболее эффективным методом реконструкции периимплантатной ороговевшей ткани является аутологичный эпителиально-соединительнотканый трансплантат, полученный из нёба. Техника трансплантации эпителиально-соединительной ткани, используемая с имплантатами, по существу идентична той, которая используется для естественных зубов, хотя существуют некоторые различия в отношении сроков, и, таким образом, существует возможность выполнения этой процедуры на разных этапах лечения.

Нёбо как донорский участок имеет очевидные недостатки, хотя дискомфорт пациента можно уменьшить, защитив донорский участок термоформованной пластиной. Коллагеновые матрицы открывают интересные перспективы для реконструкции периимплантационной ороговевшей ткани. Процедура, включающая введение коллагенового матрикса для увеличения ПКД, очень похожа на ту, которая используется для эпителиально-соединительнотканного трансплантата. В отличие от аутологичной ткани, наличие полосы ороговевшей ткани, какой бы незначительной она ни была (2 мм), по-видимому, имеет важное значение для гарантии успеха процедуры. Биологический механизм коллагенового матрикса, по-видимому, действует путем поддержания пространства, доступного для миграции эпителиальных клеток из окружающей ороговевшей слизистой оболочки. Предварительные результаты с коллагеновыми матрицами очень многообещающие; однако пока

нельзя утверждать, что эти биоматериалы могут полностью заменить аутологичные ткани.

Несмотря на широкое применение мягкотканной аугментации, остаются нерешёнными вопросы количественной оценки результатов и их долгосрочной стабильности. Традиционные клинические методы — измерение толщины тканей зондом, фотометрия, индексные системы — характеризуются ограниченной точностью, низкой воспроизводимостью и неспособностью отражать трёхмерные изменения мягкотканного профиля.

Развитие цифровых технологий, в частности интраорального сканирования и трёхмерной морфометрии, открыло новые возможности объективной количественной оценки изменений мягких тканей. Трёхмерный анализ позволяет измерять объёмные, линейные и поверхностные изменения, оценивать динамику ремоделирования тканей, а также выявлять факторы, влияющие на стабильность мягкотканного контура.

Однако до настоящего времени отсутствует систематизированная методология трёхмерного морфометрического анализа мягких тканей околоимплантатной зоны, стандартизированные параметры оценки и научно обоснованные критерии интерпретации полученных данных, что определяет актуальность настоящего исследования.

В последние годы значительно возрос интерес к оценке периимплантных мягких тканей. Многочисленные клинические исследования подтвердили важность толщины мягких тканей, ширины кератинизированной слизистой и мягкотканного контура для долгосрочной стабильности имплантатов.

Традиционные методы оценки включают клинические измерения (обычно применяется пародонтальный зонд, эндодонтический файл №15 и др.), фотометрический анализ, индекс эстетики (PES), ультразвуковую диагностику и конусно-лучевую томографию. Реже используется ультразвуковая диагностика с эластографией. Однако данные методы в основном предоставляют двухмерную

или ограниченно количественную информацию и не позволяют полноценно оценивать объёмные изменения тканей в динамике.

С внедрением цифровых технологий появились исследования, использующие трёхмерное совмещение цифровых моделей для анализа мягких тканей. Показано, что трёхмерная морфометрия обеспечивает высокую точность и воспроизводимость измерений, однако существующие работы носят фрагментарный характер, используют различные протоколы и не формируют единой концепции анализа.

Трёхмерный морфометрический анализ на основе цифровых моделей позволяет объективно, воспроизводимо и более чувствительно, чем традиционные методы, оценивать изменения периимплантных мягких тканей после аугментации и выявлять факторы, определяющие долгосрочную стабильность мягкотканного контура. Также данный метод исследования имеет достаточно большой потенциал для автоматизированного вычисления параметров, что исключает возможные ошибки, связанные с человеческим фактором.

Таким образом, несмотря на накопленный клинический опыт, отсутствует комплексный научный подход к трёхмерной количественной оценке результатов мягкотканной аугментации, что требует систематизации методологии и разработки стандартизированных морфометрических критериев.

Противоречиями и нерешёнными вопросами в данной сфере являются:

- Отсутствие стандартизированной методики трёхмерного анализа мягких тканей
- Ограниченная точность традиционных клинических измерений
- Недостаточная изученность динамики ремоделирования мягких тканей
- Отсутствие количественных критериев стабильности мягкотканного контура

- Неопределённость влияния клинических факторов на морфометрические исходы.

Целью исследования была разработка и научное обоснование методологии трёхмерного морфометрического анализа для количественной оценки изменений периимплантных мягких тканей после аугментации и определение факторов, влияющих на стабильность и предсказуемость полученных результатов.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЗНАЧЕНИИ ПАРАМЕТРОВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ВОКРУГ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

## 1.1. Взаимосвязь параметров окружающих мягких тканей и долгосрочных результатов дентальной имплантации.

Как известно, мягкие ткани полости рта являются своеобразным защитным барьером от внешней среды и патогенных микроорганизмов. Одним из спорных вопросов современной имплантологии является влияние объёма кератинизированной десны на результат дентальной имплантации. При обсуждении вопросов роли ПКД для поддержания здоровья периимплантатной зоны клиницисты и исследователи ссылаются на ряд параметров, которые необходимо учитывать: предотвращение рецессии, эстетика и возможность поддержания оптимального уровня гигиены [16, 35, 96, 102, 103, 124, 125].



Рис. 1. Прикреплённая десна и подвижная слизистая оболочка

Мягкие ткани периимплантатной зоны состоят из кератинизированного эпителия полости рта, бороздчатого и соединительного эпителия, а также нижележащей соединительной ткани (Рис. 1). Роль наличия достаточной ширины ПКД вокруг дентальных имплантатов довольно хорошо исследована. Более высокие значения рецессии слизистой оболочки коррелируют с недостаточной шириной ПКД [16, 46, 48, 73, 74, 78, 85, 102]. Ороговевший эпителий далее переходит в бороздчатый, а затем в соединительный эпителий, который, благодаря своей уникальной структурной и функциональной адаптации, играет решающую роль в поддержании здоровья тканей периимплантатной зоны, формируя линию защиты от бактериальной инвазии.

Кроме того, на архитектуру тканей вокруг имплантата может влиять и дизайн профиля прорезывания (ПП) ортопедической конструкции [54, 55, 59, 63, 70, 111]. Были выделены зоны формирования ПП с целью описать их важность для формирования тканей околоимплантатной зоны и достижения высоких эстетических результатов [116].

Среди эстетических критериев следует учитывать контур десневого сосочка, фестончатость десневого края и толщину мягких тканей щеки [54, 58, 73, 78, 90, 103]. Кроме того, структура мягких тканей может способствовать предотвращению воспалительных процессов [35, 108]. Риск развития воспаления тканей околоимплантатной зоны зависит не только от адекватного профиля прорезывания, но и от правильного формирования угла прорезывания (УП) [48, 55, 70, 76].

УП представляется как угол между средней касательной переходного контура относительно длинной оси зуба [53]. Katafuchi M. и соавт. (2018) утверждают, что УП не должен превышать  $30^\circ$ , чтобы сохранить оптимальное состояние мягких тканей в переходной зоне [76]. С другой стороны, в трёхлетнем наблюдении Lops D. и соавт. (2022) не обнаружили прямой зависимости между уровнем маргинальной костной резорбции и УП [90]. Более того, ограниченные

данные о корреляции вышеупомянутых данных были выделены в критическом обзоре Mattheos N. и соавт. [48, 92].

Многочисленные исследования определили, что частота возникновения периимплантита значительно возрастает при величине угла профиля прорезывания более чем 30°. Касательно ПП рекомендовано формировать его прямым или вогнутым, т.к. выпуклый профиль также является одним фактором риска развития периимплантатной патологии [40, 55, 124, 126]. Но результаты исследования Lops D. и соавт. (2022) указывают на то, что стабильность мягких тканей вокруг имплантата, по-видимому, не зависит от самого угла прорезывания, когда обеспечивается правильный ПП конструкций, даже если этот параметр превышает 30° [59, 89, 103].

Согласно Bassetti R.G. (2016) существуют некоторые различия между слизистой оболочкой вокруг имплантатов и десной вокруг зубов, которые следует учитывать при протезировании на дентальные имплантаты (Рис. 2):

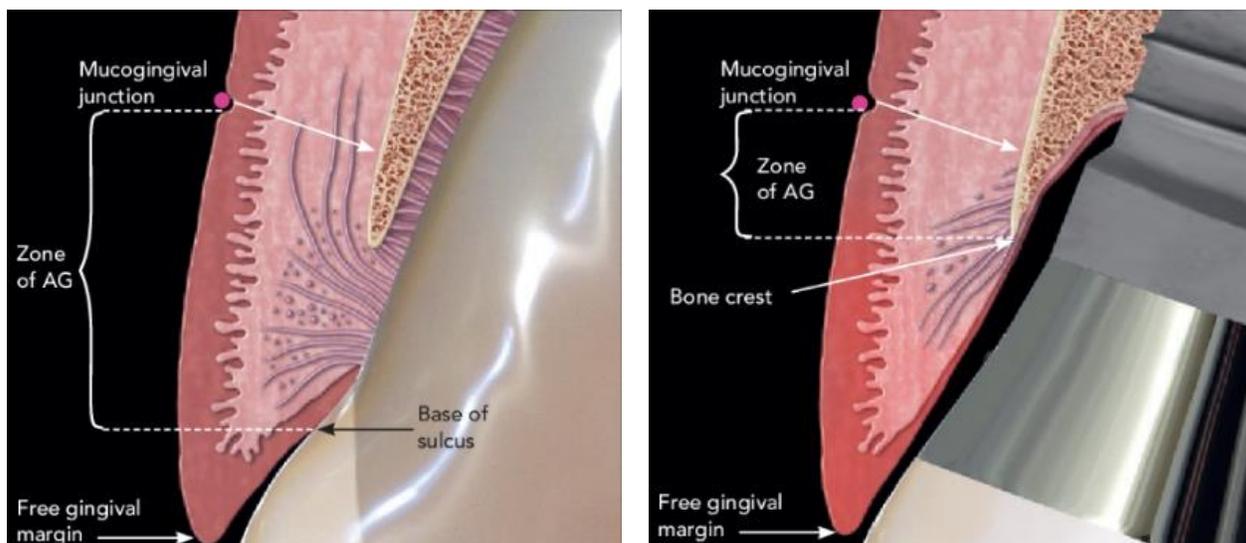
1. Волокна соединительной ткани проходят параллельно поверхности имплантата или абатмента, но не прикрепляются к имплантату, в то время как периодонтальные волокна проходят перпендикулярно поверхности корня и внедряются в цемент.

2. Кровоснабжение мягких тканей околоимплантатной зоны осуществляется преимущественно за счёт надкостничных сосудов и сосудистой сети окружающей слизистой оболочки. В отличие от пародонта естественного зуба, периимплантная слизистая лишена сосудистого вклада периодонтальной связки, что приводит к сниженной васкуляризации и более выраженной зависимости стабильности тканей от их толщины и объёма. Недостаточная васкуляризация может способствовать замедлению процессов репарации, повышенной резорбции трансплантата и более выраженному ремоделированию мягких тканей в раннем послеоперационном периоде. Напротив, хорошо

васкуляризированные ткани демонстрируют более стабильное заживление и меньшую степень постоперационной контракции.

3. Проницаемость соединительного эпителия вокруг имплантатов больше, чем вокруг зубов.

4. В периимплантатной соединительной ткани содержится меньше фибробластов и большее количество коллагеновых волокон.

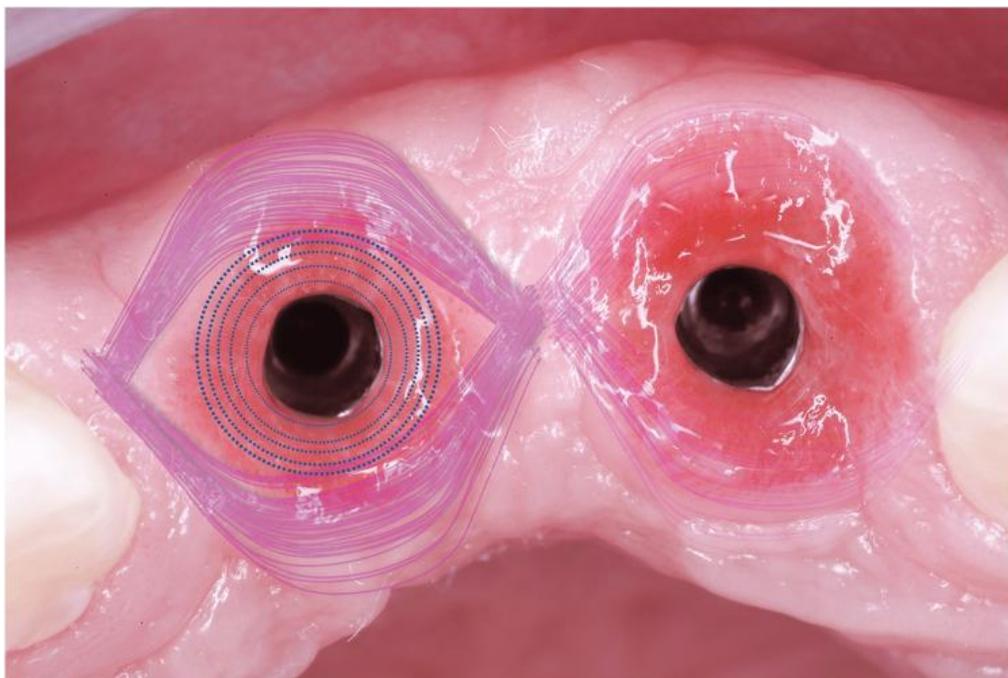


**Рис. 2. Кость и мягкие ткани вокруг интактного зуба и дентального имплантата**

5. Наличие неэластичных коллагеновых волокон в соединительной ткани, является определяющим фактором существования кератинизированных тканей (Рис. 3). Поскольку большинство волокон в пространстве периодонтальной связки неэластичны, вокруг зубов, даже после их полного хирургического удаления, в большинстве случаев образуется узкая полоска десны. Зубные имплантаты могут быть окружены ПКД, а также подвижной слизистой альвеолярного отростка [37, 59, 73, 78, 124].

Мягкие ткани околоимплантатной зоны характеризуются специфической иммунобиологической реактивностью, отличающейся от таковой в пародонте

естественного зуба. Отсутствие периодонтальной связки и иная организация сосудистой сети обуславливают особенности клеточного состава и иммунного ответа. В соединительнотканном компоненте периимплантной слизистой выявляется более высокая плотность коллагеновых волокон и относительно меньшая васкуляризация, что влияет на характер воспалительной реакции и репаративных процессов.



**Рис. 3. Ориентация коллагеновых волокон вокруг дентальных имплантатов**

В условиях бактериальной колонизации периимплантная слизистая реагирует активацией врождённого иммунитета с участием нейтрофилов, макрофагов и провоспалительных цитокинов. Показано, что при недостаточной толщине мягких тканей воспалительный инфильтрат распространяется глубже и быстрее достигает костной ткани, что может способствовать развитию периимплантных воспалительных осложнений. Таким образом,

морфологические характеристики мягких тканей оказывают прямое влияние на иммунную устойчивость периимплантного комплекса.

Прикрепленная кератинизированная десна противостоит инвазии патогенных микроорганизмов, защищает от механических травм, выдерживает определенный объем жевательной и окклюзионной нагрузки, упрощает проведение индивидуальной гигиены полости рта. Обнаружено, что при тонком биотипе и недостаточном объеме ПКД достаточно высок риск развития воспалительных осложнений (мукозит, периимплантит) при неудовлетворительном уровне гигиене полости рта с последующей рецессией десны, что негативно отражается на состоянии дентальных имплантатов и значительно сокращает их срок службы, а также приводит к резорбции костной ткани [11, 35, 59, 102, 117].

Параметры прикрепленной кератинизированной десны варьируют и в основном обусловлены биотипом, и согласно исследованиям, являются генетически детерминированным признаком. При тонком биотипе слои шиповатых клеток менее выражены, в кровеносном русле преобладают тонкие и узкие артериолы и капилляры. При толстом биотипе слои шиповатых клеток более выраженные, просвет капилляров и артериол широкий. Клетки шиповатого слоя в значительной степени влияют на регенераторный и защитный потенциал эпителия, учитывая их хорошо развитые пучки тонофиламентов и кератиносомы в цитоплазме. Данная особенность в гистологическом строении влияет на результаты проведения целого ряда хирургических вмешательств в полости рта и обуславливает предпочтение десны с толстым биотипом в том числе при дентальной имплантации. Толстый биотип, напротив, обладает большей устойчивостью к механическим и воспалительным воздействиям и демонстрирует более благоприятные морфометрические исходы после аугментации. Исследования показывают, что при тонком биотипе наблюдается более выраженная потеря объема трансплантата и более высокая вариабельность

морфометрических параметров. Это подтверждает необходимость индивидуализации хирургической тактики с учётом морфологических особенностей мягких тканей [47, 73, 87, 124].

В то время как ряд исследователей показали, что недостаточная ширина прикреплённой кератинизированной десны вокруг дентальных имплантатов коррелирует с более интенсивным накоплением зубного налёта, воспалением тканей, рецессией слизистой оболочки и/или потерей прикрепления, другие исследователи демонстрировали противоречивые результаты. Последние данные свидетельствуют о том, что зоны с дефицитом ПКД (<2 мм), вероятность дискомфорта и неоптимальный контроль формирования налёта увеличиваются наряду с вероятностью развития маргинальной деструкцией костной ткани и кровотечения при зондировании. В ходе перекрестного исследования было обнаружено, что недостаточная ширина ПКД является фактором риска периимплантита и мукозита. В соответствии с этим выводом Шварц и др. пришли к выводу, что ПКД играет решающую роль в профилактике и прогнозе течения периимплантита и мукозита. Было показано, что наличие ПКД толщиной не менее 2 мм действует как защитный фактор от воспалительных заболеваний [64, 73, 97, 101, 118].

Недостаточная ширина кератинизированной десны требует коррекции путём дополнительного хирургического вмешательства, сопряжённого с дискомфортом и стрессом, а также с увеличением продолжительности и общей стоимости протезирования пациентов несъёмными протезами с опорой на дентальные имплантаты [4, 30, 78, 87].

Согласно Thoma D.S. и соавт. (2021) эффективность операций по увеличению мягких тканей хорошо задокументирована, что приводит, в зависимости от процедуры, к увеличению ороговевшей ткани в диапазоне от  $1,15 \pm 0,81$  мм до  $2,57 \pm 0,50$  мм и увеличению толщины слизистой оболочки в диапазоне от 0,76 до 1,13 мм [85, 118, 119].

Rossuzzo M. и соавт. (2015) в течение 10-летнего проспективного исследования обнаружили, что с отсутствием ПКД около дентальных имплантатов было связано более высокое накопление налёта, большая степень рецессии мягких тканей и большое количество участков, требующих дополнительного хирургического вмешательства и/или антибиотикотерапии [105].

Противоречивые результаты были получены по итогам исследования Bonino F. и соавт. (2018), которые не обнаружили связи между ощущением дискомфорта, рецессией мягких тканей (через полгода после фиксации конструкции) и недостаточной шириной ПКД. Но авторы также отметили небольшой объём выборки и то, что удовлетворённость результатом лечения касательно эстетики была выше у пациентов с достаточной шириной ПКД [25, 41].

Более ранние клинические данные свидетельствуют о том, что отсутствие ПКД может не иметь решающего значения для поддержания здоровья мягких тканей после имплантации и не быть причиной большей потери костного объёма или что, даже при наличии достаточной ширины ПКД может возникнуть периимплантит. Напротив, более поздние клинические исследования показали, что более широкая зона ПКД способствует стабильности окружающих тканей и долгой службе дентальных имплантатов; а также было обнаружено, что отсутствие ПКД может привести к ухудшению гигиены полости рта и большей рецессии мягких тканей [45, 59, 73, 107, 112].

При наличии минимальной зоны кератинизированных тканей установка имплантатов может привести к еще большему её уменьшению или полному устранению. Отсутствие прикреплённой кератинизированной десны сопряжено с чрезмерной мобильностью мягких тканей вокруг дентальных имплантатов, образованием патологических карманов, гиперплазией десны, приводит к образованию свищей, снижению уровня сопротивляемости инфекциям, в

значительной степени затрудняет гигиену полости рта. Кроме того, некератинизированные ткани легче травмируются [25, 29, 32, 124].

Согласно Lang и Loe, ширина прикрепленной кератинизированной десны больше 2 мм является оптимальным условием для долговременного сохранения стабильности и здоровья дентального имплантата. Наличие плотного соединительнотканного кольца в области имплантации является неременным условием для надежного отграничения имплантата от микрофлоры полости рта, что обеспечивает долгосрочное функционирование имплантатов.

Биологическая ширина десны у имплантата составляет 3,3–4 мм. Согласно данным Т. Berglundh (1996), необходимые значения зоны прикрепленной кератинизированной десны на момент раскрытия имплантата 2 мм по толщине десны и 3 мм по ширине. Толщина слизистой оболочки также играет важную роль в успехе имплантационного лечения и непосредственно влияет на его долгосрочные результаты. Более толстый фенотип десны также может обеспечить большую стабильность края слизистой оболочки, чем тонкий, что имеет основополагающее значение для предотвращения рецессии. Систематический обзор Thoma D. И соавт. (2018) показал, что достаточная толщина слизистой оболочки может также способствовать большей стабильности уровня межпроксимальной маргинальной кости.

Основываясь на классическом исследовании Berglundh Т. и Lindhe J. (1996), толщина мягких тканей была принята как один из критических факторов, влияющих на краевую потерю костной массы после имплантации. В серии исследований Линкявичюса Т. и соавт. (2018) было продемонстрировано, что тонкая слизистая оболочка вокруг дентальных имплантатов, измеряемая от костного гребня в апикально-корональном направлении, также называемая высотой супракрестальной ткани (ВСТ), связана с большей краевой потерей костной массы, по сравнению с толстым фенотипом десны. Также было продемонстрировано, что увеличение ВСТ путём аугментации мягких тканей

является эффективной стратегией минимизации потери костной массы после имплантации. Связь между тонким фенотипом и более высокой потерей костной ткани, по-видимому, особенно характерна для имплантатов, устанавливаемых на уровне костного гребня [9, 39, 68, 86, 119, 130, 120].

Zigdon H. и Machtei E. (2008) продемонстрировали значительную разницу как в клинических, так и в иммунологических параметрах имплантатов с толстым биотипом десны околоимплантатной зоны по сравнению с тонким. Было обнаружено, что у ПКД толщиной больше 1 мм сопротивление рецессии в 2 раза лучше, чем при толщине менее 1 мм. Также было доказано влияние данного параметра на интенсивность рецессии тканей периимплантатной зоны: при ПКД толщиной 1 мм и более уровень рецессии был в 3 раза меньше, чем при толщине менее 1 мм. [8, 47, 127]. Nisapakultorn K. и соавт. (2010), а также Souza O.M. и соавт. (2012) сообщили, что биотип десны околоимплантатной зоны не влияет на форму и степень восстановления сосочка, но утверждается, что тонкий биотип приводит к повышенному риску рецессии [58, 98, 114].

