

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПРИВОЛЖСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

**КОРСАКОВА**

**Алена Игоревна**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И  
ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ АТРОФИИ  
АЛЬВЕОЛЯРНОГО ГРЕБНЯ В БОКОВЫХ ОТДЕЛАХ НИЖНЕЙ  
ЧЕЛЮСТИ**

3.1.7. Стоматология

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук, профессор  
**Дурново Евгения Александровна**

Нижний Новгород – 2022

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	18
1.1 Критерии успеха имплантологического лечения .....	18
1.2 Способы оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня	20
1.2.1 Обзор возможных алгоритмов КЛКТ-исследования .....	27
1.3 Проблема атрофии костной ткани альвеолярного гребня челюстей, возникающей после удаления зуба .....	32
1.3.1 Особенности атрофии кости в боковых отделах нижней челюсти .....	35
1.4 Обзор методик аугментации костной ткани при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня .....	39
1.4.1 Модификации техники расщепления альвеолярного гребня .....	43
1.5 Применение цифровых технологий в имплантологии и реконструктивной хирургии челюстно-лицевой области .....	52
Глава 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	56
2.1 Общая характеристика пациентов .....	56
2.2 Клинические методы исследования .....	60
2.2.1 Цифровые методы диагностики .....	66
2.3 Радиологический метод исследования .....	69
2.4 Разработка персонализированного алгоритма диагностики и динамической объективной оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня нижней челюсти (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.) .....	72
2.5 Хирургические методы лечения пациентов .....	84
2.6 Оптимизация метода двухэтапной сплит-техники путем разработки цифрового индивидуального шаблона (патент РФ № 2779693 С1) .....	90
2.7 Гистоморфометрический метод исследования .....	96
2.8 Методы статистической обработки результатов .....	100
Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	104

3.1 Сравнительный анализ результатов радиологического метода исследования беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при использовании классической схемы измерений и разработанного персонафицированного алгоритма .....	104
3.1.1 Результаты оценки исходных параметров альвеолярного гребня.....	105
3.1.2 Результаты оценки прироста костной ткани после проведения реконструкции.....	109
3.2 Оценка эффективности модифицированной двухэтапной сплит-техники в боковых отделах нижней челюсти .....	113
3.2.1 Результаты клинических методов исследования.....	114
3.2.2 Результаты радиологического метода исследования.....	123
3.2.3 Результаты гистоморфометрического метода исследования.....	149
3.3 Оценка прогнозируемости результатов хирургического лечения методом модифицированной двухэтапной сплит-техники .....	157
3.3.1 Отдаленные результаты клинических методов исследования.....	157
3.3.2 Динамическая оценка состояния костной ткани .....	158
3.3.3 Оценка потери маргинальной костной ткани в области имплантата через 1 год после протезирования .....	203
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	206
ВЫВОДЫ .....	219
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	222
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	224
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	227
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	264
Приложение А .....	264
Приложение Б.....	265
Приложение В.....	266
Приложение Г .....	267
Приложение Д .....	268
Приложение Е.....	269

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

Использование дентальных имплантатов в настоящее время является широко распространенным методом стоматологической ортопедической реабилитации пациентов с потерей зубов [90, 120, 172, 253, 281]. Адекватная диагностика и грамотное планирование на этапах имплантологического лечения являются залогом получения результата высокого уровня более, чем в 97% случаев [80, 145, 221].

В научной литературе чётко определены следующие критерии успешности: имплантат должен быть окружен минимум 1,5 мм костной ткани по периферии [97, 283], что определяет необходимую ширину беззубого альвеолярного гребня как 6 мм и более в зависимости от области восстанавливаемого дефекта [17, 163, 268]. Однако достаточно часто в клинической практике имплантологи сталкиваются с меньшими горизонтальными параметрами резидуальной кости. Это, в первую очередь, связано с тем, что после операции удаления зуба неизбежно возникают процессы атрофии костной ткани. Данная физиологическая реакция сопровождается потерей значительного объема альвеолярного гребня по ширине уже в первые месяцы после экстракции [35, 106, 124, 130, 137]. Безусловно, тонкий пародонтальный фенотип, наличие врожденных деформаций, выраженных воспалительных периапикальных и фуркационных дефектов, деструктивных заболеваний пародонта, травматических повреждений, онкологических заболеваний в месте экстракции, а также травматичное проведение самой операции [100, 107, 310] усугубляют редукцию костной ткани, что исключает возможность установки дентального имплантата. Параллельно протекает и вертикальная атрофия кости, но гораздо менее интенсивно и со значительно меньшей скоростью [88, 194, 316]. Несомненно, это требует выполнения реконструктивных вмешательств по аугментации костной ткани по высоте. Между тем развитие современных технологий в последнее время привело к решению проблемы вертикального дефицита путем широкого внедрения в