Согласно данным клинических исследований стабильность периимплантных мягких тканей определяется комплексом биологических, морфологических и механических факторов. Ключевыми параметрами являются: толщина мягких тканей, объём соединительнотканного компонента, ширина кератинизированной слизистой, биотип тканей, положение имплантата относительно костного гребня, уровень механического напряжения, степень васкуляризации тканей.

Клинические и морфометрические исследования показывают, что мягкие ткани толщиной более 2 мм обладают значительно большей устойчивостью к рецессии и ремоделированию. Наличие достаточной зоны кератинизированной слизистой улучшает гигиенические условия и снижает риск воспалительных изменений, что косвенно способствует стабилизации мягкотканного контура.

## **1.2. Разновидности способов мягкой тканевой аугментации и методы оценки их эффективности.**

Хирургическая аугментация мягких тканей направлена на создание благоприятных морфологических условий для формирования стабильного периимплантного комплекса. Биологическим обоснованием аугментации является увеличение толщины соединительнотканного слоя, улучшение васкуляризации и формирование устойчивого слизисто-десневого контура. В настоящее время известны различные методы увеличения объёма мягких тканей в области дентальных имплантатов. В основном применяется пластика мягких тканей, при которой объём увеличивается за счёт смещения и переворачивания лоскутов различной формы и объёма. Довольно популярен метод трансплантации мягких тканей. Однако с функциональной точки зрения все еще не хватает научных доказательств того, приводит ли более толстые мягкие ткани вокруг имплантата к лучшему долгосрочному успеху и выживаемости зубных имплантатов [1, 23, 24, 42, 57, 61, 83].

Для увеличения объёма мягких тканей вокруг дентальных имплантатов можно использовать следующие группы методов:

1. Увеличение ширины ПКД методом апикально смещённого лоскута и/или вестибулопластики (со свободным десневым трансплантатом (СДТ) или аллогенным или ксеногенным трансплантационным материалом);

2. Увеличение объёма мягких тканей с помощью субэпителиального трансплантата соединительной ткани (СЭТС) или трансплантатов для замещения мягких тканей.

Классические процедуры увеличения ширины ПКД включают использование свободных десневых трансплантатов (СДТ), субэпителиальных соединительнотканых трансплантатов (СЭСТ) и различных типов валиков и лоскутов на ножках. В сочетании с зубными имплантатами были рекомендованы методы пластики для увеличения толщины мягких тканей одновременно с

установкой имплантатов или на этапе заживления имплантатов. Клинические исследования продемонстрировали успешность различных методов, что привело к большей гибкости в выборе материала для пластики мягких тканей, лучшим эстетическим результатам в отношении тканей, прилегающих к имплантату, поддержанию или даже улучшению краевой высоты слизистой оболочки и более высокому уровню сосочков [23, 40, 42, 54, 58, 61, 69, 110, 115].

Пластику мягких тканей для увеличения толщины и ширины зоны ПКД возможно проводить до установки дентального имплантата, перед или на этапе установки формирователя десны. Выбор времени проведения пластики зависит от конкретной клинической ситуации и существенно увеличивает продолжительность лечения. В настоящее время нет единого консенсуса по вопросу сроков проведения мягкотканной аугментации, а существующие исследования были проведены на очень малой выборке и продемонстрировали противоречивые результаты.

Ремоделирование мягких тканей после хирургической аугментации представляет собой динамический процесс, включающий сокращение трансплантата, перестройку коллагенового матрикса и адаптацию тканей к функциональной нагрузке. Морфометрические исследования показывают, что основная потеря объёма происходит в первые 8-12 недель, после чего наступает фаза относительной стабилизации. Степень ремоделирования зависит от биотипа, толщины тканей, типа трансплантата и уровня механического напряжения в зоне вмешательства.

Результаты пластики не всегда могут быть успешными, часто встречаются случаи отторжения трансплантата, эстетически неудовлетворительного заживления, появление разделительной границы, образование грубых рубцов и др. [42, 57, 65, 69, 81, 84, 122]

По мнению Daniele Cardaropoli и Paolo Casentini (2017), на сегодняшний день наиболее эффективным методом реконструкции периимплантатной

ороговевшей ткани является аутологичный эпителиально-соединительнотканый трансплантат, взятый из нёба. Техника трансплантации эпителиально-соединительной ткани, используемая с имплантатами, по существу идентична той, которая используется для естественных зубов, хотя существуют некоторые различия в отношении сроков, и, таким образом, существует возможность выполнения этой процедуры на разных этапах лечения. Нёбо как донорский участок имеет очевидные недостатки, хотя дискомфорт пациента можно уменьшить, защитив донорский участок термоформованной пластиной. Коллагеновые матрицы открывают интересные перспективы для реконструкции периимплантационной ороговевшей ткани. Процедура, включающая введение коллагенового матрикса для увеличения ПКД, очень похожа на ту, которая используется для эпителиально-соединительнотканого трансплантата. В отличие от аутологичной ткани, наличие полосы ороговевшей ткани, какой бы незначительной она ни была (2 мм), по-видимому, имеет важное значение для гарантии успеха процедуры. Биологический механизм коллагенового матрикса, по-видимому, действует путем поддержания пространства, доступного для миграции эпителиальных клеток из окружающей ороговевшей слизистой оболочки. Предварительные результаты с коллагеновыми матрицами очень многообещающие; однако пока нельзя утверждать, что эти биоматериалы могут полностью заменить аутологичные ткани [42, 44, 81, 84, 91, 100, 109].

При пластике СДТ так же актуален вопрос получения и вид аутоотрансплантата. Согласно Коэну Э.С. (2011) тонкие и средние по толщине аутоотрансплантаты (0,5-0,75 мм) обеспечивают хороший эстетический результат при применении для увеличения объёма ПКД. Тонкие аутоотрансплантаты имеют малое количество эластических волокон и по этой причине подвержены минимальной усадке. Но напротив, вторичная усадка у них выражена значительно и в среднем равна 25-45% [13, 80, 100, 128].

Слизисто-надкостничные трансплантаты бывают толщиной 1,25-2,0 мм. Зачастую их применение приводит к неудовлетворительному эстетическому результату – итог напоминает «заплатку». Данное явление обусловлено тем, что после пересадки трансплантат, полученный из определенной зоны, дублирует свой первоначальный фенотип. В основном забор ткани происходит с нёба, поэтому трансплантат после пересадки не соответствует соседним тканям по цвету и выглядит светлее, а текстура напоминает рельеф твердого неба. Величина первичной усадки таких толстых трансплантатов значительная и обусловлена большим количеством эластических волокон. При этом вторичная усадка практически отсутствует. Толщина трансплантата также влияет на увеличение продолжительности реваскуляризации, что затягивает процесс заживления операционной раны и приживание самого трансплантата [47, 57, 61, 83, 84, 100].

Наиболее частыми осложнениями свободной десневой аутоотрасплатации являются несоответствие размера полученного трансплантата участку вмешательства, перфорация трансплантата, неудовлетворительная фиксация трансплантата к реципиентной зоне, некроз трансплантата. Слишком большая толщина трансплантата, недостаточно плотное прилегание и фиксация трансплантата к реципиентной зоне, его неправильное позиционирование, нарушение кровоснабжения в реципиентной зоне различного генеза чаще всего приводят к полному или частичному некрозу трансплантата (Zucchelli G., 2014). При этом во избежание некроза рекомендовано применение десневого трансплантата более тонкого в зоне зубов и более толстого в зоне имплантации. Это объясняется тем, что в более толстом трансплантате микрососудистое русло сохраняется лучше, и такая ткань быстрее вовлекается в кровоснабжение, но процесс первичного этапа диффузии через кровяной сгусток протекает сложнее [11, 61, 100, 128]. Более толстый СДТ можно получить с нёба в зоне от второго

моляра до клыка, а также из ретромолярной области, в области бугра верхней челюсти или же в зоне адентии [6, 57, 65, 84, 122].

Преимуществом дезэпителизированного трансплантата является его расположение под лоскутом и кровоснабжение сразу из двух источников – надкостницы и покрывающего лоскута, что обуславливает высокую эффективность данного метода. Но существует вероятность значительной первичной усадки трансплантата из-за отсутствия эпителиального компонента, но при этом вторичная усадка за счёт наличия толстой собственной пластинки выражена меньше. Но данная методика недостаточно эффективна для коррекции зоны ПКД в случаях её отсутствия или малой ширине [61, 100].

В настоящее время известны различные техники раскрытия дентальных имплантатов (выполнение разреза для установки формирователей десны) с одномоментным увеличением уровня кератинизированной десны. Применение того или иного протокола зависит от конкретной клинической ситуации. При наличии вокруг дентального имплантата ПКД шириной не менее 1 мм и отсутствии необходимости наращивать профиль щёчного корня целесообразно применять так называемую «панч-технику» («punch technique») или технику циркулярного скальпеля. Суть данной техники заключается в выполнении в проекции заглушки разреза десны того же диаметра, что и диаметр имплантата. Для этого можно применять циркулярный скальпель, мукотом (роторный панч), одноразовый дерматологический панч [36, 57, 65].

При необходимости увеличения ширины ПКД со щёчной стороны дентального имплантата на верхней челюсти рекомендовано применение расширенного щёчного лоскута. Выполняются два вертикальных параллельных разреза длиной 3 мм начиная со щёчной слизистой по направлению к нёбу. Далее делается горизонтальный разрез в области нёба, соединяя оба вертикальных разреза. Осуществляется сепарация и перемещение лоскута в щёчную сторону, далее фиксируется одиночными узловыми швами, которые затягиваются вокруг

формирователя десны. Необходимо 12–24 недель для полного формирования тканей. Данная техника в основном выполняется на верхней челюсти, а на нижней – только в исключительных случаях.

При достаточной ширине ПКД и тонком биотипе слизистой оболочки необходимо увеличить толщину мягких тканей. В подобных случаях рекомендована техника скрученного лоскута, которая заключается в выполнении U-образного разреза на всю толщину тканей вокруг нёбного/язычного и апроксимальных краёв дентального имплантата. Далее данная область дезэпителизируется, отсепаровывается лоскут с язычной и нёбной стороны, а на щёчной стороне микро-скальпелем создаётся карман. Дезэпителизованная ножка скручивается и фиксируется швами внутри кармана. С целью сохранения объёма мягких тканей со щёчной стороны накладываются единичные швы вокруг формирователей десны.

При недостаточной ширине ПКД на нижней челюсти часто применяют технику презервации (сохранения) тканей. Данный способ заключается в рассечении узкой полосы ПКД пополам и сепарации лоскутов со щёчной и язычной сторон. Далее лоскуты перемещают апикально на 2–3 мм от краёв имплантата. Обнажённую соединительнотканную поверхность покрывают коллагеновой лентой. При заживлении наблюдается образование грануляций и кератинизация промежуточной соединительной ткани, для чего необходимо достаточно долгое время (12–24 недели).

В случаях, где требуется значительное увеличение ткани, применяется СТТ, который чаще всего берётся с неба или бугристости верхней челюсти. СТТ при этом помещается под частичный или полнослойный щечный лоскут или мешочек. Трансплантат фиксируется внутренними периостальными или матрацными швами [36, 57, 65].

Следует отметить, что Булановым С.И. и соавт. (2023) был разработан способ формирования стабильной буферной зоны из мягких тканей при

отсроченной установке формирователя десны с использованием навигационного шаблона. Способ заключается в заборе СТТ с одновременным формированием доступа к заглушке дентального имплантата по предварительно изготовленному шаблону. После иссечения эпителиального слоя СТТ адаптируется в реципиентной зоне с помощью одиночного П-образного шва, далее заглушка заменяется на формирователь десны [19].

В зависимости от локализации (верхняя челюсть, нижняя челюсть, передняя или боковая область челюсти) и клинической ситуации (параметры ПКД и/или объем мягких тканей) могут применяться различные методы пластики. Из-за наличия обширного участка ПКД и соединительной ткани на нёбе, апикально расположенный лоскут расщеплённый по толщине (АРЛРТ) для увеличения ПКД и скрученный подвёрнутый лоскут для увеличения объема мягких тканей со щёчной стороны дентального имплантата являются эффективными и минимально инвазивными методами пластики на верхней челюсти. Если есть необходимость в увеличении как ПКД, так и объема мягких тканей верхней челюсти, хорошим вариантом может быть комбинация АРЛРТ и СЭСТ, взятого с неба. На нижней челюсти для достижения оптимальных параметров ПКД рекомендовано применение АРЛРТ с вестибулопластикой в сочетании со СДТ или ксеногенным трансплантационным материалом (КТМ). СДТ по-прежнему остается золотым стандартом, особенно в отношении показателей скорости послеоперационной усадки [37, 61, 65].

Оценка состояния периимплантных мягких тканей является важным этапом клинического мониторинга имплантационного лечения. Морфологические параметры мягких тканей – толщина, объём, контур, уровень маргинальной слизистой и ширина кератинизированной ткани – оказывают существенное влияние на биологическую стабильность, эстетический результат и долгосрочный прогноз имплантатов.

В клинической практике традиционно применяются различные методы оценки мягких тканей, однако их точность и воспроизводимость существенно варьируют. В последние годы возрастает необходимость разработки объективных, количественных и воспроизводимых методов анализа, способных отражать трёхмерные изменения мягкотканного профиля.

Классические клинические параметры включают: толщину мягких тканей, ширину кератинизированной слизистой, уровень маргинальной слизистой, глубину зондирования, индекс розовой эстетики (Pink Esthetic Score, PES), визуальную оценку контура мягких тканей.

Измерение толщины мягких тканей обычно выполняется с использованием пародонтального зонда или инвазивных методов (транскутанная пункция), что сопровождается ограниченной точностью и высокой оператор-зависимостью. Ширина кератинизированной слизистой определяется клинически, однако не отражает объёмные изменения тканей.

Индекс PES позволяет оценивать эстетический результат, однако носит субъективный характер и не обеспечивает количественного анализа морфологических изменений. Таким образом, традиционные клинические методы имеют ограниченную информативность и не позволяют полноценно оценивать динамику мягкотканного ремоделирования.

В традиционной клинической практике мягкие ткани околоимплантатной зоны исследуются посредством следующих методов:

1. Фотометрический и 2D-анализ. Фотометрические методы широко используются для оценки эстетики и контура мягких тканей. Цифровая фотография позволяет анализировать положение маргинальной слизистой, симметрию десневого контура и форму межзубных сосочков. Однако фотометрический анализ ограничен двумерной проекцией и не отражает объёмные изменения мягких тканей. Кроме

того, результаты зависят от стандартизации условий съёмки, угла камеры и освещения, что снижает воспроизводимость измерений.

2. Ультразвуковое исследование позволяет неинвазивно измерять толщину мягких тканей и оценивать их внутреннюю структуру. Современные высокочастотные датчики обеспечивают относительно высокую точность измерений и позволяют визуализировать границу между эпителиальным и соединительнотканым слоями. Тем не менее ультразвук не позволяет оценивать объёмные изменения мягких тканей и имеет ограниченное пространственное разрешение. Кроме того, результаты зависят от позиционирования датчика и навыков оператора.
3. КЛКТ широко используется для оценки костных структур, однако её применение для анализа мягких тканей ограничено низкой контрастностью мягкотканых компонентов. Несмотря на возможность приблизительной оценки толщины слизистой, КЛКТ не обеспечивает точного трёхмерного анализа мягкотканного профиля и не позволяет количественно оценивать изменения объёма тканей.

Анализ существующих методов показывает ряд существенных ограничений: отсутствие трёхмерной количественной оценки, высокая оператор-зависимость, ограниченная воспроизводимость, невозможность анализа динамики объёмных изменений, субъективность эстетических индексов, низкая чувствительность к малым морфологическим изменениям. Эти ограничения затрудняют объективную оценку эффективности мягкотканной аугментации и прогнозирование стабильности мягкотканного профиля.

С развитием цифровых технологий в дентальной имплантологии появились новые методы объективной оценки морфологических изменений мягких тканей. Интраоральное сканирование и трёхмерное сопоставление цифровых моделей позволяют количественно анализировать объём, толщину и контур мягких тканей с высокой точностью и воспроизводимостью. Цифровые

методы обеспечивают: неинвазивность измерений, высокую точность, воспроизводимость результатов, возможность продольного анализа, количественную оценку трёхмерных изменений, визуализацию карт отклонений поверхности. Это делает цифровую морфометрию перспективным инструментом современной имплантологии.

Трёхмерный морфометрический анализ позволяет измерять изменения мягких тканей во всех пространственных направлениях, оценивать объёмные изменения и выявлять закономерности ремоделирования. Использование цифровых моделей позволяет анализировать динамику мягкотканного профиля во времени и выявлять факторы, влияющие на стабильность тканей. Исследования показывают, что трёхмерный анализ обладает высокой воспроизводимостью и способен выявлять минимальные морфологические изменения, недоступные традиционным методам. Это позволяет объективно оценивать эффективность мягкотканной аугментации и прогнозировать долгосрочную стабильность мягкотканного контура.

Таким образом, существующие традиционные методы оценки периимплантных мягких тканей обладают ограниченной точностью и не позволяют полноценно анализировать трёхмерные изменения мягкотканного профиля. Цифровая морфометрия обеспечивает объективную, количественную и воспроизводимую оценку морфологических изменений мягких тканей и представляет собой перспективное направление современной имплантологии. Переход к трёхмерному анализу открывает новые возможности для изучения динамики ремоделирования мягких тканей, выявления факторов стабильности и разработки прогностических моделей, что является основой настоящего исследования.

### **1.3. Трёхмерный морфометрический анализ: теория и развитие методологии.**

Цифровая морфометрия представляет собой совокупность методов количественного анализа геометрических характеристик биологических структур на основе трёхмерных цифровых моделей. В имплантологии применение цифровой морфометрии направлено на объективную оценку морфологических изменений периимплантных мягких тканей во времени, включая изменения объёма, толщины и пространственного контура.

В отличие от традиционных клинических методов, цифровая морфометрия обеспечивает высокую точность измерений, воспроизводимость результатов и возможность продольного анализа, что позволяет выявлять закономерности ремоделирования мягких тканей и количественно оценивать эффективность хирургических вмешательств.

Интраоральное сканирование (Intraoral Scanning, IOS) является основным источником получения цифровых моделей мягких тканей. Современные сканирующие системы обеспечивают высокую пространственную точность, отсутствие деформации тканей и возможность многократного воспроизводимого сканирования. Результатом сканирования является трёхмерная цифровая модель, представленная в формате STL (stereolithography), которая описывает поверхность объекта в виде триангуляционной сетки. Такая структура позволяет проводить геометрический анализ поверхности, вычислять расстояния между моделями и оценивать морфологические изменения мягких тканей.

Цифровые модели мягких тканей представляют собой дискретные трёхмерные поверхности, состоящие из множества треугольных элементов. Геометрический анализ включает: вычисление расстояний между поверхностями, анализ кривизны, оценку нормалей поверхности, определение локальных изменений геометрии, вычисление объёмных изменений. Основой морфометрического анализа является сопоставление (superimposition) цифровых

моделей, полученных в разные временные точки, с последующим вычислением пространственных отклонений.

Суперимпозиция (3D superimposition) – ключевой этап цифровой морфометрии, обеспечивающий сопоставление цифровых моделей во времени. Наиболее распространённым методом является алгоритм наилучшего соответствия (best-fit alignment), основанный на минимизации суммарного квадратичного отклонения между поверхностями. Для повышения точности сопоставления используются стабильные референтные структуры, такие как соседние зубы или фиксированные протетические элементы. Подвижные мягкие ткани исключаются из референтной области, что снижает систематическую ошибку и повышает точность измерений.

Карты отклонений (Surface Deviation Maps) представляют собой визуализацию пространственных изменений поверхности между двумя временными точками. Каждая точка поверхности характеризуется значением отклонения, отражающим величину локального изменения ткани.

Карты отклонений позволяют:

- выявлять зоны прироста и резорбции тканей;
- оценивать распределение ремоделирования;
- анализировать пространственные закономерности изменений;
- визуализировать стабильность мягкотканного профиля.

Цветовое кодирование отклонений обеспечивает наглядное представление морфологических изменений и широко используется в клинических и научных исследованиях.

На основе трёхмерного анализа рассчитываются следующие параметры:

- изменение объёма мягких тканей;
- средняя толщина тканей;
- максимальное утолщение;
- вертикальное изменение маргинального уровня;

- среднее отклонение поверхности;
- RMS-отклонение;
- площадь прироста тканей;
- индексы стабильности.

Эти показатели позволяют количественно оценивать динамику ремоделирования и прогнозировать долгосрочную стабильность мягкотканного профиля.

Несмотря на высокую точность, цифровая морфометрия подвержена ряду потенциальных ошибок:

- движение мягких тканей во время сканирования;
- влияние слюны и отражений;
- ограниченный доступ к сканируемой области;
- алгоритмические особенности реконструкции поверхности;
- ошибки суперимпозиции.

Стандартизация протокола сканирования, выбор стабильных референтных областей и повторяемость измерений позволяют минимизировать данные ошибки.

Современные исследования демонстрируют высокую точность трёхмерной морфометрии (погрешность порядка 0,1–0,2 мм) и высокую воспроизводимость измерений ( $ICC > 0,9$ ). Это делает цифровой анализ надёжным инструментом количественной оценки мягкотканых изменений. Высокая воспроизводимость позволяет применять цифровую морфометрию для продольного мониторинга, сравнительных исследований и разработки прогностических моделей стабильности мягких тканей. Цифровая морфометрия открывает новые возможности для объективной оценки результатов мягкотканной аугментации. Она позволяет количественно анализировать динамику ремоделирования, выявлять факторы стабильности и разрабатывать клинические алгоритмы прогнозирования. Применение цифровых методов

способствует повышению точности научных исследований, стандартизации методик и внедрению объективных критериев оценки в клиническую практику.

Таким образом, цифровая морфометрия является современным высокоточным инструментом количественной оценки морфологических изменений периимплантных мягких тканей. Использование трёхмерных цифровых моделей и алгоритмов суперимпозиции позволяет объективно анализировать динамику ремоделирования и прогнозировать стабильность мягкотканного профиля. Разработка стандартизированной методологии цифрового анализа является ключевым этапом настоящего исследования и формирует основу для последующего морфометрического и статистического анализа.

## ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Дизайн исследования и характеристика клинического материала.

Настоящее исследование выполнено как продольное клинικο-морфометрическое исследование, направленное на количественную оценку изменений мягких тканей околоимплантатной зоны после мягкотканной аугментации с использованием трёхмерного цифрового анализа. Основной задачей являлось изучение динамики морфологических изменений мягких тканей во времени, оценка их стабильности и выявление факторов, влияющих на результаты аугментации.

Исследование включало последовательный сбор цифровых моделей мягких тканей в различные временные точки с последующим трёхмерным сопоставлением и морфометрическим анализом. Продольный дизайн позволил оценить характер ремоделирования мягких тканей и определить закономерности их стабилизации.

Пилотное клиническое исследование было проведено на кафедре челюстно-лицевой хирургии Ташкентского государственного медицинского университета с ноября 2024 года по январь 2026 года.

В исследование были включены 88 пациентов с частичной вторичной адентией и дефицитом мягких тканей (ширина  $<2$  мм) в области предполагаемой установки дентальных имплантатов. При этом общее количество подобных участков составило 198 (на верхней челюсти – 72, на нижней – 126). У всех пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании (Таблица 1).

Критерии включения в исследование включали в себя:

- наличие в зубном ряду участка с частичной вторичной адентией и дефицитом мягких тканей (ширина  $<2$  мм);
- отсутствие признаков периимплантита;

- удовлетворительное общее состояние здоровья.

**Таблица 1.**

**Характеристика исследуемых**

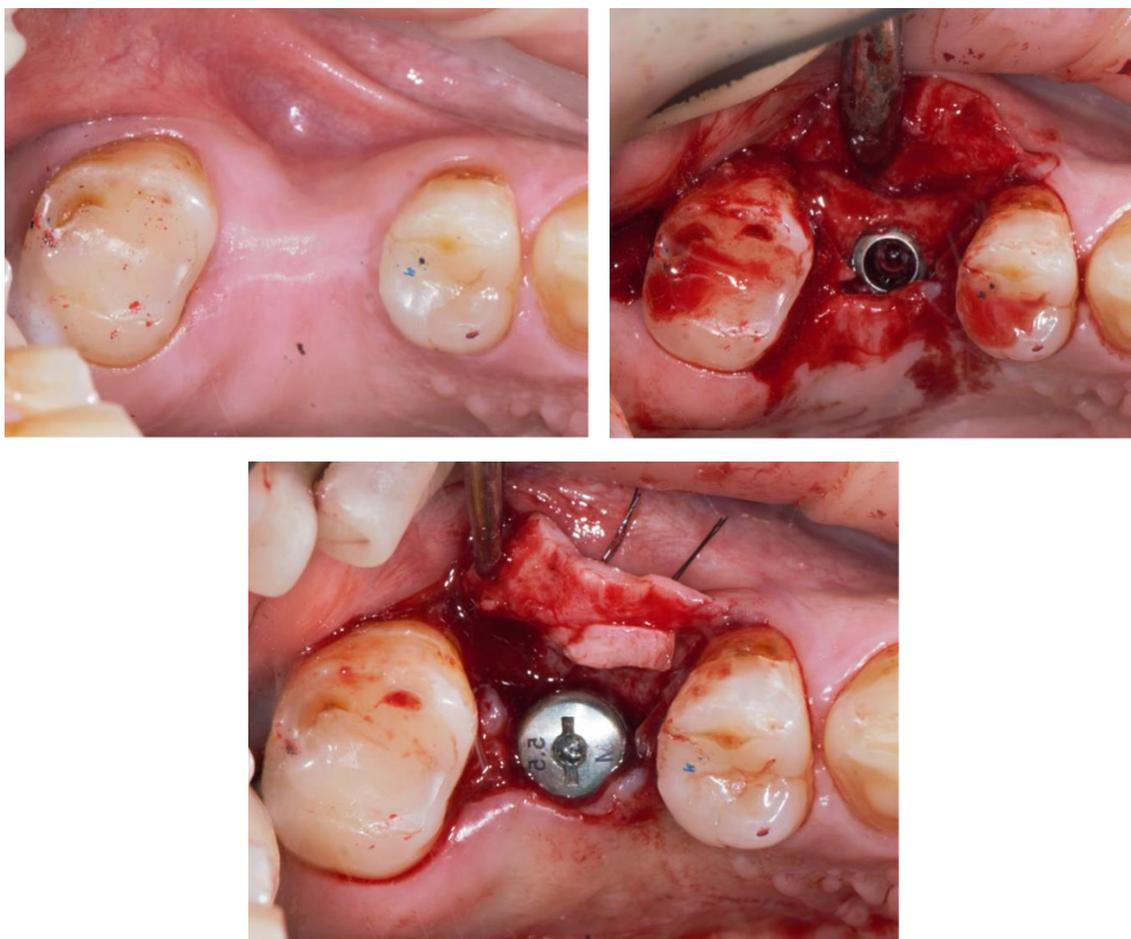
<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
<b>Пациенты (n=88)</b>	
Средний возраст	46,2 ± 11,3 лет
Мужчины	38 (43,2%)
Женщины	50 (56,8%)
Тонкий биотип	40 (45,5%)
Толстый биотип	48 (54,5%)
Ширина ПКД	1,13±0,25 мм
Толщина слизистой	1,38±0,08 мм
<b>Имплантаты (n=198)</b>	
Верхняя челюсть	72 (36,4%)
Нижняя челюсть	126 (63,6%)
Зона эстетики	34 (17,2%)
Премоляр/моляр	164 (82,8%)

**Критерии исключения:**

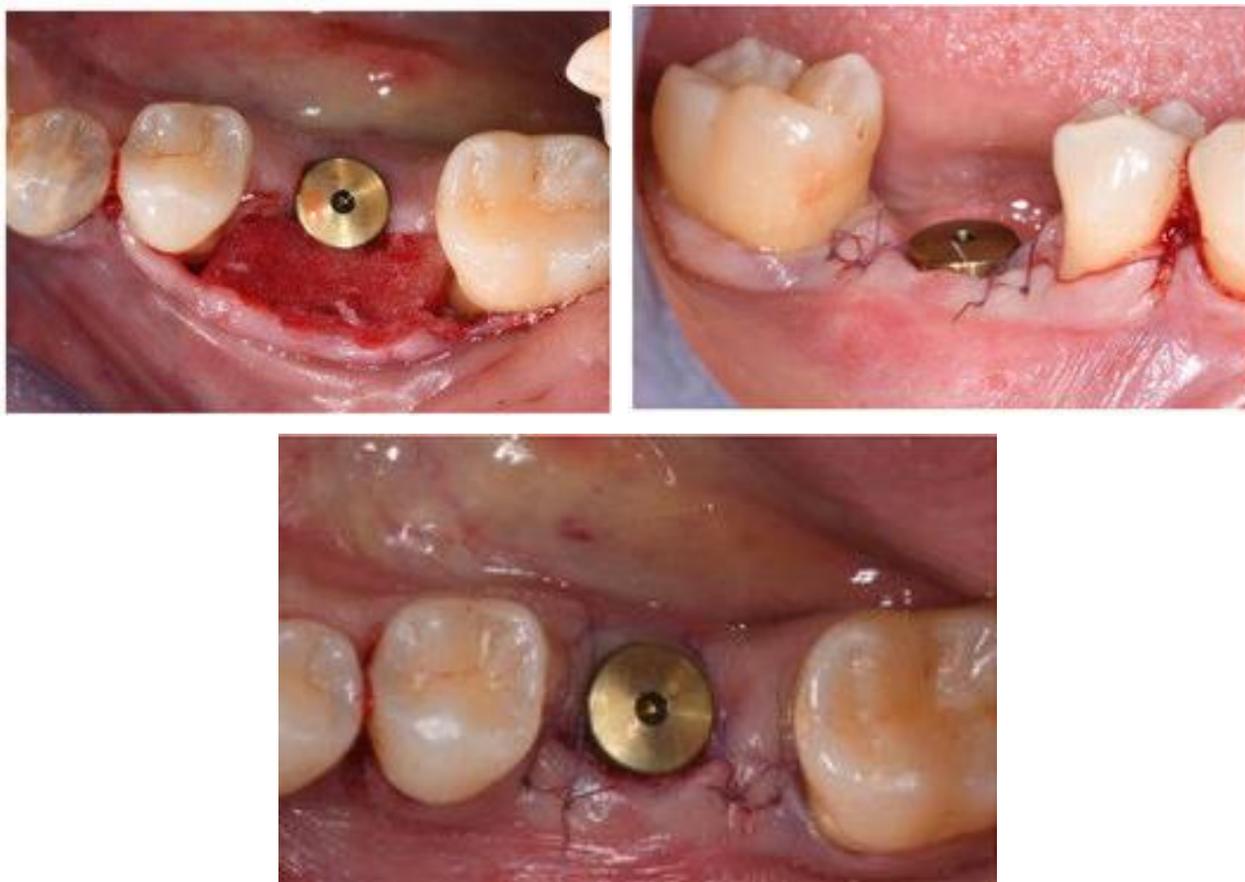
- системные заболевания на стадии декомпенсации или в фазе обострения;
- выраженные воспалительные изменения тканей околоимплантатной зоны;
- неполные или некачественные цифровые данные;
- курение (более 10 сигарет в день);
- наличие комплекса противопоказаний к выполнению мягкотканной аугментации в области дентальных имплантатов;
- отказ от участия в исследовании или пропуск одного из контрольных осмотров.

Исследование проводилось в соответствии с принципами биоэтики и Хельсинкской декларации. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании и использование цифровых данных.

Для увеличения объема мягких тканей проведена пластика методом апикально смещенного лоскута с применением СДТ, полученным с нёба (Рис. 4-5). В зависимости от времени проведения мягкотканной аугментации исследуемые были разделены на две группы: I – одновременно с установкой дентальных имплантатов (43 пациентов, 96 имплантатов), II – через 3 месяца после установки дентальных имплантатов (после достижения остеоинтеграции) (45 пациентов, 102 имплантата).



**Рис. 4. Клинический пример мягкотканной аугментации одновременно с установкой дентального имплантата**



**Рис. 5. Схематичное изображение выполнения мягкотканной аугментации после установки дентальных имплантатов**

Цифровые данные собирались в следующие временные интервалы:

STL0 – до хирургического вмешательства;

STL1 – непосредственно после аугментации;

STL2 – через неделю после вмешательства;

STL3 – через 3 месяца;

STL4 – через 6 месяцев.

Такая схема наблюдения позволила оценить как раннюю фазу ремоделирования, так и долгосрочную стабильность мягких тканей.

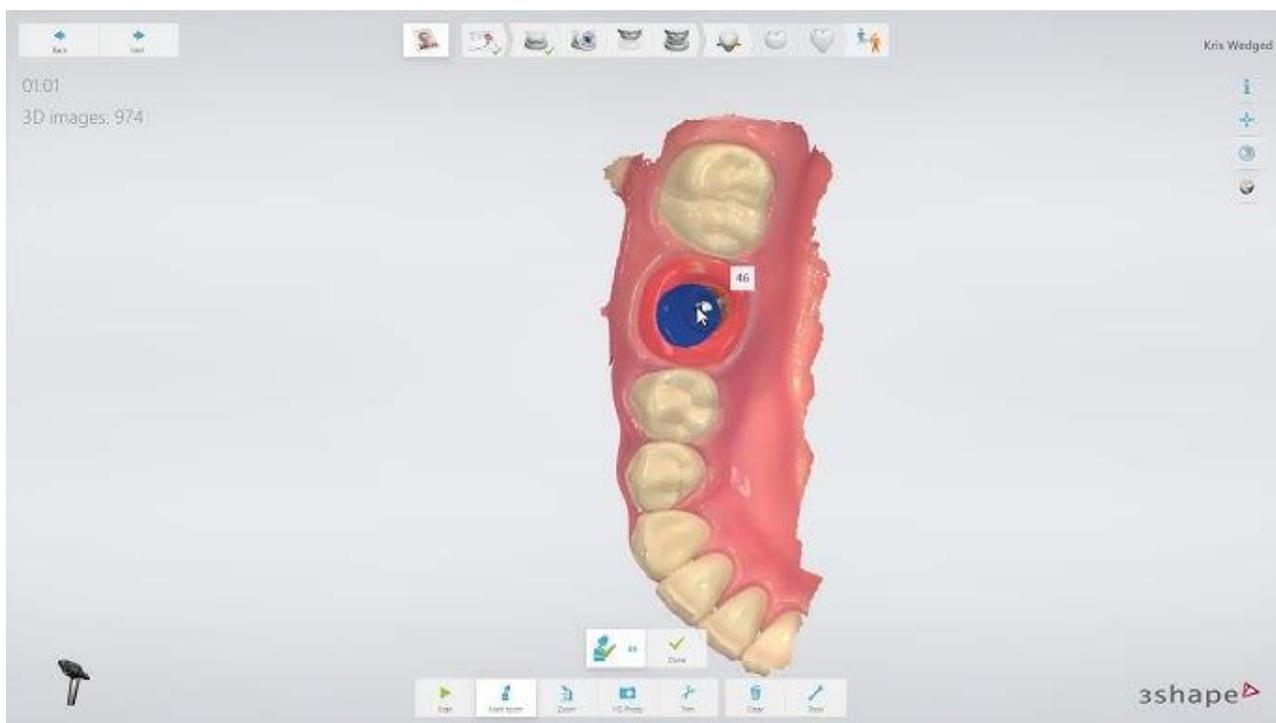
## **2.2. Метод сбора и обработки цифровых данных.**

Сбор цифровых данных осуществлялся с использованием высокоточного интраорального сканера (ИОС) 3Shape TRIOS 3 (3Shape, Копенгаген, Дания) (Рис. 6-7). Данный сканер обеспечивает получение трёхмерных цифровых моделей с высокой пространственной точностью и воспроизводимостью, что позволяет проводить количественный морфометрический анализ мягких тканей. Сканирование выполнялось в условиях, минимизирующих движение мягких тканей и влияние слюны. Все сканы выполнял один оператор, прошедший предварительную калибровку, что позволило снизить вариабельность измерений.

В ряде клинических случаев дополнительно использовались сканеры iTero Element 5D (Align Technology, США) и Medit i700 (Medit Corp., Республика Корея) для валидации воспроизводимости цифровых моделей.



**Рис. 6. Интраоральный сканер 3Shape TRIOS 3 (3Shape, Копенгаген, Дания)**



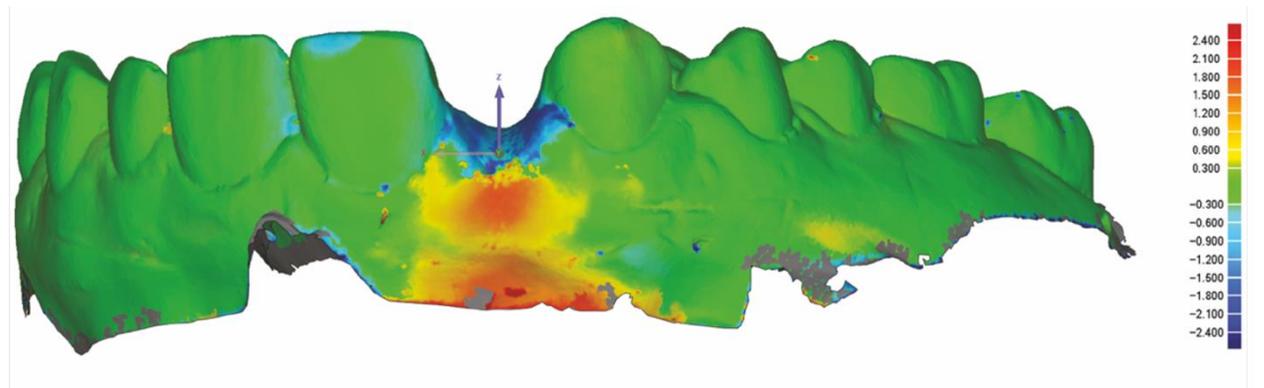
**Рис. 7. Интерфейс программного обеспечения интраорального сканера 3Shape TRIOS 3 (3Shape, Копенгаген, Дания)**

Цифровые модели экспортировались в формате STL без сглаживания поверхности, что обеспечивало сохранение геометрической точности.

Алгоритм суперимпозиции минимизировал суммарное квадратичное отклонение между поверхностями, обеспечивая высокую точность сопоставления и корректность морфометрических измерений.

Суперимпозиция цифровых моделей и морфометрический анализ выполнялись с использованием специализированных программ: 3D Geomagic Capture Wrap (3D Systems, США) – для высокоточной трёхмерной суперимпозиции, расчёта RMS-отклонений, анализа геометрии поверхности и построения карт отклонений (Рис. 8). CloudCompare (Open Source) – для независимой верификации пространственных отклонений и количественного анализа расстояний между поверхностями. Materialise 3-matic (Materialise NV,

Бельгия) – для расчёта объёмных изменений, анализа толщины мягких тканей и обработки STL-моделей.



**Рис. 8. Выделение области интереса и цветовая маркировка мягких тканей**

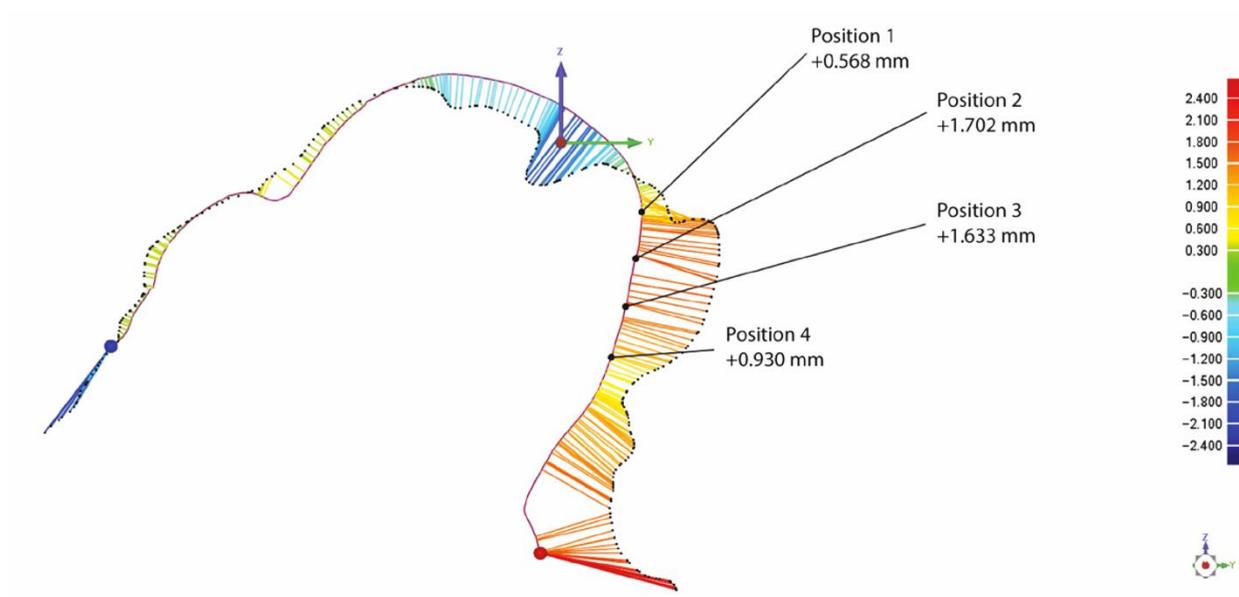
Трёхмерное сопоставление моделей выполнялось методом наилучшего соответствия (best-fit alignment). В качестве референтных областей использовались стабильные анатомические структуры (соседние зубы или фиксированные протетические элементы). Подвижные мягкие ткани исключались из области сопоставления.

Морфометрический анализ проводился в стандартизированной области интереса, включающей:

- вестибулярную поверхность периимплантных мягких тканей;
- маргинальный край слизистой;
- область трансплантата;
- апикальную зону до 5–6 мм от края десны;
- медио-дистальные границы между соседними зубами.

Стандартизация Region of Interest (ROI) обеспечивала сопоставимость измерений между различными временными точками.

Карты отклонений поверхности и пространственная визуализация изменений мягких тканей строились в Geomagic Control X и CloudCompare с использованием цветового кодирования отклонений. Это позволяло наглядно анализировать зоны прироста, резорбции и стабилизации тканей (Рис. 9).



**Рис. 9. Измерение толщины мягких тканей в области дентальных имплантатов**

### **2.3. Трёхмерный морфометрический анализ.**

Морфометрический анализ периимплантных мягких тканей направлен на количественную оценку геометрических изменений тканей во времени. В отличие от традиционных клинических методов, цифровая морфометрия позволяет анализировать объёмные и пространственные характеристики мягкотканного профиля, выявлять закономерности ремоделирования и определять параметры стабильности тканей.

Основой анализа является сопоставление трёхмерных моделей, полученных в различные временные точки, с вычислением пространственных отклонений и производных морфометрических показателей. Такой подход

позволяет объективно оценивать динамику изменений мягких тканей после хирургической аугментации.

На основе трёхмерных моделей вычислялись следующие параметры: изменение объёма мягких тканей, средняя толщина мягких тканей, максимальное утолщение, вертикальное изменение маргинального уровня, среднее отклонение поверхности, RMS-отклонение, площадь прироста тканей, индекс стабильности мягкотканного профиля.

*Изменение объёма (Volume Gain)* мягких тканей является одним из ключевых показателей эффективности мягкотканной аугментации. Объём рассчитывается как разница между трёхмерными моделями в различные временные точки:

$$VG(T_n) = V(T_n) - V(T_0)$$

где:  $VG(T_n)$ — прирост объёма мягких тканей;  $V(T_n)$ — объём тканей в момент времени  $T_n$ ;  $V(T_0)$ — исходный объём тканей.

*Индекс сохранности объёма (Volume Stability)*. Для оценки долгосрочной стабильности объёма используется индекс сохранности:

$$VS(\%) = \frac{V(T_n) - V(T_0)}{V(T_1) - V(T_0)} \times 100$$

где:  $VS$ — процент сохранности объёма;  $T_1$ — ранняя послеоперационная точка.

Данный показатель отражает степень ремоделирования мягких тканей и позволяет сравнивать стабильность различных методов аугментации.

*Толщина мягких тканей (Mean Thickness)* рассчитывается как среднее расстояние между внешней поверхностью слизистой и подлежащими структурами:

$$MT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

где:  $MT$ — средняя толщина мягких тканей;  $d_i$ — локальная толщина в точке  $i$ .

Увеличение толщины мягких тканей более 2 мм ассоциировано с повышенной устойчивостью маргинального уровня и сниженным риском рецессии. Толщина является одним из ключевых морфометрических предикторов стабильности мягкотканного профиля.

*Вертикальные изменения маргинальной слизистой (Vertical Shift,  $\Delta H$ )* отражают динамику коронального или апикального смещения мягких тканей:

$$\Delta H = H(T_n) - H(T_0)$$

где:  $\Delta H$ — вертикальное изменение уровня слизистой.

Незначительное корональное смещение часто наблюдается после аугментации, тогда как выраженное апикальное смещение может свидетельствовать о ремоделировании или рецессии.

*Среднее отклонение поверхности (Mean Surface Deviation, MSD)* характеризует степень морфологических изменений тканей:

$$MSD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |D_i|$$

где:  $D_i$ — локальное отклонение поверхности.

Низкие значения MSD указывают на стабилизацию мягкотканного профиля и завершение активной фазы ремоделирования.

*RMS-отклонение* отражает пространственную вариабельность изменений:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i^2}$$

Данный параметр используется для количественной оценки неоднородности ремоделирования мягких тканей.

*Площадь прироста* определяется как площадь поверхности, демонстрирующей положительное отклонение:

$$A_{gain} = \sum A_i, D_i > 0$$

Данный показатель позволяет оценить пространственное распределение прироста тканей.

*Степень ремоделирования (Tissue Remodeling Index, TRI)* определяется как отношение утраченного объёма к максимальному приросту:

$$TRI = \frac{VG(T_1) - VG(T_n)}{VG(T_1)}$$

Высокие значения TRI отражают выраженную сокращение объёма тканей.