практику коротких имплантатов, которые по данным исследователей показывают высокие показатели выживаемости, стабильности маргинальной кости, схожие с имплантатами обычной длины [69, 144, 282]. Напротив, недостаточный объем костной ткани по ширине может привести к осложнениям в раннем и позднем послеоперационном периоде, развитию периимплантита, неудовлетворительному результату всего лечения, быстрой потере имплантата.

Таким образом, проблема горизонтальной атрофии костной ткани альвеолярного гребня является широко распространенной, наиболее актуальной и однозначно требующей решения в большом проценте случаев.

Особую значимость указанная проблема приобретает в боковых отделах челюстей. Потеря дистальной группы зубов нарушает нормальное функционирование всей зубочелюстной системы, что приводит к снижению качества жизни. Пациенты достаточно часто не уделяют должного внимания данному сегменту, так как он не является эстетически значимым, а обращаются за восстановлением утраченных зубов в этой области лишь тогда, когда появляются трудности с осуществлением жевательной функции или при дискомфорте и боли в области височно-нижнечелюстного сустава [170]. Следствием такого позднего обращения за реабилитацией является грубое нарушение объемных и морфологических параметров альвеолярного гребня в боковых отделах челюстей, что требует выполнения его реконструкции для возможности проведения рационального имплантационного лечения.

Учёными предложено большое количество методик костной аугментации по устранению последствий горизонтальной атрофии, которые можно разделить на следующие основные группы: трансплантация аутогенной костной ткани из вне и внутриротовых источников в виде моноблоков [12, 26, 58, 99, 129] и стружки с костными ламеллами [218]; направленная регенерация костной ткани [85, 227, 313, 319] с использованием остеопластических материалов, резорбируемых или нерезорбируемых мембран; техника расширения [249] и расщепления альвеолярного гребня [170, 197]. Однако несмотря на конкретный выбор метода костной пластики, её результат зависит от адекватного и

рационального планирования будущей ортопедической конструкции. Цифровые технологии, повсеместно вошедшие в зуботехническую и клиническую практику, позволяют выполнить это на совершенно новом уровне [75].

Детальное планирование лечения проводится от конечного желаемого результата [2] и включает в себя проектирование будущей ортопедической реставрации, определение надлежащей трёхмерной протетически-заданной позиции имплантата, анализ количественных размерных характеристик и качественной структуры беззубого сегмента на основании клинорadiологических методов обследования пациента. В этом случае параметры объема альвеолярного гребня расцениваются с позиции необходимости проведения предварительных реконструктивных вмешательств по аугментации костной ткани. Также требуется определение вектора данной костной пластики, который зависит от ортопедически-ориентированной позиции имплантата.

Изучение области предполагаемой имплантации невозможно без проведения радиологического исследования [7, 51]. Несмотря на это, в настоящее время нет чётких ориентиров, параметров оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня при его проведении. Нередко, сравнение, казалось бы, аналогичных сегментов конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) проводится со значительными погрешностями. Отсутствие алгоритма получения надлежащих срезов сегментов челюстей при КЛКТ-исследовании вносит нарушения на диагностическом этапе, что, в конечном счёте, приводит к неадекватной оценке области будущей имплантации и далее к ошибкам выбора методики костной аугментации, что требует научного исследования. Кроме того, важным является не только предварительная оценка состояния костной ткани, но и её объективный анализ после проведения костнопластических операций, имплантации, а также динамическое наблюдение за изменением контуров альвеолярного гребня на этапе протезирования и в отдаленные сроки [289].