*Индекс стабильности мягкотканного профиля (Soft Tissue Stability Index, STSI).* Для оценки долгосрочной стабильности используется интегральный показатель:

$$STSI = 1 - \frac{|VG(T_n) - VG(T_{n-1})|}{VG(T_1)}$$

Данный индекс отражает степень стабилизации морфологических изменений во времени.

*Математическая модель ремоделирования мягких тканей.* Ремоделирование мягких тканей можно описать экспоненциальной функцией:

$$V(t) = V_{max} - k \cdot e^{-\lambda t}$$

где:  $V_{max}$ — максимальный прирост объёма;  $k$ — коэффициент начальной потери объёма;  $\lambda$ — скорость ремоделирования;  $t$ — время.

Данная модель отражает фазу ранней контракции и последующую стабилизацию мягких тканей.

Морфометрические данные показывают, что максимальный прирост объёма наблюдается в раннем послеоперационном периоде, после чего происходит постепенное ремоделирование и частичная редукция объёма. Основная потеря объёма обычно происходит в первые 8–12 недель, после чего наступает фаза относительной стабилизации.

Морфометрический анализ позволял количественно оценивать динамику ремоделирования и степень стабильности мягкотканного контура. Для оценки воспроизводимости морфометрических измерений проводился повторный анализ подгруппы цифровых моделей. Воспроизводимость оценивалась с

использованием коэффициента внутриклассовой корреляции (ICC). Дополнительно применялся анализ Bland-Altman для выявления систематической ошибки.

Для оценки надёжности морфометрических измерений была проведена процедура повторного анализа цифровых моделей. Подвыборка моделей подвергалась повторной суперимпозиции и морфометрическому анализу с интервалом времени, исключающим эффект памяти оператора. Дополнительно выполнялась независимая повторная оценка вторым исследователем, прошедшим предварительную калибровку.

Воспроизводимость оценивалась с использованием коэффициента внутриклассовой корреляции (Intraclass Correlation Coefficient, ICC). Значения ICC выше 0,90 интерпретировались как отличная воспроизводимость, что соответствует международным рекомендациям по оценке надёжности количественных измерений.

Внутриоператорская воспроизводимость оценивалась на основе повторных измерений, выполненных одним оператором. Межоператорская воспроизводимость оценивалась на основе сравнения результатов двух независимых исследователей.

Точность трёхмерной суперимпозиции оценивалась путём анализа RMS-отклонений в референтных стабильных областях. Низкие значения RMS свидетельствовали о корректности сопоставления моделей и отсутствии систематического смещения. Дополнительно проводилась независимая верификация суперимпозиции с использованием альтернативного программного обеспечения, что подтвердило стабильность и воспроизводимость пространственного сопоставления. Точность морфометрических параметров оценивалась с использованием: коэффициента вариации, повторных измерений, анализа распределения ошибок. Низкий коэффициент вариации и стабильность

повторных измерений подтверждают высокую точность количественной оценки изменений мягких тканей.

Биомеханический анализ включал оценку распределения механических напряжений, деформации мягких тканей и их адаптационных изменений в различные сроки наблюдения. Косвенная оценка биомеханических свойств проводилась на основании морфометрических параметров, включая толщину мягких тканей, объём, пространственные отклонения поверхности и индекс ремоделирования.

Для оценки влияния механических факторов использовались: анализ изменений толщины мягких тканей, оценка пространственной стабильности поверхности, индекс ремоделирования тканей, корреляционный анализ морфометрических и клинических параметров, продольный анализ динамики мягкотканых изменений.

#### **2.4. Методы статистической обработки данных.**

Статистический анализ выполнялся с использованием специализированного программного обеспечения. Оценка распределения данных проводилась с применением теста нормальности.

Статистический анализ выполнялся с использованием специализированного программного обеспечения.

1. Проверка распределения данных проводилась тестом Shapiro–Wilk.
2. Данные представлены как mean  $\pm$  SD или median (IQR).
3. Для сравнения временных точек использовали:
  - Repeated measures ANOVA (нормальное распределение)
  - Friedman test (ненормальное)
4. Пост-хок анализ: Bonferroni correction.
5. Воспроизводимость измерений:
  - Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

- Bland–Altman analysis
6. Сравнение групп:
- t-test / Mann–Whitney
  - ANOVA / Kruskal–Wallis
7. Корреляции: Pearson / Spearman.
8. Многофакторный анализ: множественная линейная регрессия.
9. Уровень значимости:  $p < 0,05$

Для анализа динамики изменений использовались:

- продольный анализ;
- линейные и логистические регрессионные модели;
- mixed-effects модели;
- анализ выживаемости (survival analysis).

Порог статистической значимости устанавливался на уровне  $p < 0.05$ .

Для оценки систематической ошибки и границ согласия между повторными измерениями применялся анализ Bland-Altman. Для каждого морфометрического параметра рассчитывались средняя разница (bias) и 95% пределы согласия.

Систематическая ошибка отражает среднее отклонение между повторными измерениями:

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{i1} - X_{i2})$$

где:  $X_{i1}$  – первое измерение,  $X_{i2}$  – повторное измерение,  $n$  – число наблюдений. Значение, близкое к нулю, указывает на отсутствие систематического смещения.

Случайная ошибка рассчитывается по формуле Дальберга:

$$SE = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}}$$

где:  $d_i$  – разница между повторными измерениями,  $n$  – число пар измерений. Меньшие значения указывают на более высокую точность измерений.

*Стандартная ошибка измерения (Standard Error of Measurement, SEM):*

$$SEM = SD \cdot \sqrt{1 - ICC}$$

где:  $SD$  – стандартное отклонение,  $ICC$  – коэффициент внутриклассовой корреляции. SEM отражает ожидаемую погрешность индивидуального измерения.

*Коэффициент вариации (Coefficient of Variation, CV):*

$$CV(\%) = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

где:  $SD$  – стандартное отклонение,  $\bar{X}$  – среднее значение параметра.  $CV < 10\%$  свидетельствует о высокой стабильности измерений.

*Минимально обнаруживаемое изменение (Minimal Detectable Change, MDC)*

$$MDC = 1.96 \times \sqrt{2} \times SEM$$

MDC отражает минимальное изменение параметра, которое можно считать реальным, а не обусловленным ошибкой измерения.

*Пределы согласия Bland-Altman:*

$$LoA = Bias \pm 1.96 \cdot SD_d$$

где:  $SD_d$  – стандартное отклонение разностей измерений. Узкие пределы согласия свидетельствуют о высокой точности метода.

*Среднеквадратическая ошибка (Root Mean Square Error, RMSE)* отражает суммарную величину ошибки измерений:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{i1} - X_{i2})^2}$$

*Относительная ошибка измерения.* Используется для оценки относительной точности измерений.

$$RE(\%) = \frac{|X_{i1} - X_{i2}|}{\bar{X}} \times 100$$

Интерпретация полученных значений проводилась по следующей схеме:

- показатель Bias близкий к 0 означал отсутствие систематической ошибки
- низкие значения SE, SEM, RMSE свидетельствовали о высокой точности
- ICC больше 0,90 свидетельствует об отличной воспроизводимости морфометрических измерений

- значение CV меньше 10% говорил о стабильности измерений
- в случае, когда MDC был меньше клинически значимого порога, судили о высокой чувствительности метода.

С целью количественной оценки взаимосвязи между биомеханическими характеристиками периимплантных мягких тканей, морфометрическими параметрами и клиническими факторами был проведён корреляционный анализ.

Основной целью корреляционного анализа являлось выявление статистически значимых взаимосвязей между:

- а) биомеханическими параметрами (напряжение, деформация, модуль упругости, ползучесть, релаксация);
- б) морфометрическими показателями (толщина и объём мягких тканей, RMS, MSD, индекс ремоделирования, индекс стабильности);
- в) клиническими факторами (биотип мягких тканей, тип трансплантата, динамика изменений во времени).

Анализ позволил определить направление и силу связи между исследуемыми показателями, а также выявить ключевые предикторы стабильности мягкотканного профиля. Для оценки взаимосвязей применялся коэффициент корреляции Пирсона при нормальном распределении данных и коэффициент Спирмена при ненормальном распределении.

*Коэффициент корреляции Пирсона (отражает силу линейной связи между переменными).* Использовался для количественных переменных с нормальным распределением и линейной зависимостью.

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

где:  $r$  – коэффициент корреляции,  $X_i, Y_i$  – наблюдения,  $\bar{X}, \bar{Y}$  – средние значения.

*Коэффициент корреляции Спирмена.* Применялся при ненормальном распределении или нелинейной монотонной зависимости.

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

где:  $\rho$  – коэффициент Спирмена,  $d_i$  – разность рангов,  $n$  – число наблюдений.

Сила корреляции интерпретировалась следующим образом:

$r < 0,3$  – слабая связь

$0,3 \leq r < 0,5$  – умеренная связь

$0,5 \leq r < 0,7$  – значимая связь

$r \geq 0,7$  – сильная связь

Уровень статистической значимости принимался  $p < 0,05$ .

# ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЁХМЕРНОГО МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ ДОСТИГНУТОГО ОБЪЁМА МЯГКИХ ТКАНЕЙ ОКОЛОИМПЛАНТАТНОЙ ЗОНЫ

## **3.1. Результаты изучения динамики изменения параметров мягких тканей в области дентальных имплантатов.**

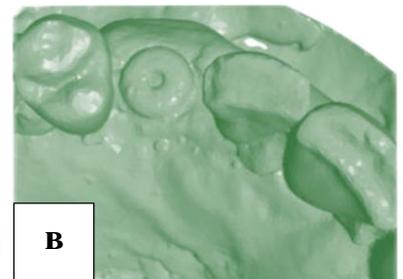
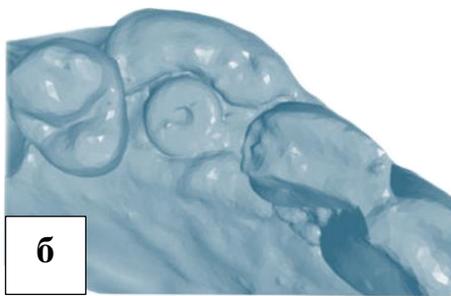
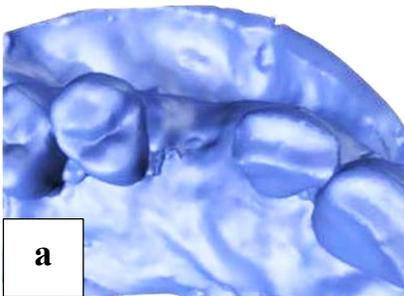
Послеоперационный период у всех исследуемых проходил без осложнений: не было зарегистрировано признаков воспаления, преждевременного расхождения швов, некроза СДТ и т. д. (Рис. 10). Не было зарегистрировано ни одного случая пропуска исследуемым контрольных осмотров. Следовательно, все 88 больных были включены для дальнейшего трёхмерного морфометрического анализа. Во время контрольных осмотров были получены цифровые слепки с помощью интраорального сканера (Рис. 11). Анализ изменения объёма был проведен с помощью программного обеспечения для морфометрического анализа 3D Geomagic Capture Wrap (3D Systems, США) путём наложения трёхмерных снимков.

Через неделю после мягкотканной аугментации (STL1) в группе I объём СДТ составил  $234,2 \pm 11,2 \text{ мм}^3$ , во II –  $222,8 \pm 8,6 \text{ мм}^3$ . Были выявлены статистически значимые различия между группами в значениях изменения объёма  $\Delta V$  ( $\text{мм}^3$ ) во время последующих контрольных осмотров: через месяц ( $p = 0,0004$ ), 3 месяца ( $p < 0,0001$ ) и 6 месяцев ( $p = 0,0002$ ).

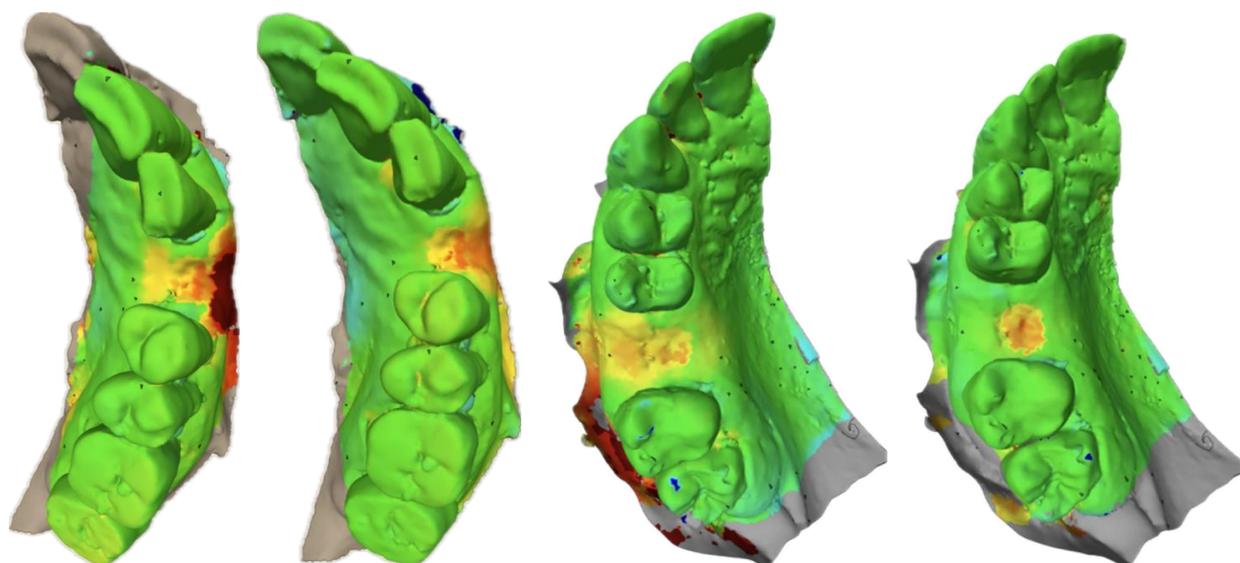
При цифровом анализе теплые цвета (жёлтый, оранжевый, красный) указывали на увеличение объёма, холодные (голубой, синий) – на уменьшение объёма, а зеленый цвет (Рис. 12) означал точное выравнивание уровня тканей при наложении контрольных цифровых слепков (STL2, STL3, STL4) на исходные (STL0, STL1) и взаимном наложении, что позволило проследить в динамике колебания объёма СДТ (Таблица 2).



**Рис. 10. Клинический пример мягкотканной аугментации после достижения остеоинтеграции ранее установленных ДИ**



**Рис. 11. Цифровые слепки, полученные: а – до мягкотканной аугментации, б – через неделю, в – через 3 месяца после вмешательства**



**Рис. 12. Цветовая маркировка поверхности слизистой оболочки в области вмешательства**

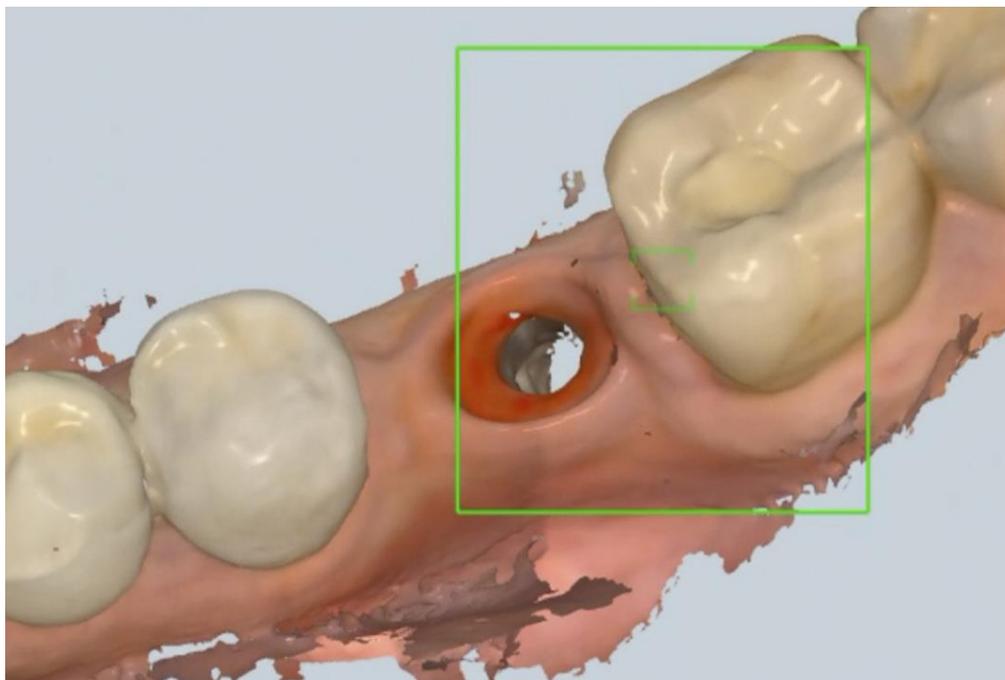
**Таблица 2.**

**Динамика изменения объёма и толщины СДТ**

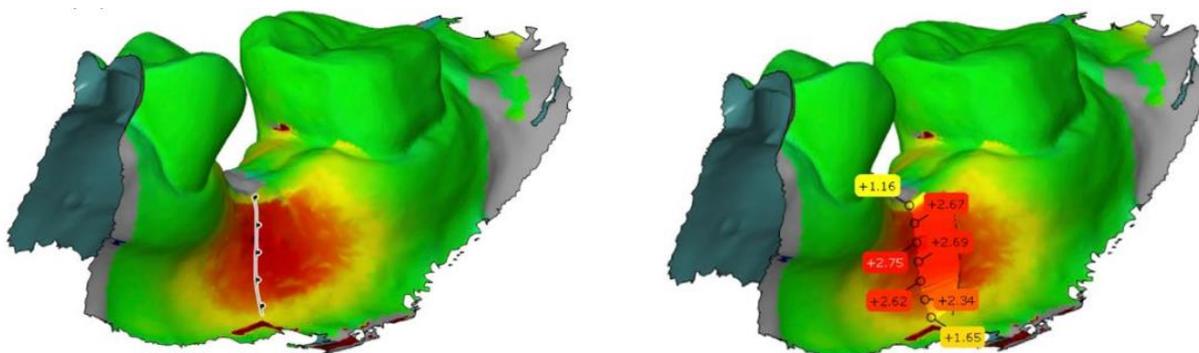
Время	Группа I		Группа II	
	Объём СДТ	Толщина СДТ	Объём СДТ	Толщина СДТ
<b>STL1</b>	234,2 ± 11,2	1,64 ± 0,12	222,8 ± 8,6	1,72 ± 0,15
<b>STL2</b>	218,5 ± 8,4	1,58 ± 0,09	216,2 ± 6,5	1,68 ± 0,12
<b>STL3</b>	198,5 ± 6,2	1,47 ± 0,10	192,9 ± 6,1	1,54 ± 0,08
<b>STL4</b>	175,4 ± 5,8	1,31 ± 0,08	174,3 ± 3,7	1,45 ± 0,06
<b>Убыль</b>	58,8 ± 3,2	25,1%	48,5 ± 3,7	21,8%

Анализ данных выявил сокращение объёма трансплантата в группе I в среднем на 25,1% ( $58,8 \pm 3,2 \text{ мм}^3$ ), во II – на 21,8% ( $48,5 \pm 3,7 \text{ мм}^3$ ). Наибольшая потеря объёма в обеих группах произошла в течение первых трёх месяцев после аугментации СДТ.

Анализ динамики изменения толщины (Рис. 13-15) СДТ также выявил усадку – от  $1,64 \pm 0,12$  мм (STL1) до  $1,31 \pm 0,08$  мм (STL4) в группе I (на 20,1%), от  $1,72 \pm 0,15$  мм (STL1) до  $1,45 \pm 0,06$  мм (STL4) в группе II (на 15,7%).



**Рис. 13. Идентификация области интереса (ROI) на цифровых слепках**



**Рис. 14. Процесс цифрового анализа динамики изменения толщины слизистой оболочки в области вмешательства**

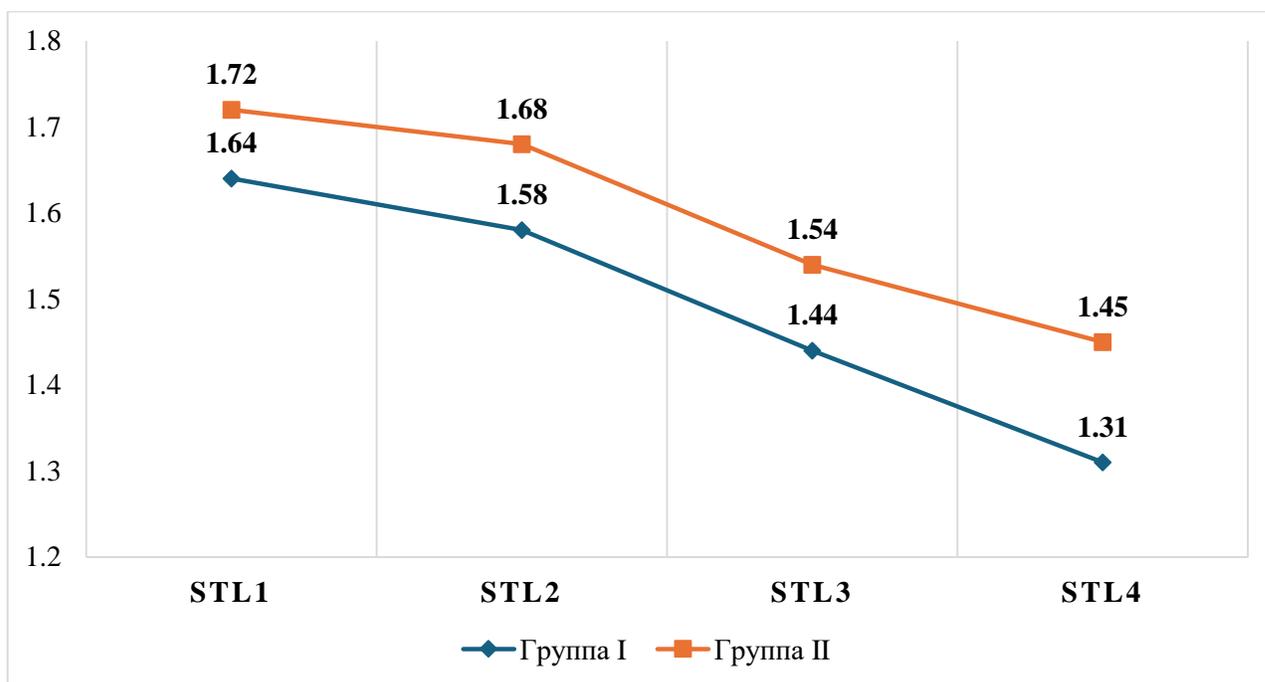
Как было упомянуто ранее, низкие значения MSD указывают на стабилизацию мягкотканного профиля и завершение активной фазы ремоделирования. Анализ данного параметра показал, что мягкотканная аугментация, через 3 месяца после установки дентальных имплантатов, обеспечивает более быструю стабилизацию объёма и профиля трансплантат и завершение активной фазы его ремоделирования мягких тканей. Следовательно, это говорит о более стабильности достигнутых параметров (Таблица 3).

**Таблица 3.**

**Динамика морфометрических параметров в зависимости от срока проведения мягкотканной аугментации**

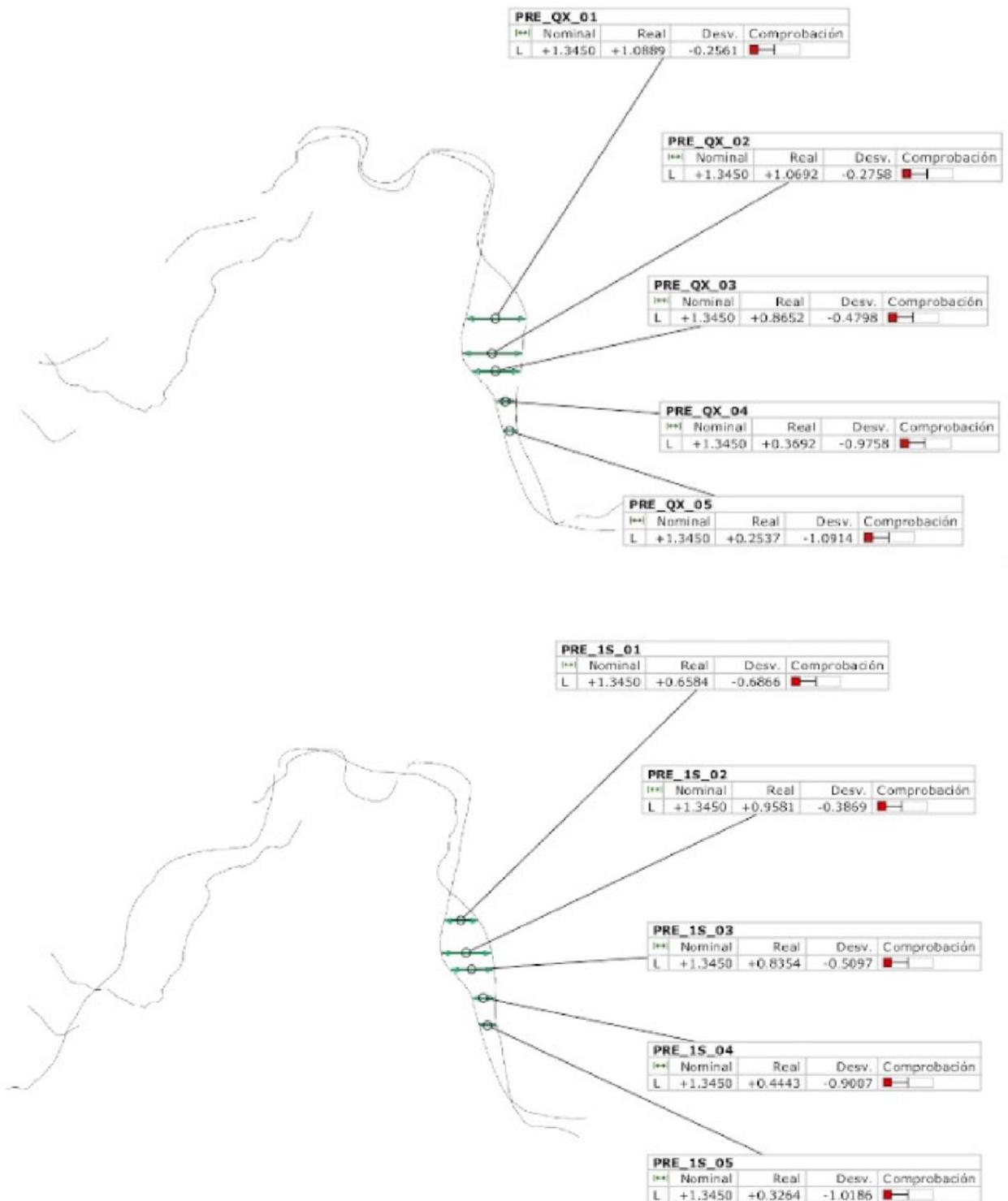
<b>Параметр</b>	<b>STL0</b>	<b>STL1</b>	<b>STL2</b>	<b>STL3</b>	<b>STL4</b>	<b>p</b>
<b>Группа I</b>						
Объём (мм <sup>3</sup> )	-	234,2	218,5	198,5	175,4	<0.001
Толщина (мм)	1,42	3,14	3,0	2,89	2,73	<0.001
ΔН (мм)	-	+0,52	+0,46	+0,44	+0,42	0.012
MSD (мм)	-	0,31	0,25	0,22	0,21	<0.001
RMS (мм)	-	0,39	0,31	0,29	0,27	<0.001
<b>Группа II</b>						
Объём (мм <sup>3</sup> )	-	222,8	216,2	192,9	174,3	<0.001
Толщина (мм)	1,35	3,07	3,1	2,89	2,8	<0.001
ΔН (мм)	-	+0,59	+0,52	+0,49	+0,45	0.008
MSD (мм)	-	0,29	0,22	0,21	0,15	<0.001
RMS (мм)	-	0,35	0,28	0,25	0,22	<0.001

Таким образом, цифровой анализ выявил большее сокращение объёма и толщины СДТ в группе пациентов, которым мягкотканная аугментация была выполнена одновременной с установкой дентальных имплантатов. Учитывая, что данная тактика является технически сложной, требующей достаточного опыта, а также относительно высоким риском инфицирования и некроза трансплантата, то большинством специалистов отдаётся предпочтение отсроченной мягкотканной аугментации (Рис. 15-16).



**Рис. 15. Динамика изменения толщины СДТ**

Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на расширенном комплексном анализе результатов пластики мягких тканей в области ДИ, выполненной на различных этапах лечения с большой выборкой, с учётом техники аугментации, видов трансплантат и т. д.



**Рис. 16. Процесс изучения динамики изменения толщины трансплантата путём наложения полученных снимков**

### 3.2. Влияние параметров и ошибок интраорального сканирования на воспроизводимость мягких тканей.

В процессе изучения влияния технических параметров и функционала интраоральных сканеров на воспроизводимость мягких тканей околоимплантатной области были выявлены следующие взаимосвязи, которые имеют непосредственное клиническое значение (Таблицы 4–5).

**Таблица 4.**

**Технические параметры ИОС и их клиническое значение**

<b>Параметр</b>	<b>3Shape TRIOS 4</b>	<b>iTero Element 5D</b>	<b>Medit i700</b>	<b>Клиническое значение</b>
Скорость сканирования, кадров/с	~3,000	~6,000	~7,000	Более высокая скорость снижает артефакты движения мягких тканей
Глубина сканирования, мм	0-20	0-18	0-20	Важна для стабильной регистрации маргинальной области
Поле сканирования, мм	~12 × 12	~14 × 13	~14 × 13	Определяет площадь захвата тканей за один проход
Пространственная точность, мкм	20–30	30-50	20–40	Влияет на точность морфометрических измерений
Разрешение модели STL	Высокое	Высокое	Высокое	Обеспечивает детальный анализ поверхности

Время полного сканирования одной челюсти	~60-90 секунд	~60-90 секунд	~45-70 секунд	Меньшее время снижает вероятность смещения мягких тканей
Цветное сканирование	Да	Да	Да	Улучшает визуализацию мягких тканей
Стабильность сканирования мягких тканей	Высокая	Высокая	Высокая	Важна для воспроизводимости морфометрии

**Таблица 5.**

**Влияние параметров интраорального сканирования  
на точность морфометрии**

<b>Параметр сканирования</b>	<b>Влияние на морфометрический анализ</b>	<b>Потенциальная ошибка</b>	<b>Влияние на RMS</b>	<b>Влияние на объёмные измерения</b>	<b>Клиническая интерпретация</b>
Скорость	Снижает артефакты движения мягких тканей	Размытие поверхности при низкой скорости	↑ при медленном сканировании	Переоценка/ недооценка объёма	Высокая скорость повышает точность
Глубина	Определяет стабильность регистрации маргинальной зоны	Потеря данных при недостаточной глубине	↑	Ошибка толщины тканей	Глубина ≥15–20 мм оптимальна
Поле	Влияет на непрерывность цифровой модели	Разрывы сетки	↑	Ошибка площади и объёма	Широкое поле снижает шум

Разрешение модели STL	Определяет детализацию поверхности	Сглаживание мелких изменений	↑ при низком разрешении	Потеря мелких объёмных изменений	Высокое разрешение критично
Стабильность мягких тканей	Влияет на воспроизводимость	Деформация поверхности	↑	Локальные ошибки объёма	Требует изоляции и сухости
Суперимпозиция	Определяет точность сравнения моделей	Систематическое смещение	↑	Ошибка расчёта прироста	Требует стабильных референтных зон
Движение пациента	Влияет на геометрию STL	Геометрические искажения	↑	Нестабильность измерений	Минимизировать движения
Наличие слюны/бликов	Влияет на реконструкцию поверхности	Шум поверхности	↑	Ошибка толщины	Требуется сухое поле

Более высокая скорость сканирования уменьшает влияние микродвижений мягких тканей и повышает воспроизводимость цифровых моделей. Глубина сканирования определяет способность корректно регистрировать маргинальную область и вестибулярный профиль мягких тканей. Поле сканирования влияет на стабильность реконструкции поверхности и уменьшает необходимость повторных проходов. Высокое пространственное разрешение является критическим фактором для точного морфометрического анализа и расчёта карт отклонений.

Изучение количественных и качественных характеристик ошибок сканирования были обнаружены следующие закономерности. Средняя

суммарная ошибка сканирования близкая к 0,04 мм соответствует высокоточному цифровому морфометрическому анализу. Основными источниками ошибки были движение мягких тканей и суперимпозиция. Но также было обнаружено, что при соблюдении стандартизированного протокола ошибки остаются ниже клинически значимого порога.

Наибольшее влияние на конечные морфометрические показатели оказывают: ошибка суперимпозиции, движение мягких тканей, оператор-зависимые факторы. Даже при суммарной ошибке морфометрические отклонения остаются ниже клинически значимого порога (около 0,2 мм), что подтверждает высокую надёжность цифровой морфометрии (Таблица 6).

**Таблица 6.**

**Влияние ошибок цифрового сканирования на конечные морфометрические показатели**

<b>Источник ошибки</b>	<b>Объём (VG), %</b>	<b>Толщина (MT), мм</b>	<b>Вертикальные изменения (ΔH), мм</b>	<b>MSD</b>	<b>RMS</b>	<b>Индекс стабильности (STSI)</b>	<b>Клиническая значимость</b>
Геометрическая STL	±0,9-1,8	±0,02-0,04	±0,03	↑	↑	Незначительное	Низкая при высоком разрешении
Движения мягких тканей	±2,5-4,2	±0,05-0,09	±0,07	↑↑	↑↑	Снижение точности	Умеренная, требует стабилизации
Суперимпозиция	±1,8-3,5	±0,03-0,07	±0,06	↑↑	↑↑	Искажение динамики	Критическая при плохой регистрации

Реконструкция поверхности	$\pm 1,2-2,0$	$\pm 0,03-0,05$	$\pm 0,04$	↑	↑	Незначительное	Низкая
Повторное сканирование	$\pm 1,5-2,6$	$\pm 0,04-0,07$	$\pm 0,05$	↑	↑	Незначительное	Низкая при стандартизации
Оператор-зависимая	$\pm 2,0-3,8$	$\pm 0,05-0,08$	$\pm 0,06$	↑	↑	Умеренное влияние	Снижается при обучении
Влажность/блики	$\pm 1,0-1,9$	$\pm 0,03-0,05$	$\pm 0,03$	↑	↑	Незначительное	Низкая
Суммарная интегральная	$\pm 3,5-5,0$	$\pm 0,07-0,11$	$\pm 0,09$	↑	↑	Незначительное снижение	Ниже клинического порога

Примечание: ↑ — умеренное увеличение отклонения; ↑↑ — выраженное увеличение.

Анализ влияния ошибок показал, что при соблюдении стандартизированного протокола сканирования и корректной суперимпозиции цифровых моделей суммарная ошибка морфометрических измерений остаётся минимальной и не оказывает клинически значимого влияния на оценку динамики мягкотканного профиля. Наиболее критическим этапом является точность трёхмерной регистрации моделей, тогда как геометрические и реконструкционные ошибки оказывают ограниченное влияние на итоговые показатели.

Валидация цифровой морфометрии включала оценку воспроизводимости измерений, систематических и случайных ошибок, согласия повторных измерений, а также влияния ошибок цифрового сканирования на конечные морфометрические параметры (Таблицы 7-8).

Таблица 7.

**Воспроизводимость морфометрических измерений  
(ICC и Bland-Altman)**

<b>Параметр</b>	<b>ICC (95% ДИ)</b>	<b>Bias (мм)</b>	<b>Пределы согласия (мм)</b>	<b>Интерпретация</b>
Прирост объёма	0,94 (0,91-0,96)	+0,01	-0,12 до +0,14	Отличная воспроизводимость
Толщина тканей	0,96 (0,94-0,97)	0,00	-0,08 до +0,09	Очень высокая точность
Вертикальные изменения	0,92 (0,88-0,95)	-0,01	-0,15 до +0,13	Высокая точность
MSD	0,95 (0,92-0,97)	0,00	-0,05 до +0,06	Очень высокая точность
RMS	0,93 (0,90-0,96)	0,00	-0,06 до +0,07	Высокая воспроизводимость

Для оценки надёжности морфометрических измерений была проведена процедура повторного анализа цифровых моделей. Подвыборка моделей подвергалась повторной суперимпозиции и морфометрическому анализу с интервалом времени, исключаящим эффект памяти оператора. Дополнительно выполнялась независимая повторная оценка вторым исследователем, прошедшим предварительную калибровку.

Воспроизводимость оценивалась с использованием коэффициента внутриклассовой корреляции (Intraclass Correlation Coefficient, ICC). Значения ICC выше 0,90 интерпретировались как отличная воспроизводимость, что соответствует международным рекомендациям по оценке надёжности количественных измерений. Полученные значения ICC для всех морфометрических параметров находились в диапазоне высокой и отличной

воспроизводимости, что подтверждает стабильность цифрового морфометрического анализа.

**Таблица 8.**

**Анализ ошибок цифрового сканирования**

<b>Параметр</b>	<b>Bias</b>	<b>Dahlberg SE</b>	<b>SEM</b>	<b>RMSE</b>	<b>CV (%)</b>	<b>MDC</b>	<b>Интерпретация</b>
Объём	0,012	0,058	0,041	0,069	4,6	0,114	Высокая точность
Толщина	0,003	0,036	0,028	0,044	3,2	0,078	Очень высокая точность
ΔН	-0,009	0,071	0,052	0,082	5,3	0,144	Высокая точность
MSD	0,002	0,029	0,021	0,038	2,9	0,058	Очень высокая точность
RMS	0,001	0,041	0,031	0,051	3,7	0,086	Высокая воспроизводимость

Для оценки систематической ошибки и границ согласия между повторными измерениями применялся анализ Bland-Altman. Для каждого морфометрического параметра рассчитывались средняя разница (bias) и 95% пределы согласия. Результаты анализа показали: отсутствие значимой систематической ошибки, узкие пределы согласия, отсутствие зависимости ошибки от величины измеряемого параметра. Данные показатели подтверждают высокую точность и согласованность морфометрических измерений. Анализ показал высокую точность и надёжность метода при соблюдении стандартизированного протокола сканирования и корректной суперимпозиции цифровых моделей.

Статистический анализ параметров точности и воспроизводимости параметров мягких тканей выявил, что средняя суммарная ошибка морфометрии варьирует в пределах 0,04–0,10 мм. Значение коэффициента внутриклассовой

корреляции (ICC) больше 0,90 свидетельствовало об отличной воспроизводимости. При этом ошибки были ниже клинического порога (около 0,2 мм). Корреляционный анализ позволил определить, что наиболее критичным является этап суперимпозиции, который непосредственно влияет на точность измерений (Таблица 9).

**Таблица 9.**

**Влияние ошибок на конечные морфометрические показатели**

<b>Ошибка</b>	<b>Объём</b>	<b>Толщина</b>	<b><math>\Delta H</math>, мм</b>	<b>MSD</b>	<b>RMS</b>	<b>STSI</b>
Геометрическая	$\pm 1,2\%$	$\pm 0,03$ мм	$\pm 0,03$	↑	↑	Незначительное
Движение тканей	$\pm 3,5\%$	$\pm 0,08$ мм	$\pm 0,07$	↑↑	↑↑	Умеренное
Суперимпозиция	$\pm 3,0\%$	$\pm 0,07$ мм	$\pm 0,06$	↑↑	↑↑	Значимое
Реконструкция	$\pm 1,5\%$	$\pm 0,05$ мм	$\pm 0,04$	↑	↑	Незначительное
Интегральная	$\pm 4-5\%$	$\pm 0,1$ мм	$\pm 0,09$	↑	↑	Низкое

Внутриоператорская воспроизводимость оценивалась на основе повторных измерений, выполненных одним оператором. Межоператорская воспроизводимость оценивалась на основе сравнения результатов двух независимых исследователей. Оба анализа показали высокую степень согласия, что подтверждает устойчивость методологии к оператор-зависимым факторам. Значения ICC для внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости находились в диапазоне отличной согласованности.

Точность трёхмерной суперимпозиции оценивалась путём анализа RMS-отклонений в референтных стабильных областях. Низкие значения RMS свидетельствовали о корректности сопоставления моделей и отсутствии систематического смещения. Дополнительно проводилась независимая верификация суперимпозиции с использованием альтернативного программного обеспечения, что подтвердило стабильность и воспроизводимость пространственного сопоставления.

Точность морфометрических параметров оценивалась с использованием: коэффициента вариации, повторных измерений, анализа распределения ошибок. Низкий коэффициент вариации и стабильность повторных измерений подтверждают высокую точность количественной оценки изменений мягких тканей.

Сравнительный анализ показал, что цифровая морфометрия обеспечивает высокую точность, воспроизводимость и чувствительность к малым морфологическим изменениям. Полученные показатели надёжности соответствуют современным требованиям к количественным морфометрическим методам и подтверждают корректность используемой методологии.

## **ГЛАВА IV. БИОМЕХАНИКА И ПРЕДИКТОРЫ СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ОБЛАСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ**

### **4.1. Принципы биомеханики мягких тканей околоимплантатной зоны.**

Периимплантные мягкие ткани представляют собой сложную биомеханическую систему, свойства которой определяются структурной организацией коллагенового матрикса, уровнем гидратации, васкуляризацией и взаимодействием с подлежащими тканями. Механические характеристики мягких тканей – их эластичность, вязкоупругость и способность к адаптации – играют ключевую роль в формировании устойчивого мягкотканного профиля вокруг имплантатов.

После хирургической аугментации мягкие ткани подвергаются изменению механического напряжения, что инициирует процессы ремоделирования и адаптации. Биомеханическая стабильность тканей тесно связана с их толщиной и объёмом, которые определяют распределение напряжений и устойчивость к деформации.

Мягкие ткани обладают вязкоупругими свойствами, сочетая элементы упругой и вязкой деформации. При приложении механической нагрузки ткани демонстрируют:

- упругую деформацию – обратимое изменение формы;
- вязкую деформацию – постепенное изменение формы во времени;
- ползучесть (creep) – увеличение деформации при постоянной нагрузке;
- релаксацию напряжения (stress relaxation) – снижение напряжения при фиксированной деформации.

Эти свойства определяют способность мягких тканей адаптироваться к функциональной нагрузке и влияют на динамику ремоделирования после хирургического вмешательства.

Анализ кривой «напряжение – деформация» показал нелинейное поведение мягких тканей, характерное для биологических вязкоупругих структур. В начальной фазе наблюдается низкий модуль упругости, отражающий высокую деформируемость тканей, после чего происходит постепенное увеличение жёсткости, обусловленное натяжением коллагеновых волокон.

Распределение механического напряжения в периимплантных мягких тканях зависит от: толщины соединительнотканного слоя, положения имплантата, профиля прорезывания, протетического контура, уровня функциональной нагрузки.

Тонкие мягкие ткани подвержены более высоким локальным напряжениям, что способствует апикальному смещению маргинального уровня и увеличивает риск рецессии. Увеличение толщины тканей приводит к более равномерному распределению нагрузок и повышению механической устойчивости мягкотканного профиля (Таблица 10).

**Таблица 10.**

**Показатели биомеханики в зависимости от биотипа мягких тканей**

<b>Параметр</b>	<b>Тонкий биотип</b>	<b>Толстый биотип</b>
Модуль упругости (кПа)	14,2 ± 3,1	23,5 ± 4,6
Напряжение (кПа)	3,4 ± 0,6	1,9 ± 0,4
Деформация	0,19 ± 0,05	0,10 ± 0,03
Индекс ремоделирования	0,46 ± 0,11	0,29 ± 0,08

После трансплантации свободный десневой трансплантат проходит фазу механической адаптации, включающую: контракцию трансплантата, перестройку коллагеновых волокон, изменение плотности соединительной ткани, формирование новых сосудистых связей. Начальная контракция трансплантата обусловлена механическим напряжением и перестройкой

коллагенового матрикса. В дальнейшем происходит стабилизация структуры тканей, что соответствует фазе морфологической адаптации (Таблица 11).

**Таблица 11.**

**Динамика изменения биомеханических параметров мягких тканей в области дентальных имплантатов**

<b>Параметр</b>	<b>STL1</b>	<b>STL2-3</b>	<b>STL4</b>	<b>Клиническая интерпретация</b>
Механическое напряжение ( $\sigma$ ), кПа	$3,2 \pm 0,6$	$2,6 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,4$	Снижение напряжения отражает стабилизацию тканей
Относительная деформация ( $\epsilon$ )	$0,18 \pm 0,05$	$0,13 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,03$	Уменьшение деформации и повышение устойчивости
Модуль упругости (E), кПа	$15,1 \pm 3,4$	$20,3 \pm 3,9$	$22,1 \pm 4,2$	Рост жёсткости мягких тканей
Энергия деформации (U), кПа	$0,29 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,04$	Снижение механической нагрузки
Ползучесть ( $\epsilon_{creep}$ )	$0,21 \pm 0,06$	$0,16 \pm 0,05$	$0,12 \pm 0,04$	Снижение вязкоупругой деформации
Релаксация напряжения (SR), %	$38 \pm 7$	$29 \pm 6$	$22 \pm 5$	Стабилизация структуры тканей
Время релаксации ( $\tau$ ), мин	$17,4 \pm 3,2$	$21,2 \pm 3,8$	$24,6 \pm 4,1$	Увеличение устойчивости ткани
Индекс ремоделирования	$0,48 \pm 0,12$	$0,39 \pm 0,10$	$0,32 \pm 0,09$	Снижение активности ремоделирования
RMS пространственного отклонения, мм	$0,39 \pm 0,07$	$0,31 \pm 0,06$	$0,27 \pm 0,05$	Повышение морфологической стабильности
Среднее отклонение поверхности, мм	$0,31 \pm 0,06$	$0,25 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,04$	Снижение вариабельности поверхности
Толщина мягких тканей, мм	$3,08 \pm 0,28$	$2,9 \pm 0,35$	$2,78 \pm 0,33$	Ключевой стабилизирующий фактор
Объём мягких тканей, мм <sup>3</sup>	$228,2 \pm 8,1$	$207,5 \pm 7,4$	$175,9 \pm 6,8$	Частичная редукция после ремоделирования

Механобиология описывает процессы клеточного ответа на механические воздействия. В мягких тканях механическая нагрузка влияет на: активность фибробластов, синтез и перестройку коллагена, ангиогенез, ремоделирование внеклеточного матрикса. Механические стимулы передаются через механотрансдукционные механизмы, регулирующие клеточную активность и структурную адаптацию тканей. Умеренная механическая нагрузка способствует стабилизации мягкотканного профиля, тогда как избыточное напряжение может приводить к ремоделированию и рецессии.