Таким образом, совершенствование способов оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня, разработка чётких алгоритмов

планирования имплантологического лечения являются наиболее актуальными направлениями, требующими изучения.

С другой стороны, множество вышеперечисленных высокоэффективных методик костных пластик, используемых при горизонтальной атрофии особенно в боковых отделах челюстей, не дают гарантированный результат, так как отсутствуют чёткие критерии их выбора. Не существует объективных доказательств того, что какой-то из методов наиболее оптимален [300]. При всем богатстве выбора не существует универсальной технологии реконструкции [138, 240].

Несомненно, предпочтение должно быть отдано методу, основанному на биологических принципах регенерации костной ткани, естественных обменных процессах при остеогенезе. Нередко в практической имплантологии преимущественным выбором пользуются более простые в техническом исполнении методы, малоинвазивные технологии. Однако не всегда такой выбор обоснован, так как ограничивает возможности регенераторного потенциала костной ткани. При таком подходе максимального результата добиться не представляется возможным. В связи с этим, в настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению методов, позволяющих облегчить выполнение ряда высокорезультативных костных реконструкций альвеолярного гребня. Применение цифровых технологий, а именно, направляющих шаблонов, позволяет минимизировать и устранить сложности проведения хирургических вмешательств, снизить продолжительность операции и риск развития возможных осложнений. Несмотря на то, что шаблоны для имплантации широко распространены в стоматологической практике в настоящее время [22, 27, 49, 74, 92], шаблонов для реконструктивных костнопластических операций либо не существует, либо они редко применяются.

Одним из немногих способов горизонтальной реконструкции альвеолярного отростка/части челюстей, базирующихся на принципах костной регенерации, демонстрирующих высокую эффективность по данным разных авторов является метод расщепления гребня (сплит-техника) [44, 170, 197, 297]. Данный вариант

костной пластики биологически обоснован, проводится локально в пределах кости в зоне реконструкции. В настоящее время отсутствуют четкие критерии выбора указанной методики при различных вариантах анатомического строения альвеолярного гребня. Кроме того, данный способ является достаточно технически сложным в исполнении, требует большого опыта хирурга. Именно поэтому изучение эффективности и оптимизация сплит-техники с целью определения показаний и упрощения проведения самой операции представляются актуальными направлениями изучения для получения успешного продолжительного прогнозируемого результата всего имплантологического лечения.

### **Степень разработанности темы исследования**

Существует большое количество алгоритмов измерений для изучения параметров альвеолярного гребня, которые используются в клинической практике при планировании лечения и при проведении научных исследований, связанных, в основном, с демонстрацией эффективности той или иной методики костной реконструкции [246]. В большинстве случаев измерения проводятся достаточно субъективно, без принятия во внимание будущей оси имплантата [86], возможного изменения позиции вершины альвеолярного гребня [191], без надлежащего построения кроссекциональных изображений [301]. Некоторыми авторами предложено использование референсных линий и точек, что объективизирует подход к измерениям [315]. При этом большинство данных схем возможно к применению только в конкретной клинической ситуации, они не являются универсальными [265]. Некоторыми исследователями рекомендовано использование радиоконтрастных шаблонов, имитирующих будущие ортопедические реставрации с целью определения ортопедически-ориентированной позиции имплантата на конусно-лучевой компьютерной томографии [24, 230]. Однако это требует проведения дополнительных манипуляций – изготовление физического варианта моделировки коронок, нанесение радиоконтрастного вещества, выполнение ещё одного

радиологического исследования, что приводит к низкой распространённости данного метода в повседневной клинической практике.

Таким образом, в настоящее время не существует чёткого, последовательного, легко выполнимого в практике и при проведении исследований, индивидуализированного алгоритма предварительного объективного анализа и динамической оценки костной ткани альвеолярного гребня челюстей при имплантологическом лечении.

Существенный вклад в разработку и изучение тех или иных методов костной пластики внесли как отечественные [4, 11, 19, 25, 29, 32, 45, 73], так и зарубежные ученые [5, 33, 68]. В работах многих авторов изложены ключевые принципы проведения разных видов костной реконструкции, обозначены возможные трудности и пути их решения. Однако, по-прежнему, вопрос подбора необходимой методики костной аугментации в той или иной клинической ситуации, остаётся широко обсуждаемой темой, требующей и дальнейшего активного изучения.