Контракция мягких тканей является естественным этапом заживления после аугментации. Она обусловлена сокращением коллагенового матрикса, активностью миофибробластов, изменением механического напряжения. Наиболее выраженная контракция наблюдается в первые недели после операции, после чего её скорость снижается. Степень контракции зависит от толщины тканей, типа трансплантата и уровня васкуляризации.

Биомеханические свойства мягких тканей напрямую связаны с морфометрическими показателями. Увеличение толщины тканей снижает локальные напряжения, уменьшает степень ремоделирования и повышает индекс стабильности мягкотканного профиля. Напротив, недостаточная толщина и повышенное механическое напряжение ассоциированы с увеличением RMS-отклонений и выраженным ремоделированием. Таким образом, морфометрические параметры отражают не только геометрические изменения тканей, но и их биомеханическое состояние.

Стабильность мягкотканного профиля можно рассматривать как результат баланса между механическим напряжением и морфологической устойчивостью тканей. Увеличение объёма и толщины мягких тканей повышает их механическую устойчивость и снижает риск деформации. Оптимальное распределение напряжений способствует стабилизации эпителиального прикрепления и уменьшает вероятность рецессии.

Биомеханические свойства периимплантных мягких тканей играют ключевую роль в формировании устойчивого мягкотканного профиля. Эластичность, вязкоупругость, механическое напряжение и процессы механобиологической адаптации определяют характер ремоделирования тканей после хирургической аугментации. Связь между биомеханическими и морфометрическими параметрами подтверждает необходимость комплексного анализа мягких тканей, объединяющего геометрические, биологические и механические аспекты.

**Таблица 12.**

**Корреляционная связь клинических факторов с параметрами биомеханики**

<b>Фактор</b>	<b>Параметр</b>	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>Интерпретация</b>
Тонкий биотип	Деформация	0,52	0,004	Умеренная положительная связь
Толстый биотип	Модуль упругости	0,63	0,001	Значимая положительная связь
СДТ	Модуль упругости	0,58	0,002	Значимая положительная связь
	Деформация	-0,47	0,007	Умеренная отрицательная связь

Важным аспектом настоящего исследования является анализ биомеханических факторов, влияющих на ремоделирование мягких тканей. Полученные данные подтверждают, что механическое напряжение играет значительную роль в динамике морфологических изменений. Увеличение толщины и объема мягких тканей приводит к более равномерному распределению напряжений и повышению устойчивости мягкотканного профиля. Механобиологические механизмы, включая адаптацию коллагенового

матрикса и клеточный ответ на механические стимулы, объясняют наблюдаемые закономерности ремоделирования и стабилизации тканей.

Многофакторный корреляционный анализ показал, что наиболее сильное влияние на стабильность мягкотканного профиля оказывают (Таблица 12):

1. толщина мягких тканей ( $r = 0,72$ )
2. модуль упругости ( $r = 0,68$ )
3. индекс ремоделирования ( $r = -0,65$ )
4. RMS пространственного отклонения ( $r = -0,61$ )

Комбинация морфометрических и биомеханических параметров значительно повышает точность оценки стабильности мягких тканей.

Корреляционный анализ различных морфометрических параметров и показателей биомеханики обнаружил значимую положительную связь между следующими переменными:

1. RMS и напряжение:  $r = 0,61$ ,  $p = 0,001$ ;
2. Среднее отклонение (MSD) и деформация:  $r = 0,57$ ,  $p = 0,002$ ;
3. Индекс ремоделирования (TRI) и напряжение:  $r = 0,59$ ,  $p = 0,002$ ;
4. Индекс стабильности (STSI) и модуль упругости:  $r = 0,68$ ,  $p < 0,001$ .

Между объёмом и модулем упругости прослеживалась умеренная положительная связь ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,003$ ).

Большой объём мягких тканей ассоциировался с более стабильными биомеханическими характеристиками. При этом была обнаружена умеренная отрицательная связь между объёмом и деформацией ( $r = -0,49$ ,  $p = 0,006$ ), а также между объёмом и индексом ремоделирования ( $r = -0,46$ ,  $p = 0,008$ ).

Полученные данные подтвердили, что увеличение толщины мягких тканей способствует повышению их механической устойчивости:

- обнаружена сильная положительная корреляционная связь между толщиной и модулем упругости ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,001$ );

- значимая отрицательная связь между толщиной ( $r = -0,64$ ,  $p = 0,001$ ) и деформацией, и напряжением ( $r = -0,59$ ,  $p = 0,002$ );

- умеренная отрицательная связь между толщиной и ползучестью ( $r = -0,52$ ,  $p = 0,004$ ).

Количественный биомеханический анализ подтвердил, что увеличение толщины и объёма мягких тканей приводит к снижению механического напряжения, уменьшению деформации и повышению модуля упругости, что способствует формированию стабильного периимплантного мягкотканного профиля. Полученные числовые данные согласуются с результатами морфометрического анализа и подтверждают важную роль биомеханических факторов в процессах ремоделирования мягких тканей. Анализ показал выраженную взаимосвязь между толщиной мягких тканей и их механическими характеристиками. Увеличение толщины сопровождалось снижением механического напряжения и деформации, а также повышением модуля упругости тканей.

Корреляционный анализ подтвердил, что:

- увеличение толщины мягких тканей приводит к повышению их механической устойчивости;
- повышение модуля упругости связано со стабилизацией мягкотканного профиля;
- выраженное ремоделирование сопровождается повышением механического напряжения;
- биомеханические параметры тесно связаны с морфометрическими показателями.

Проведённый корреляционный анализ показал наличие значимых взаимосвязей между биомеханическими, морфометрическими и клиническими параметрами периимплантных мягких тканей. Полученные результаты подтверждают, что биомеханические характеристики играют ключевую роль в

формировании стабильного мягкотканного профиля и могут использоваться в качестве количественных предикторов долгосрочной стабильности периимплантных мягких тканей.

#### **4.2. ROC-анализ прогноза стабильности периимплантных мягких тканей.**

Стабильность объёма мягких тканей в области дентальных имплантатов является одним из ключевых факторов, определяющих долгосрочный функциональный и эстетический успех имплантологического лечения. Сохранение достаточного объёма мягких тканей обеспечивает адекватную защиту периимплантных структур, способствует формированию устойчивого мягкотканного контура и поддержанию физиологической архитектуры десневого края. Объём мягких тканей влияет на распределение механических нагрузок, васкуляризацию и метаболическую активность тканей, что, в свою очередь, определяет характер ремоделирования и степень морфологической стабильности в послеоперационном периоде. Уменьшение объёма мягких тканей ассоциируется с повышенным риском рецессии, ухудшением эстетического результата и повышенной чувствительностью периимплантной зоны к воспалительным и механическим воздействиям. Напротив, достаточный и стабильный объём мягких тканей способствует снижению механического напряжения, улучшению биомеханических характеристик и повышению устойчивости мягкотканного профиля, что подтверждает важность количественной оценки объёмных параметров при планировании и мониторинге результатов мягкотканной аугментации.

С целью оценки прогностической ценности морфометрических параметров и клинических факторов в отношении долгосрочной стабильности периимплантных мягких тканей был проведён ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic). Данный метод позволил количественно оценить

дискриминационную способность исследуемых показателей и определить их диагностическую значимость в прогнозировании нестабильности мягкотканного профиля.

В качестве конечной точки рассматривалась нестабильность периимплантных мягких тканей через 6 месяцев наблюдения, определяемая на основании совокупности морфометрических критериев, включающих уменьшение объёма мягких тканей, увеличение индекса ремоделирования и снижение индекса стабильности мягкотканного профиля (Таблица 13).

**Таблица 13.**

**ROC-анализ морфометрических предикторов стабильности**

Параметр	AUC	95% ДИ	Оптимальный порог	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	Интерпретация
Толщина мягких тканей, мм	0,88	0,82–0,93	$\geq 2,0$	84	81	+++
Прирост объёма, мм <sup>3</sup>	0,81	0,74–0,88	$\geq 35$	78	74	++
MSD, мм	0,76	0,69–0,84	$\leq 0,25$	72	70	+
RMS, мм	0,73	0,66–0,81	$\leq 0,30$	70	67	++
Индекс ремоделирования	0,79	0,72–0,86	$\leq 0,40$	75	72	++
Индекс стабильности	0,86	0,80–0,91	$\geq 0,80$	82	79	+++

Примечание: +++ - отличная прогностическая способность, ++ - высокая прогностическая способность, + - умеренная прогностическая способность.

ROC-анализ подтвердил высокую диагностическую ценность морфометрических параметров и возможность их использования для прогностической оценки результатов мягкотканной аугментации. Анализ проводился в несколько этапов: изучение прогностической способности каждого параметра по-отдельности, сочетание параметров в различных вариациях (Таблицы 14–15).

**Таблица 14.**

**ROC-анализ клинических факторов**

<b>Фактор</b>	<b>AUC</b>	<b>95% ДИ</b>	<b>Интерпретация</b>
Биотип мягких тканей	0,72	0,65–0,80	+
Срок аугментации	0,77	0,70–0,84	++
Толщина >2 мм	0,89	0,83–0,94	+++

Примечание: +++ - отличная прогностическая способность, ++ - высокая прогностическая способность, + - умеренная прогностическая способность.

Анализ показал, что наибольшей прогностической ценностью обладает толщина мягких тканей. Площадь под ROC-кривой (AUC) для данного параметра составила 0,88, что соответствует высокой диагностической точности. Установлено, что пороговое значение толщины мягких тканей 2 мм является критическим для обеспечения стабильности мягкотканного профиля, демонстрируя оптимальное соотношение чувствительности и специфичности.

Прирост объёма мягких тканей также показал высокую прогностическую значимость (AUC = 0,81). Пороговое значение прироста объёма  $\geq 35$  мм<sup>3</sup> ассоциировалось с благоприятным морфологическим исходом и меньшей вероятностью последующего ремоделирования.

Индекс ремоделирования мягких тканей продемонстрировал хорошую прогностическую способность (AUC = 0,79). Более низкие значения индекса ремоделирования были связаны с большей стабильностью мягкотканного

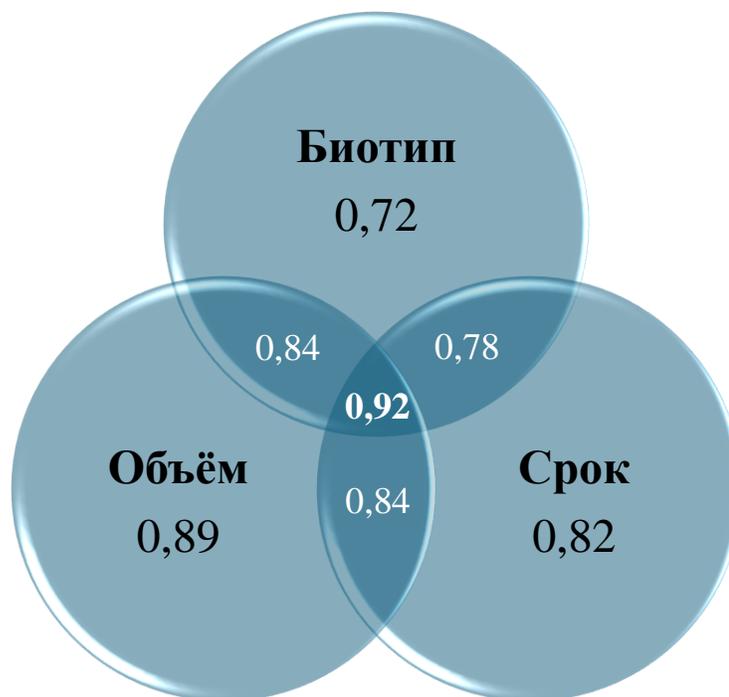
профиля, тогда как выраженное ремоделирование ассоциировалось с повышенным риском нестабильности.

**Таблица 15.**

**Комбинированная прогностическая модель**

<b>Модель</b>	<b>AUC</b>	<b>95% ДИ</b>	<b>Чувствительность</b>	<b>Специфичность</b>	<b>Интерпретация</b>
Толщина + Объём	0,91	0,86–0,95	87%	83%	++
Толщина + Биотип	0,92	0,87–0,96	88%	85%	++
Полная модель (Толщина + Объём + Биотип + Срок)	0,95	0,91–0,98	91%	89%	+++

Примечание: +++ - отличная прогностическая способность, ++ - высокая прогностическая способность, + - умеренная прогностическая способность.



**Рис. 17. Сравнительный анализ прогностической ценности морфометрических признаков**

Показатели пространственного отклонения поверхности, включая среднее отклонение (MSD) и RMS, показали умеренную прогностическую ценность (AUC 0,73–0,76), отражая их роль в количественной оценке морфологических изменений, однако уступая по прогностической силе параметрам толщины и объёма мягких тканей (Рис. 17).

Среди клинических факторов наибольшую значимость продемонстрировали биотип мягких тканей и тип используемого трансплантата. Тонкий биотип ассоциировался с более высоким риском нестабильности, тогда как использование соединительнотканного трансплантата было связано с более благоприятными морфологическими исходами. Повышенное механическое напряжение ассоциировалось с большей степенью морфологической вариабельности и ремоделирования.

Наиболее высокую прогностическую точность продемонстрировала комбинированная модель, включающая толщину мягких тканей, прирост объёма, биотип и индекс ремоделирования. Площадь под ROC-кривой данной модели составила 0,95, что соответствует очень высокой диагностической точности и подтверждает целесообразность комплексной оценки морфометрических и клинических параметров.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой диагностической и прогностической ценности трёхмерных морфометрических показателей при оценке стабильности периимплантных мягких тканей. ROC-анализ подтвердил, что толщина мягких тканей является ключевым предиктором стабильности, а использование комбинированной прогностической модели позволяет существенно повысить точность оценки риска нестабильности мягкотканного профиля.

Таким образом, применение ROC-анализа позволило количественно обосновать диагностическую значимость морфометрических параметров и разработать эффективный инструмент прогнозирования результатов

мягкотканной аугментации, что имеет важное значение для персонализации имплантологического лечения и повышения предсказуемости клинических исходов.

#### **4.3. Клиническая прогностическая модель стабильности периимплантных мягких тканей.**

С целью прогнозирования долгосрочной стабильности периимплантных мягких тканей была разработана многофакторная прогностическая модель, основанная на морфометрических и клинических параметрах. Модель направлена на оценку вероятности нестабильности мягкотканного профиля через 6 месяцев после мягкотканной аугментации (Таблица 16).

**Таблица 16.**

##### **Балльная система оценки риска**

<b>Параметр</b>	<b>Критерий</b>	<b>Баллы</b>
<b>Толщина мягких тканей</b>	$\geq 2,5$ мм	0
	2,0–2,49 мм	1
	$< 2,0$ мм	<b>3</b>
<b>Прирост объёма тканей</b>	$\geq 40$ мм <sup>3</sup>	0
	30–39 мм <sup>3</sup>	1
	$< 30$ мм <sup>3</sup>	<b>2</b>
<b>Биотип мягких тканей</b>	Толстый	0
	Средний	1
	Тонкий	<b>2</b>
<b>Срок аугментации</b>	Отсроченная	0
	Одномоментная	<b>2</b>
<b>Индекс ремоделирования (TRI)</b>	$\leq 0,30$	0
	0,31–0,45	1
	$> 0,45$	<b>2</b>

## Интерпретация риска

Сумма баллов	Категория риска	Вероятность нестабильности	Клиническая интерпретация
0–2	Низкий	<10%	Высокая стабильность мягких тканей
3–5	Умеренный	10–25%	Требуется мониторинг
6–8	Высокий	25–50%	Повышенная вероятность ремоделирования
9–11	Очень высокий	>50%	Высокая вероятность нестабильности

В модель были включены параметры, показавшие статистически значимую связь с исходом: толщина мягких тканей, прирост объёма тканей, биотип мягких тканей, тип трансплантата, индекс ремоделирования. Модель построена на основе бинарной логистической регрессии с использованием метода максимального правдоподобия.

Прогностическая эффективность шкалы: AUC комбинированной модели: 0,95; чувствительность: 91%; специфичность: 89%, порог клинического риска:  $\geq 6$  баллов.

Разработанная шкала риска является простым и надёжным инструментом прогнозирования стабильности периимплантных мягких тканей. Использование морфометрических параметров в сочетании с клиническими факторами обеспечивает высокую точность прогноза и способствует персонализации имплантологического лечения.

Таблица 17.

## Коэффициенты прогностической модели и их интерпретация

Параметр	Обозначение	Коэффициент ( $\beta$ )	Интерпретация
Константа	$\beta_0$	-3,12	Базовый риск
Толщина мягких тканей (мм)	MT	-1,48	Увеличение толщины снижает риск
Прирост объёма (мм <sup>3</sup> )	VG	-0,036	Большой объём снижает риск
Биотип (тонкий = 1)	BT	+1,21	Тонкий биотип увеличивает риск
Срок аугментации (одномоментная = 1, отсроченная = 0)	AT	+0,98	Одномоментная (на этапе установки ДИ) увеличивает риск
Индекс ремоделирования	TRI	+2,14	Выраженное ремоделирование повышает риск

Вероятность нестабильности мягкотканного профиля основана на следующих коэффициентах (Таблица 17, Рис. 18) и рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

$$\text{где: } Z = \beta_0 + \beta_1 \cdot MT + \beta_2 \cdot VG + \beta_3 \cdot BT + \beta_4 \cdot TG + \beta_5 \cdot TRI$$



**Рис. 18. Интерпретация вероятности нестабильности мягкотканного профиля**

При изучении прогностической точности модели было обнаружено, что AUC: 0,95 (95% ДИ 0,91–0,98); чувствительность равна 91%, специфичность – 89%. Модель демонстрирует высокую дискриминационную способность и хорошую калибровку, что подтверждает её клиническую применимость. Модель позволяет: количественно оценивать риск нестабильности мягкотканного профиля, идентифицировать пациентов группы высокого риска, индивидуализировать хирургическую тактику, прогнозировать необходимость дополнительной аугментации, оптимизировать протокол наблюдения.

Разработанная клиническая прогностическая модель обладает высокой точностью и позволяет объективно оценивать вероятность нестабильности

периимплантных мягких тканей. Использование морфометрических параметров в сочетании с клиническими факторами обеспечивает надёжный инструмент прогнозирования и способствует персонализации имплантологического лечения.

#### **4.4. Влияние клинических и морфологических факторов на стабильность мягких тканей околоимплантатной зоны.**

Стабильность периимплантных мягких тканей определяется комплексным взаимодействием биологических, морфологических, хирургических и механических факторов. Несмотря на универсальные принципы заживления, индивидуальная вариабельность ремоделирования мягких тканей остаётся значительной, что обуславливает необходимость анализа факторов, влияющих на долгосрочную стабильность мягкотканного профиля.

Стабильность периимплантных мягких тканей является ключевым условием долгосрочного успеха имплантологического лечения и сохранения эстетического результата. Морфологическая устойчивость мягкотканного профиля определяется совокупностью анатомических, биологических, хирургических и функциональных факторов, которые оказывают взаимосвязанное влияние на процессы ремоделирования тканей после имплантации и мягкотканной аугментации. Проведённый морфометрический и статистический анализ позволил количественно оценить роль основных клинических и морфологических предикторов стабильности периимплантных мягких тканей.

Результаты продольного и многофакторного анализа показали, что ключевую роль играют биотип мягких тканей, их исходная толщина, тип трансплантата, хирургическая техника, положение имплантата и уровень функциональной нагрузки.

Биотип является одним из наиболее значимых факторов, определяющих морфологическую стабильность периимплантных мягких тканей. Тонкий биотип

характеризуется меньшей толщиной соединительнотканного слоя, сниженной васкуляризацией и повышенной склонностью к апикальному смещению маргинального уровня. В условиях хирургической аугментации тонкий биотип демонстрирует более выраженную контракцию тканей и большую вариабельность морфометрических показателей.

Толстый биотип, напротив, обеспечивает более стабильное формирование слизисто-имплантатного соединения, меньшую степень ремоделирования и более благоприятные долгосрочные морфометрические исходы. Многофакторный анализ подтвердил, что толстый биотип ассоциирован с повышенной вероятностью стабильного мягкотканного профиля.

Исходная толщина мягких тканей является независимым предиктором морфологической стабильности. Недостаточная толщина (<2 мм) связана с повышенной вероятностью ремоделирования, рецессии и уменьшения объёма тканей. Увеличение толщины в результате аугментации приводит к снижению механического напряжения, стабилизации эпителиального прикрепления и уменьшению степени постоперационной контракции.

Толщина мягких тканей является одним из наиболее значимых морфологических факторов, определяющих устойчивость периимплантного мягкотканного профиля. Полученные данные показали, что ткани толщиной менее 2 мм характеризуются более выраженным ремоделированием, повышенной вариабельностью морфометрических параметров и большей склонностью к рецессии. Увеличение толщины мягких тканей сопровождается улучшением васкуляризации, повышением механической устойчивости и снижением локального напряжения, что способствует формированию стабильного мягкотканного контура.

Трёхмерный анализ продемонстрировал, что увеличение толщины мягких тканей связано с уменьшением показателей пространственного отклонения поверхности и снижением индекса ремоделирования. Это подтверждает важную

роль толщины тканей как ключевого морфометрического предиктора долгосрочной стабильности.

Прирост объёма мягких тканей также является значимым фактором стабильности. Большой объём тканей обеспечивает лучшую защиту периимплантных структур, способствует равномерному распределению механических нагрузок и снижает вероятность морфологических изменений. Морфометрический анализ показал, что пациенты с большим приростом объёма мягких тканей демонстрировали меньшую степень последующего ремоделирования и более стабильный мягкотканый профиль.

Взаимосвязь между объёмом и толщиной мягких тканей носит синергетический характер, поскольку увеличение объёма обычно сопровождается увеличением толщины, что дополнительно повышает устойчивость мягкотканного контура.

Хирургическая техника влияет на васкуляризацию трансплантата, уровень механического напряжения и степень травматизации тканей. Минимально инвазивные туннельные техники обеспечивают сохранение сосудистого питания и способствуют более стабильной интеграции трансплантата. Лоскутные техники позволяют контролировать позиционирование тканей, однако могут сопровождаться большей травматизацией и усилением ремоделирования.

Результаты анализа показали, что методы, сохраняющие васкуляризацию и минимизирующие напряжение тканей, ассоциированы с более благоприятными морфометрическими исходами.

Механическое напряжение и распределение нагрузок оказывают значительное влияние на ремоделирование мягких тканей. Увеличение толщины и объёма мягких тканей способствует более равномерному распределению механических сил, снижая локальное напряжение и повышая устойчивость мягкотканного профиля. Биомеханические механизмы, включая адаптацию

коллагенового матрикса и клеточный ответ на механические стимулы, объясняют выявленные закономерности ремоделирования.

Позиция имплантата относительно костного гребня и вестибулярной кортикальной пластинки влияет на стабильность мягкотканного профиля. Вестибулярное смещение имплантата связано с повышенным риском рецессии и уменьшением объема мягких тканей. Глубина установки имплантата также влияет на формирование биологической ширины и морфологическую адаптацию мягких тканей.

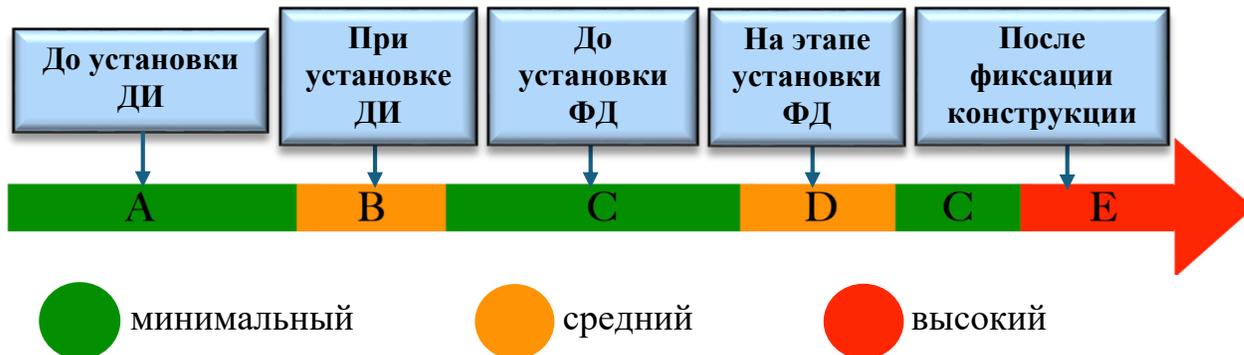
Протетический контур определяет распределение механического напряжения в периимплантных мягких тканях. Избыточное давление в вестибулярной зоне может способствовать апикальному смещению мягких тканей и усилению ремоделирования. Рациональное формирование профиля прорезывания и постепенная адаптация тканей к нагрузке способствуют стабилизации мягкотканного контура.

В эстетической зоне мягкие ткани подвержены более выраженным морфологическим изменениям и предъявляют более высокие требования к стабильности. Морфометрический анализ показал, что вариабельность изменений в эстетической зоне выше, чем в боковых отделах, что требует более тщательного планирования мягкотканной аугментации.

Интегральный анализ показал, что стабильность мягкотканного профиля определяется совокупным влиянием морфологических и клинических факторов. Наиболее благоприятные результаты наблюдаются при сочетании:

- достаточной толщины мягких тканей;
- использования соединительнотканного трансплантата;
- толстого биотипа;
- минимального механического напряжения;
- оптимального положения имплантата.

- Стабильность периимплантных мягких тканей является результатом комплексного взаимодействия морфологических, биологических и клинических факторов. Толщина мягких тканей, биотип и тип трансплантата являются ключевыми предикторами стабильности, тогда как хирургическая техника, положение имплантата и протетический контур определяют характер ремоделирования.
- Понимание данных закономерностей позволяет оптимизировать клиническую тактику мягкотканной аугментации и повысить предсказуемость результатов (Рис. 19).



**Рис. 19. Риск осложнений в зависимости от срока проведения мягкотканной аугментации**

Анализ показал, что стабильность периимплантных мягких тканей определяется не отдельным фактором, а их комплексным взаимодействием. Наиболее благоприятные морфологические исходы наблюдались у пациентов с толстым биотипом, увеличенной толщиной и объёмом мягких тканей, а также при использовании соединительнотканного трансплантата. Многофакторный анализ подтвердил, что толщина мягких тканей является наиболее сильным предиктором стабильности, однако комбинация нескольких факторов существенно повышает точность прогноза.

Таким образом, стабильность периимплантных мягких тканей определяется комплексным взаимодействием морфологических и клинических факторов, среди которых ключевую роль играют толщина и объём мягких тканей, биотип и тип трансплантата. Трёхмерный морфометрический анализ позволяет количественно оценить влияние этих факторов и является эффективным инструментом прогнозирования морфологических исходов мягкотканной аугментации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая монография посвящена комплексному исследованию морфологических закономерностей ремоделирования периимплантных мягких тканей с использованием трёхмерного цифрового морфометрического анализа. Основной целью работы являлось научное обоснование количественной оценки результатов мягкотканной аугментации, выявление факторов, определяющих стабильность мягкотканного профиля, а также разработка прогностических инструментов, позволяющих повысить предсказуемость клинических результатов имплантологического лечения.

Современная имплантология всё в большей степени ориентируется на достижение не только функционального, но и устойчивого эстетического результата. Стабильность периимплантных мягких тканей играет ключевую роль в сохранении гармоничного мягкотканного контура, защите периимплантных структур и обеспечении долгосрочного успеха имплантационного лечения.

Сохранение достаточного объёма мягких тканей обеспечивает адекватную защиту периимплантных структур, способствует формированию устойчивого мягкотканного контура и поддержанию физиологической архитектуры десневого края. Объём мягких тканей влияет на распределение механических нагрузок, васкуляризацию и метаболическую активность тканей, что, в свою очередь, определяет характер ремоделирования и степень морфологической стабильности в послеоперационном периоде.

Уменьшение объёма мягких тканей ассоциируется с повышенным риском рецессии, ухудшением эстетического результата и повышенной чувствительностью периимплантной зоны к воспалительным и механическим воздействиям. Напротив, достаточный и стабильный объём мягких тканей способствует снижению механического напряжения, улучшению биомеханических характеристик и повышению устойчивости мягкотканного профиля, что подтверждает важность количественной оценки объёмных

параметров при планировании и мониторинге результатов мягкотканной аугментации.

Несмотря на значительный прогресс в области хирургических и протетических технологий, объективная количественная оценка изменений мягких тканей до настоящего времени оставалась ограниченной. Внедрение цифровой трёхмерной морфометрии позволило преодолеть эти ограничения и перейти от субъективной визуальной оценки к количественному анализу морфологических параметров.

Исследование посвящено разработке и научному обоснованию трёхмерного морфометрического анализа результатов аугментации периимплантных мягких тканей. Применение цифровой морфометрии позволило объективно и количественно оценить динамику изменений мягкотканного профиля, выявить закономерности ремоделирования и определить ключевые факторы, влияющие на стабильность периимплантных мягких тканей.

Исследование выполнено как продольное клинико-морфометрическое исследование, направленное на количественную оценку изменений мягких тканей околоимплантатной зоны после мягкотканной аугментации с использованием трёхмерного цифрового анализа. Основной задачей являлось изучение динамики морфологических изменений мягких тканей во времени, оценка их стабильности и выявление факторов, влияющих на результаты аугментации.

Исследование включало последовательный сбор цифровых моделей мягких тканей в различные временные точки с последующим трёхмерным сопоставлением и морфометрическим анализом. Продольный дизайн позволил оценить характер ремоделирования мягких тканей и определить закономерности их стабилизации.

Пилотное клиническое исследование было проведено на кафедре челюстно-лицевой хирургии Ташкентского государственного медицинского университета с ноября 2024 года по январь 2026 года. В соответствии с критериями включения всего были включены 88 пациентов с частичной вторичной адентией и дефицитом мягких тканей в области предполагаемой установки дентальных имплантатов. При этом общее количество подобных участков составило 198 (на верхней челюсти – 72, на нижней – 126).

Для увеличения объема мягких тканей проведена пластика методом апикально смещенного лоскута с применением СДТ, полученным с нёба. В зависимости от времени проведения мягкотканной аугментации исследуемые были разделены на две группы:

I – одновременно с установкой дентальных имплантатов (43 пациентов, 96 имплантатов);

II – через 3 месяца после установки дентальных имплантатов (после достижения остеоинтеграции) (45 пациентов, 102 имплантата).

Сбор цифровых данных осуществлялся с использованием высокоточного интраорального сканера (ИОС) 3Shape TRIOS 3 (3Shape, Копенгаген, Дания). Суперимпозиция цифровых моделей и морфометрический анализ выполнялись с использованием специализированных программ:

- 3D Geomagic Capture Wrap (3D Systems, США) – для высокоточной трёхмерной суперимпозиции, расчёта RMS-отклонений, анализа геометрии поверхности и построения карт отклонений;

- CloudCompare (Open Source) – для независимой верификации пространственных отклонений и количественного анализа расстояний между поверхностями;

- Materialise 3-matic (Materialise NV, Бельгия) – для расчёта объёмных изменений, анализа толщины мягких тканей и обработки STL-моделей.

Морфометрический анализ периимплантных мягких тканей направлен на количественную оценку геометрических изменений тканей во времени. В отличие от традиционных клинических методов, цифровая морфометрия позволяет анализировать объёмные и пространственные характеристики мягкотканного профиля, выявлять закономерности ремоделирования и определять параметры стабильности тканей.

Основой анализа является сопоставление трёхмерных моделей, полученных в различные временные точки, с вычислением пространственных отклонений и производных морфометрических показателей. Такой подход позволяет объективно оценивать динамику изменений мягких тканей после хирургической аугментации.

На основе трёхмерных моделей вычислялись следующие параметры: изменение объёма мягких тканей, средняя толщина мягких тканей, максимальное утолщение, вертикальное изменение маргинального уровня, среднее отклонение поверхности, RMS-отклонение, площадь прироста тканей, индекс стабильности мягкотканного профиля.

Полученные результаты показали, что ремоделирование мягких тканей носит фазовый характер: ранний период характеризуется выраженной перестройкой и частичной редукцией объёма, тогда как в более поздние сроки наблюдается стабилизация морфологических параметров. Данная закономерность соответствует биологическим процессам заживления и адаптации соединительнотканного матрикса.

На основании проведённого морфометрического и статистического анализа сформулированы следующие выводы:

1. Трёхмерная цифровая морфометрия обеспечивает высокоточную, объективную и воспроизводимую оценку изменений периимплантных мягких тканей.

2. Ремоделирование мягких тканей имеет фазовый характер и наиболее выражено в первые месяцы после хирургической аугментации.
3. Толщина мягких тканей является ключевым морфологическим предиктором стабильности мягкотканного профиля.
4. Биотип мягких тканей оказывает существенное влияние на характер ремоделирования и долгосрочные морфометрические исходы.
5. Свободный десневой трансплантат обеспечивает наиболее предсказуемый прирост объёма и толщины мягких тканей.
6. Биомеханические факторы, включая распределение механического напряжения и адаптацию соединительнотканного матрикса, играют важную роль в стабилизации мягкотканного профиля.
7. Продольные и многофакторные статистические модели позволяют выявлять закономерности ремоделирования и прогнозировать стабильность мягких тканей.

Результаты настоящего исследования подтверждают ключевую роль морфологических характеристик периимплантных мягких тканей в обеспечении их долгосрочной стабильности. Трёхмерный морфометрический анализ продемонстрировал, что динамика изменений мягких тканей носит фазовый характер: период активного ремоделирования в ранние сроки после хирургической аугментации сменяется фазой стабилизации.

На основании результатов исследования рекомендуется:

1. Использовать трёхмерную цифровую морфометрию для объективной оценки результатов мягкотканной аугментации.
2. Стремиться к достижению толщины мягких тканей не менее 2 мм как критического показателя стабильности.
3. Предпочитать свободный десневой трансплантат при необходимости увеличения объёма и толщины мягких тканей.

4. Учитывать биотип мягких тканей при планировании хирургического вмешательства.
5. Минимизировать механическое напряжение в зоне аугментации за счёт рационального формирования протетического контура.
6. Проводить продольный мониторинг мягкотканых изменений, особенно в первые месяцы после вмешательства.
7. Применять количественные морфометрические параметры для оценки динамики ремоделирования и прогнозирования результатов.

Наиболее выраженные изменения объёма и формы мягких тканей наблюдались в первые месяцы после вмешательства, что соответствует биологическим закономерностям заживления и перестройки соединительнотканного матрикса. После завершения активной фазы ремоделирования морфометрические параметры демонстрировали относительную стабильность, что свидетельствует о формировании устойчивого мягкотканного профиля.

Анализ показал, что стабильность периимплантных мягких тканей определяется не отдельным фактором, а их комплексным взаимодействием. Наиболее благоприятные морфологические исходы наблюдались у пациентов с толстым биотипом, увеличенной толщиной и объёмом мягких тканей, а также при использовании соединительнотканного трансплантата. Многофакторный анализ подтвердил, что толщина мягких тканей является наиболее сильным предиктором стабильности, однако комбинация нескольких факторов существенно повышает точность прогноза.

Одним из ключевых выводов исследования является значимость толщины мягких тканей как основного морфологического предиктора стабильности. Полученные данные согласуются с современными клиническими и экспериментальными исследованиями, указывающими на то, что мягкие ткани толщиной менее 2 мм обладают меньшей устойчивостью и более подвержены

ремоделированию и рецессии. Увеличение толщины мягких тканей приводит к снижению механического напряжения, стабилизации эпителиального прикрепления и улучшению васкуляризации, что в совокупности способствует формированию более устойчивого периимплантного мягкотканного контура.

Полученные результаты подтверждают значимость биотипа мягких тканей как фактора, определяющего характер ремоделирования. Тонкий биотип ассоциирован с более выраженной потерей объёма и большей вариабельностью морфометрических параметров, что согласуется с данными литературы. Напротив, толстый биотип демонстрирует более благоприятные морфологические исходы и более высокую устойчивость мягкотканного профиля. Данные наблюдения подчёркивают необходимость индивидуализированного подхода к планированию мягкотканной аугментации с учётом морфологических особенностей тканей.

Важным аспектом настоящего исследования является анализ биомеханических факторов, влияющих на ремоделирование мягких тканей. Полученные данные подтверждают, что механическое напряжение играет значительную роль в динамике морфологических изменений.

Увеличение толщины и объёма мягких тканей приводит к более равномерному распределению напряжений и повышению устойчивости мягкотканного профиля. Механобиологические механизмы, включая адаптацию коллагенового матрикса и клеточный ответ на механические стимулы, объясняют наблюдаемые закономерности ремоделирования и стабилизации тканей.

Взаимосвязь между объёмом и толщиной мягких тканей носит синергетический характер, поскольку увеличение объёма обычно сопровождается увеличением толщины, что дополнительно повышает устойчивость мягкотканного контура.

Механическое напряжение и распределение нагрузок оказывают значительное влияние на ремоделирование мягких тканей. Увеличение толщины и объёма мягких тканей способствует более равномерному распределению механических сил, снижая локальное напряжение и повышая устойчивость мягкотканного профиля. Биомеханические механизмы, включая адаптацию коллагенового матрикса и клеточный ответ на механические стимулы, объясняют выявленные закономерности ремоделирования.

Применение трёхмерной цифровой морфометрии позволило объективно и количественно оценить динамику изменений мягких тканей, выявить закономерности ремоделирования и определить ключевые факторы стабильности. Полученные результаты подтверждают преимущества цифровых методов по сравнению с традиционными клиническими подходами. Высокая точность и воспроизводимость цифровой морфометрии открывают новые возможности для стандартизации оценки результатов мягкотканной аугментации и разработки прогностических моделей.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями, демонстрирующими:

- ключевую роль толщины мягких тканей в обеспечении стабильности;
- преимущество свободных десневых трансплантатов;
- фазовый характер ремоделирования мягких тканей;
- влияние биотипа на морфологические исходы;
- значимость механических факторов в стабилизации тканей.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают существующие научные представления и дополняют их количественными морфометрическими данными.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на:

- автоматизацию морфометрического анализа;

- применение методов машинного обучения для прогнозирования стабильности мягких тканей;
- интеграцию биомеханических и морфометрических моделей;
- многоцентровые клинические исследования;
- разработку стандартизированных цифровых протоколов оценки мягкотканых изменений.

Результаты исследования подтверждают ключевую роль морфологических и биомеханических факторов в формировании стабильного периимплантного мягкотканного профиля. Трёхмерная цифровая морфометрия является эффективным инструментом объективной оценки результатов мягкотканной аугментации и позволяет выявлять закономерности ремоделирования тканей.

Разработанная методология трёхмерного морфометрического анализа продемонстрировала высокую точность, воспроизводимость и чувствительность к малым морфологическим изменениям. Использование цифровых моделей позволило количественно оценить пространственные изменения мягких тканей, рассчитать объёмные и линейные параметры, а также визуализировать динамику ремоделирования с помощью карт отклонений.

Анализ надёжности подтвердил высокую воспроизводимость измерений (ICC > 0,90) и минимальную суммарную ошибку морфометрии, не превышающую клинически значимого порога. Это подтверждает корректность используемой методологии и обоснованность полученных результатов.

Результаты исследования имеют важное клиническое значение. Впервые показано, что количественные морфометрические параметры могут использоваться для объективной оценки эффективности мягкотканной аугментации и прогнозирования долгосрочной стабильности мягкотканного профиля.

Корреляционный анализ позволил количественно оценить взаимосвязь между биомеханическими, морфометрическими и клиническими параметрами

периимплантных мягких тканей. Использование данного метода обеспечило выявление ключевых предикторов стабильности мягкотканного профиля и послужило основой для построения прогностических моделей. Полученные результаты подтвердили тесную связь между биомеханическими характеристиками тканей и их морфологической стабильностью, что имеет важное значение для клинической оценки и прогнозирования результатов мягкотканной аугментации.

Выявленные закономерности позволяют индивидуализировать хирургическую тактику, оптимизировать выбор трансплантата и повысить предсказуемость эстетических результатов имплантационного лечения. Разработанная прогностическая модель продемонстрировала высокую точность и позволила количественно оценивать вероятность нестабильности мягких тканей. Внедрение прогностической шкалы риска предоставляет клиницисту простой и эффективный инструмент стратификации пациентов и планирования лечения.

Полученные данные расширяют современные представления о морфологии периимплантных мягких тканей и механизмах их ремоделирования. Установлена важная роль морфометрических и биомеханических факторов в формировании устойчивого мягкотканного профиля. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего развития количественной цифровой имплантологии.

В результате проведённого исследования разработана и научно обоснована методология трёхмерного морфометрического анализа периимплантных мягких тканей, позволяющая объективно оценивать динамику их изменений и прогнозировать долгосрочную стабильность мягкотканного профиля. Полученные данные имеют существенное научное и клиническое значение, способствуют повышению предсказуемости результатов мягкотканной

аугментации и расширяют возможности цифровых технологий в современной имплантологии.

Таким образом, представленная работа формирует научную основу для дальнейшего развития цифровой морфометрии периимплантных мягких тканей и внедрения количественных методов оценки в клиническую практику.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашурко И.П. Сравнительный анализ различных методов увеличения ширины кератинизированной прикрепленной десны у пациентов при проведении дентальной имплантации: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2016.
2. Бениашвили Р.М. Десневая и костная пластика в дентальной имплантологии / Р. М. Бениашвили [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 240 с.: ил.
3. Бер М. Устранение осложнений имплантологического лечения / [Бер М. и др.]. – М.: Азбука, 2007. – 353 с.
4. Брайловская Т.В., Ведяева А.П., Калинин Р.В. и др. Увеличение ширины кератинизированной прикрепленной десны у пациентов при проведении дентальной имплантации. Сеченовский вестник. 2018; 4 (34): 5–15.
5. Гладкова Н.Д., Фельдштейн Ф.И., Карабут М.М., Островская Ю.В., Снопина Л.Б., Киселева Е.Б., Романос Г.Е. Гистологический ответ слизистой оболочки полости рта на фракционный лазерный фототермолиз в эксперименте на животных // Современные технологии в медицине. – 2012. – №3. – С.7-11.
6. Гулюк А.Г., Варжапетян С.Д., Лепский В.В. Использование различных методов вертикальной и горизонтальной аугментации при атрофии альвеолярного отростка верхней и альвеолярной части нижней челюстей / А.Г. Гулюк, С.Д. Варжапетян, В.В. Лепский [и др.]. – Текст: непосредственный // ScienceRise. – 2015. – Т. 3. – С. 78-86.
7. Добровольская О. В., Добровольский А. В., Павлиш И. В., Луговая Л. А. Хирургические методики формирования десневого края на втором этапе имплантации // Український стоматологічний альманах. – 2016. – №4. – С.87-90.
8. Жолудев С.Е., Жолудев Д.С., Нерсесян П.М. Использование индивидуального абатмента авторской конструкции как формирователь при имплантации с немедленной нагрузкой. – Проблемы стоматологии. – 2017; 1: 104-8.

9. Зекий А.О. Анализ маркеров воспаления и остеорезорбции в ротовой жидкости для оценки адаптации к дентальным имплантатам / А.О.Зекий // Вестник ВОЛГГМУ. – 2015. – № 4 (56). – С. 63-65.
10. Зекий А.О. Физико-химическая и биохимическая характеристика смешанной слюны на различных сроках после дентальной имплантации / А.О.Зекий // Вестник Волгоградского государственного университета. – 2015. – № 4 (14). – С. 24-25.
11. Зерницкий А.Ю., Медведева Е.Ю. Роль объема мягких тканей вокруг дентальных имплантатов в развитии периимплантита // Институт Стоматологии. – 2012. – № 54. – С. 80-81.
12. Карабут М. М., Гладкова Н. Д., Фельдштейн Ф. И., Киселева Е. Б., Фомина Ю. В., Мураев А. А. Применение фракционного лазерного фототермолиза в клинической практике // Современ. технол. мед.. 2010. №4.
13. Коэн, Э.С. Атлас косметической и реконструктивной хирургии пародонта / Э.С. Коэн. – Москва: Практическая медицина, 2011. – 512 с.
14. Никитина ЛИ, Громова АС. Стоматологическая реабилитация больных с полной (вторичной) адентией с использованием дентальных имплантатов. Acta Medica Eurasica. 2022;3:29-35.
15. Николенко Д.А., Утюж А.С., Царев В.Н., Юмашев А.В., Волчкова И.Р. Адгезия представителей патогенной микрофлоры полости рта к полиэфирэфиркетону и другим материалам для изготовления временных коронок в эксперименте *in vitro*. – Клиническая стоматология. – 2018; 2 (86): 74-77.
16. Панцулая В., Ризаева С. Применение модифицированного формирувателя десны при немедленной нагрузке на дентальные имплантаты //Stomatologiya. – 2018. – Т. 1. – №. 1 (70). – С. 26-28.

17. Патент RU 2638711 C1, 15.12.2017. Способ восстановления десневого сосочка при установке формирователей десны на дентальные имплантаты // Патент России RU 2638711 C1. 2017. / Буланов С.И. и др.

18. Патент RU 2760478 C1, 16.10.2020. Способ выполнения второго этапа дентальной имплантации и одномоментного устранения недостаточности кератинизированной прикрепленной десны вокруг дентальных имплантатов // Патент России RU 2760478 C1. 2020. / Брайловская Т.В. и др.

19. Патент RU 2788356 C1, 17.01.2023. Способ формирования стабильной мягкотканной буферной зоны при отсроченной установке формирователя десневой манжеты с использованием хирургического навигационного шаблона // Патент России RU 2788356 C1. 2023. / Буланов С.И. и др.

20. Ризаева С., Эргашев О., Бабаджанов Ж. Использование цифрового протокола при создании временной конструкции для зубных имплантатов в условиях одноступенчатой имплантации и немедленной загрузки. Клинический случай // Медицина и инновации. – 2021. – Т. 1. – №. 4. – С. 369-373.

21. Севостьянов И.А., Быков И.М., Попов К.А., Мелконян К.И., Литвинова М.Г. Биохимические изменения в ротовой жидкости больных с частичной адентией на разных этапах лечения с использованием дентальной имплантации // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2018. – №4. – С.28-32.

22. Султанов МШ, Сочаев ОА. Оценка эстетического результата протезирования на одиночном дентальном имплантате. Вестник Авиценны. 2023;25(2):201-14.

23. Тарасенко С.В., Загорский С.В. Обзор методик и материалов, используемых для увеличения объема десны. Клиническая практика. 2019; 10(1):57-62.

24. Тарасенко С.В., Шехтер А.Б., Ашурко И.П. и др. Гистологические результаты использования коллагенового матрикса для увеличения ширины кератинизированной прикрепленной десны в области дентальных имплантатов. *Российская стоматология*. 2015; 2: 4-9.
25. Утюж А.С. Роль формирователя десны в профилактике имплантологических воспалительных осложнений. – *Врач*. – 2016; 12: 49-51.
26. Фуад Кюри. Регенеративные методы в имплантологии / Фуад Кюри. – М.: Азбука, 2013. – 514 с.
27. Яременко А.И., Зерницкий А.Ю., Зерницкая Е.А. Лазерная модификация мягких тканей в периимплантатной зоне // *Институт стоматологии*. – 2020. – № 2. – С. 33-35.
28. Яременко А.И., Зерницкий А.Ю., Зерницкая Е.А. Экспериментальное изучение фракционного лазерного воздействия на слизистую оболочку в зоне дентальной имплантации // *Пародонтология*. – 2018. – № 3 (88). – С. 59-63.
29. Ahmed A, Nichani A, Venugopal R (2018) An evaluation of the effect of periodontal biotype on inter-dental papilla proportions, distances between facial and palatal papillae in the maxillary anterior dentition. *J Prosthodont* 27:517–522.
30. Al-Delayme R. Preservation of keratinized gingiva around dental implants using a diode laser when uncovering implants for second stage surgery. *Eur Oral Res* 2019; 53(3): 106-12.
31. Alshehri M, Alshehri F. Influence of Implant Shape (Tapered vs. Cylindrical) on the survival of dental implants placed in the posterior maxilla: A systematic review. *Implant Dent* 2016;25:855-60.
32. Altay MA, Sindel A, Tezerisener HA, Yildirimyan N, Ozarslan MM. Esthetic evaluation of implant-supported single crown: A comparison of objective and patient-reported outcomes. *International Journal of Implant Dentistry*. 2019;5(2):1-8.

33. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, et al. Periodontal and periimplant wound healing following laser therapy. *Periodontol 2000* 2015;68(1):217-69.
34. Arnabat-Domínguez J, Bragado-Novel M, España-Tost AJ, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Advantages and esthetic results of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser application in second-stage implant surgery in patients with insufficient gingival attachment: A report of three cases. *Lasers Med Sci.* 2010; 25(3):459–64.
35. Avila-Ortiz G, Gonzalez-Martin O, Couso-Queiruga E, Wang HL (2020) The peri-implant phenotype. *J Periodontol* 91:283-288.
36. Azar DE. Dental implant uncovering techniques with emphasis on increasing keratinized mucosa. *Compend Contin Educ Dent.* 2015;36(4):290-297.
37. Bassetti, R. G., Stähli, A., Bassetti, M. A., & Sculean, A. (2016). Soft tissue augmentation procedures at second-stage surgery: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 20(7), 1369–1387.
38. Beagle Jay R. Developing Keratinized Around Nonsubmerged Dental Implants. *PerioIQ / Beagle Jay R.* – 2006. – № 6. – P.49-60.
39. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol* 1996;23:971-973.
40. Bienz S, Jung R, Sapata V, Hämmerle C, Hüsler J, Thoma D (2017) Volumetric changes and peri-implant health at implant sites with or without soft tissue grafting in the esthetic zone, a retrospective case-control study with a 5-year follow-up. *Clin Oral Implants Res* 28:1459–1465.
41. Bonino F, Steffensen B, Natto Z, Hur Y, Holtzman LP, Weber HP. Prospective study of the impact of peri-implant soft tissue properties on patient-reported and clinically assessed outcomes. *J Periodontol.* 2018;89(9):1025-1032.
42. Cairo F, Barbato L, Selvaggi F, Baielli M, Piattelli A, Chambrone L (2019) Surgical procedures for soft tissue augmentation at implant sites. A systematic

review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Implant Dent Relat Res* 21:1262–1270.

43. Canullo L, Peñarrocha-Oltra D, Covani U, Botticelli D, Serino G, Penarrocha M. Clinical and microbiological findings in patients with periimplantitis: A cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2016;27:376–382.

44. Cardaropoli, Daniele, Casentini, Paolo. *Soft Tissues and Pink Esthetics in Implant Therapy*. – Quintessence Publishing Co, Inc. – 2022. – 514 p.

45. Chung, D. M., Oh, T. J., Shotwell, J. L., Misch, C. E. & Wang, H. L. (2006) Significance of keratinized mucosa in maintenance of dental implants with different surfaces. *Journal of Periodontology* 77, 1410-1420.

46. Cinquini, C.; Marchio, V. Histologic Evaluation of Soft Tissues around Dental Implant Abutments: A Narrative Review. *Materials* 2022, 15, 3811.

47. Cosyn J, Wessels R, Cabeza R.G, Ackerman J, Eeckhout C, Christiaens V. Soft tissue metric parameters, methods and aesthetic indices in implant dentistry: A critical review. *Clinical Oral Implant Research*. 2021;32(s21):93-107.

48. Dixon DR, London RM (2000) Restorative design and associated risks for peri-implant diseases. *Periodontol* 2019(81):167–178.

49. Dominiak M, Matys J. Assessment of Pain When Uncovering Implants with Er:YAG Laser or Scalpel for Second Stage Surgery. *Adv Clin Exp Med*. 2016; 25(6):1179–84.

50. El Shenawy HM, Nasry SA, Zaky AA, Quriba MAA. Treatment of Gingival Hyperpigmentation by Diode Laser for Esthetical Purposes. *Open access Maced J Med Sci*. 2015 Sep 15; 3(3):447–54.

51. El-Kholey KE. Efficacy and safety of a diode laser in second-stage implant surgery: A comparative study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2014;43:633-8.

52. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heatinduced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50(1):101-7.

53. Ferro, K.J.; Morgano, S.M.; Driscoll, C.F.; Freilich, M.A.; Guckes, A.D.; Knoernschild, K.L.; Twain, M. The glossary of prosthodontic terms: Ninth edition. *J. Prosthet. Dent.* 2017, 117, 1–105.
54. Ficho AC, Faloni APS, Rogerio P, Pennisi C, Borges LGF, Paranhos LR, Queiroz TP. Is interdental papilla filling using hyaluronic acid a stable approach to treat black triangles? A systematic review. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry.* 2020;33(3):458-65.
55. Forna N, Agop-Forna D. Esthetic aspects in implant-prosthetic rehabilitation. *Medicine and Pharmacy Reports.* 2019;92(3):6-13.
56. Fornaini C, Merigo E, Vescovi P, Bonanini M, Antonietti W, Leoci L, et al. Different laser wavelengths comparison in the second-stage implant surgery: an ex vivo study. *Lasers Med Sci.* 2015 Aug 3; 30(6):1631–9.
57. Frizzera F, de Oliveira GJPL, Shibli JA, de Moraes KC, Marcantonio EB, Junior EM. Treatment of peri-implant soft tissue defects: A narrative review. *Brasilian Oral Research.* 2019;33(e73):1-15.
58. Garabetyan J, Malet J, Kerner S, Detzen L, Carra MC, Bouchard P. The relationship between dental implant papilla and dental implant mucosa around single-tooth implant in the esthetic area: A retrospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(12):1229-37.
59. Genis BB, Berta CH, Rui F, Eduard VC. Aesthetic perception of single implants placed in the anterior zone. A cross-sectional study. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal.* 2016;21(4):488-93.
60. Gianfranco S, Francesco SC, Paul RJ. Erbium and diode lasers for operculisation in the second phase of implant surgery: A case series. *Timisoara Med J.* 2010; 60(1):117–23.
61. Golmayo P, Barallat L, Losada M, Valles C, Nart J, Pascual-La RA (2021) Keratinized tissue gain after free gingival graft augmentation procedures around teeth and dental implants: a prospective observational study. *J Clin Periodontol* 48:302–314.

62. Gomez-Meda R, Esquivel J, Blatz MB. The esthetic biological contour concept for implant restoration emergence profile design. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*. 2021;33(1):173-84.
63. Gonzalez-Martin, O.; Lee, E. Contour Management of Implant Restorations for optimal emergence profiles: Guidelines for immediate and delayed provisional restorations. *Int. J. Periodontics Restor. Dent*. 2020, 40, 61–70.
64. Grischke J, Karch A, Wenzlaff A, Foitzik MM, Stiesch M, Eberhard J. Keratinized mucosa width is associated with severity of peri-implant mucositis. A cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2019;30:457-465.
65. Han Z, Wei Y, Wang C, Yang G, Hu W, Chung KH (2021) Clinical evaluations of free gingival grafting before implant placement to increase keratinized tissue width in molar regions: a retrospective case series. *Clin Oral Implants Res* 32:799–807.
66. Helbig, D. Molecular changes during skin aging and wound healing after fractional ablative photothermolysis / D. Helbig, U. Paasch. – Текст: непосредственный // *Skin Res. Technol.* – 2011. – Vol. 17. – P. 119-129.
67. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:1-1.
68. Hosseini M, Worsaae N, Gotfredsen K. Tissue changes at implant sites in the anterior maxilla with and without connective tissue grafting: A five-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2020;31:18-28.
69. Ioannou AL, Kotsakis GA, Michelle G, McHale MG, Lareau DE, James E, et al. Soft tissue surgical procedures for optimizing anterior implant esthetics. *International Journal of Dentistry*. 2015;740764.
70. Isler S, Uraz A, Kaymaz O, Cetiner D (2019) An evaluation of the relationship between peri-implant soft tissue biotype and the severity of peri-implantitis: a cross-sectional study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 34:187–196.

71. Jawad HA, Hamdi SA. Non Anesthetic Second Stage Implant Surgery by 970nm Diode Laser. IOSR J Dent Med Sci Ver I. 2015; 14(6):2279–861.
72. Jivraj S, Reshad M. Esthetic implant dentistry: Diagnosis and treatment planning. In: Fonseca RJ, ed. Oral and maxillofacial surgery. Elsevier: 2018. p. 391-409.
73. Jung RE, Heitz-Mayfield L, Schwarz F; Groups of the 2nd Osteology Foundation Consensus Meeting. Evidence-based knowledge on the aesthetics and maintenance of peri-implant soft tissues: Osteology Foundation Consensus Report Part 3-Aesthetics of peri-implant soft tissues. Clin Oral Implants Res. 2018;15:14-7.
74. Kaddas, C.; Papamanoli, E. Etiology and Treatment of Peri-Implant Soft Tissue Dehiscences: A Narrative Review. Dent. J. 2022, 10, 86.
75. Kamakshi LN, Uppoor AS, Nayak DG, Pralhad S. Evaluation of papilla levels following three different techniques for the second stage of implants –A clinical and radiographic study. J Indian Soc Periodontol 2020;25:120-7.
76. Katafuchi M, Weinstein BF, Leroux BG, Chen YW, Daubert DM (2018) Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: a cross-sectional radiographic analysis. J Clin Periodontol 45:225–232.
77. Kaur M, Sharma YPD, Singh P, Sharma S, Wahi A. Comparative evaluation of efficacy and soft tissue wound healing using diode laser (810nm) versus conventional scalpel technique for second-stage implant surgery. J Indian Soc Periodontol. 2018; 22(3):228–34.
78. Kelvin IA, Mansour KA, Bryant SR. Aesthetic parameters and patientperspective assessment tools for maxillary anterior single implant. International Journal of Dentistry. 2021;2021:9.
79. Kim, S.; Oh, K. Influence of transmucosal designs of three one-piece implant systems on early tissue responses: A histometric study in beagle dogs. Int. J. Oral. Maxillofac. Implant. 2010, 25, 309–314.

80. Kissa J, El Kholti W, Laalou Y, El Farouki M. Augmentation of keratinized gingiva around dental implants J Stomatol Oral Maxillofac Surg 2017;118:156-60.
81. Lin C, Chen Z, Pan W, Wang H (2018) Impact of timing on soft tissue augmentation during implant treatment: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res 29:508–521.
82. Lin CY, Kuo PY, Chiu MY, Chen ZZ, Wang HL. Soft tissue phenotype modification impacts on peri-implant stability: a comparative cohort study. Clin Oral Investig. 2023;27(3):1089-1100.
83. Lin CY, Kuo PY, Chiu MY, Wang HL. Depth of mucosal tunnel in peri-implant health during 12-month follow-up in patients with controlled periodontitis. J Periodontol. 2023;94(1):66-76.
84. Lin G, Curtis D, Kapila Y et al (2020) The significance of surgically modifying soft tissue phenotype around fixed dental prostheses: an American Academy of Periodontology best evidence review. J Periodontol 91:339–351.
85. Lin GH, Chan HL, Wang HL. The significance of keratinized mucosa on implant health: a systematic review. J Periodontol. 2013;84:1755-1767.
86. Linkevicius T, Linkevicius R, Alkimavicius J, Linkeviciene L, Andrijauskas P, Puisys A. Influence of titanium base, lithium disilicate restoration and vertical soft tissue thickness on bone stability around triangular-shaped implants: A prospective clinical trial. Clin Oral Implants Res 2018;29:716-724.
87. Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L (2015) Influence of vertical soft tissue thickness on crestal bone changes around implants with platform switching: a comparative clinical study. Clin Implant Dent Relat Res 17:1228–1236.
88. Linkevicius, T.; Puisys, A. Crestal bone stability around implants with horizontally matching connection after soft tissue thickening: A prospective clinical trial. Clin. Implant Dent. Relat. Res. 2015, 17, 497–508.

89. Lops D, Romeo E, Calza S, Palazzolo A, Viviani L, Salgarello S, Buffoli B, Mensi M. Association between Peri-Implant Soft Tissue Health and Different Prosthetic Emergence Angles in Esthetic Areas: Digital Evaluation after 3 Years' Function. *Journal of Clinical Medicine*. 2022; 11(21):6243.
90. Lops, D.; Romeo, E. Marginal bone maintenance and different prosthetic emergence angles. A 3-years prospective study. *J. Clin. Med*. 2022, 11, 2014.
91. Malpartida-Carrillo, Violeta et al. "Periodontal phenotype: A review of historical and current classifications evaluating different methods and characteristics." *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]* vol. 33,3 (2021): 432-445.
92. Mattheos, N.; Janda, M. Impact of design elements of the implant supracrestal complex (ISC) on the risk of peri- implant mucositis and peri-implantitis: A critical review. *Clin. Oral. Implant. Res*. 2021, 32, 181–202.
93. Matys J, Botzenhart U, Gedrange T, Dominiak M. Thermodynamic effects after Diode and Er: YAG laser irradiation of grade IV and V titanium implants placed in bone - an ex vivo study. *Preliminary report. Biomed Eng* 2016;5:499-507.
94. Matys J, Dominiak M. Assessment of Pain When Uncovering Implants with Er: YAG Laser or Scalpel for Second Stage Surgery *Adv Clin Exp Med* 2016;25(6):1179-84.
95. Matys J, Flieger R, Dominiak M. Effect of diode lasers with wavelength of 445 and 980nm on a temperature rise when uncovering implants for second stage surgery-an ex-vivo study in pigs. *Adv Clin Exp Med*. 2017; 26(4):687–93.
96. Mehta, P. & Lim, L. P. (2010) The width of the attached gingiva--much ado about nothing? *Journal of Dentistry* 38, 517-525.
97. Monje A, Blasi G. Significance of keratinized mucosa/gingiva on peri-implant and adjacent periodontal conditions in erratic maintenance compliers. *J Periodontol* 2019;90:445-453.

98. Nisapakultorn K, Suphanantachat S, Silkosessak O, Rattanamongkolgul S. Factors affecting soft tissue level around anterior maxillary single-tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:662-70.
99. Parihar AS, Manas A, Gopinath PV, Ahmed MM, Ibrahim Mathar M, Chauhan M, et al. A comparative study of mid-crestal incision and diode laser shaped incision to assess papilla level in second stage dental implant surgery. *J Pharm Bioall Sci* 2022;14:S236-8.
100. Parvini P, Galarraga-Vinueza ME, Obreja K, Magini RS, Sader R, Schwarz F (2021) Prospective study assessing threedimensional changes of mucosal healing following soft tissue augmentation using free gingival grafts. *J Periodontol* 92:400–408.
101. Perussolo J, Souza AB, Matarazzo F, Oliveira RP, Araujo MG. Influence of the keratinized mucosa on the stability of peri-implant tissues and brushing discomfort: A 4-year follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:1177-1185.
102. Puisys A, Linkevicius T (2015) The influence of mucosal tissue thickening on crestal bone stability around bone-level implants. A prospective controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 26:123–129.
103. Ramanauskaite A, Sader R. Esthetic complications in implant dentistry. *Periodontol* 2000. 2022;88(1):73-85.
104. Razmara F, Ghazanfari R, Shabankare Gh; Laser-assisted uncovering of dental implants. *J Craniomax Res* 2019; 6(4): 151-157.
105. Rocuzzo M, Grasso G, Dalmaso P. Keratinized mucosa around implants in partially edentulous posterior mandible: 10-year results of a prospective comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2016;27:491–496.
106. Romanos G. Current concepts in the use of lasers in periodontal and implant dentistry. *J Indian Soc Periodontol*. 2015; 19(5):490.

107. Roos-Jansaker, A. M., Renvert, H., Lindahl, C. & Renvert, S. (2006) Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part III: factors associated with peri-implant lesions. *Journal of Clinical Periodontology* 33, 296-301.
108. Sanz, M.; Lang, N.P. Seventh European Workshop on Periodontology of the European Academy of Periodontology at the Parador at la Granja, Segovia, Spain. *J. Clin. Periodontol.* 2011, 38, 1–2.
109. Schmitt CM, Moest T, Lutz R, Wehrhan F, Neukam FW, Schlegel KA. Long-term outcomes after vestibuloplasty with a porcine collagen matrix (Mucograft) versus the free gingival graft: A comparative prospective clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2016;27:125–133.
110. Schneider, D., Grunder, U., Ender, A., Hammerle, C. H. & Jung, R. E. (2011) Volume gain and stability of peri-implant tissue following bone and soft tissue augmentation: 1-year results from a prospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research* 22, 28-37.
111. Schoenbaum, T.R. Abutment emergence profile and its effect on Peri-implant tissues. *Compend Contin Educ. Dent.* 2015, 36, 474–479.
112. Schrott, A. R., Jimenez, M., Hwang, J. W., Fiorellini, J. & Weber, H. P. (2009) Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. *Clinical Oral Implants Research* 20, 1170-1177.
113. Souza AB, Tormena M, Matarazzo F, Araújo MG. The influence of peri-implant keratinized mucosa on brushing discomfort and periimplant tissue health. *Clin Oral Implants Res* 2016;27:650–655.
114. Souza OM, Neri JF, Freitas AC, Barreto MA. Influence of tissue biotype in the morpho-estheticfunctional behavior of the peri-implant tissue: A literature review. *Dental Press Implantol* 2012;6:56-66.

115. Speroni, S., Cicciu, M., Maridati, P., Grossi, G. B. & Maiorana, C. (2010) Clinical investigation of mucosal thickness stability after soft tissue grafting around implants: a 3-year retrospective study. *Indian Journal of Dental Research* 21, 474-479.
116. Su, H.; Gonzalez-Martin, O. Considerations of implant abutment and crown contour: Critical contour and subcritical contour. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* 2010, 30, 335–343.
117. Suárez-López Del Amo F, Lin G, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang H (2016) Influence of soft tissue thickness on peri-implant marginal bone loss: a systematic review and metaanalysis. *J Periodontol* 87:690–699.
118. Tavelli L, Barootchi S, Avila-Ortiz G, Urban IA, Giannobile WV, Wang HL. Peri-implant soft tissue phenotype modification and its impact on peri-implant health: A systematic review and network meta-analysis. *J Periodontol.* 2021;92(1):21-44.
119. Thoma D, Naenni N, Figuero E et al (2018) Effects of soft tissue augmentation procedures on peri-implant health or disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 29:32–49.
120. Thoma DS, Buranawat B, Hammerle CH, Held U, Jung RE. Efficacy of soft tissue augmentation around dental implants and in partially edentulous areas: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2014;41 Suppl 15:S77-91.
121. Thoma DS, Strauss FJ, Mancini L, Gasser Thomas JW, Jung RE. Minimal invasiveness in soft tissue augmentation at dental implants: A systematic review and meta-analysis of patient-reported outcome measures. *Periodontol 2000.* 2023;91:182-198.
122. Urban IA, Barootchi S, Tavelli L, Wang HL. Inter-implant papilla reconstruction via a bone and soft tissue augmentation: A case report with a long-term follow-up. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry.* 2021;41(2):169-75.

123. Vág, János et al. “Cervical tooth anatomy considerations for prefabricated anatomic healing abutment design: A mathematical formulation.” *The Journal of prosthetic dentistry* vol. 127,6 (2022): 852-859.
124. Wang II, Barootchi S, Tavelli L, Wang HL. The peri-implant phenotype and implant esthetic complications. Contemporary overview. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(1):212-23.
125. Wennstrom, J. L. & Derks, J. (2012) Is there a need for keratinized mucosa around implants to maintain health and tissue stability? *Clinical Oral Implants Research* 23 Suppl 6, 136-146.
126. Yi Y, Koo K, Schwarz F, Ben Amara H, Heo S (2020) Association of prosthetic features and peri-implantitis: a cross-sectional study. *J Clin Periodontol* 47:392–403.
127. Zigdon H, Machtei EE. The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(4):387-392.
128. Zucchelli G, Tavelli L, McGuire M et al (2020) Autogenous soft tissue grafting for periodontal and peri-implant plastic surgical reconstruction. *J Periodontol* 91:9–16.
129. Zucchelli G., Mounssif I., Mazzotti C., Stefanini M. Coronally advanced flap with and without connective tissue graft for the treatment of multiple gingival recessions: a comparative short- and long-term controlled randomized clinical trial. *J. Periodontol.* – 2014. – Vol. 41, № 4. – P. 396-403.
130. Zucchelli G, Tavelli L, Stefanini M, et al. Classification of facial peri-implant soft tissue dehiscence/deficiencies at single implant sites in the esthetic zone. *J Periodontol* 2019;90:1116-1124.