**Цель исследования** – оптимизировать цифровое планирование и хирургическое лечение в условиях горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при использовании модифицированной двухэтапной сплит-техники и оценить её эффективность.

**Задачи исследования:**

1. Разработать персонифицированный алгоритм диагностики и динамической объективной оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти, выявить наиболее значимые диагностические параметры.

2. Провести сравнительный анализ измерений параметров альвеолярного гребня челюстей при классической схеме и персонифицированном алгоритме до и после костной реконструкции и доказать объективность полученных результатов при разработанном алгоритме.

3. Оптимизировать модифицированную двухэтапную сплит-технику контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня путем разработки индивидуального цифрового шаблона.

4. Оценить эффективность модифицированной двухэтапной сплит-техники на основе клинических методов исследования, при использовании разработанного персонализированного алгоритма в зависимости от сегмента беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти после его реконструкции.

5. На основании комплексного анализа результатов хирургического увеличения ширины альвеолярного гребня определить наиболее благоприятные факторы, являющиеся показаниями выбора для применения метода модифицированной двухэтапной сплит-техники при горизонтальной атрофии в боковых отделах нижней челюсти.

6. Изучить структуру костной ткани в области реконструкции альвеолярного гребня челюстей методом его расщепления на этапе имплантации по данным гистоморфометрического метода исследования.

7. Оценить прогнозируемость результатов хирургического лечения методом модифицированной двухэтапной сплит-техники на основании многофакторного анализа результатов клинико-радиологического метода исследования, получаемых при динамическом наблюдении за состоянием костной ткани после имплантации и в отдалённый период наблюдения.

8. Внедрить в практическое здравоохранение персонализированный алгоритм диагностики и динамической оценки состояния костной ткани челюстей при имплантологическом лечении и индивидуальный цифровой шаблон, как способ оптимизации модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти.

### **Научная новизна исследования**

Впервые предложен и научно обоснован персонализированный алгоритм диагностики и динамической объективной оценки состояния костной ткани

альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапе подготовки, в процессе и по окончании имплантологического лечения (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.).

Впервые проведен сравнительный анализ объективности полученных результатов измерений параметров альвеолярного гребня челюстей при классической схеме и разработанном персонифицированном алгоритме диагностики и динамической оценки.

Впервые оптимизирован способ модифицированной двухэтапной сплит-техники путем разработки индивидуального цифрового шаблона (патент РФ № 2779693 С1, приложение А).

Впервые доказана эффективность метода модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня при горизонтальной костной атрофии в боковых отделах нижней челюсти по данным клинико-радиологического метода исследования.

Уточнены показания для метода модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня на основе разработанного персонифицированного алгоритма диагностики.

Определена структура получаемого костного регенерата через 6 месяцев после проведения модифицированной двухэтапной сплит-техники в боковых отделах нижней челюсти по данным гистоморфометрического метода исследования.

Впервые внедрены в практическое здравоохранение персонифицированный алгоритм диагностики и динамической оценки состояния костной ткани челюстей при имплантологическом лечении и новый цифровой направляющий шаблон, как способ оптимизации модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Аргументировано и научно обосновано использование разработанного персонифицированного алгоритма предварительной и динамической объективной

оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапе подготовки, в процессе и по окончании имплантологического лечения по данным клиническо-радиологического метода исследования.

Доказано, что применение классической схемы измерений параметров альвеолярного гребня является малоинформативным в связи с тем, что данный метод является необъективным, приводит к погрешностям и неудовлетворительной диагностики состояния костной ткани в области будущей имплантации.

Применение персонифицированного цифрового шаблона для расщепления альвеолярного гребня позволяет упростить техническое выполнение, увеличить точность, снизить травматичность, риск развития осложнений костной пластики указанным способом, что позволяет оптимизировать метод реабилитации больных с горизонтальной атрофией в боковых отделах челюстей.

Использование персонифицированного алгоритма диагностики позволяет чётко определить показания для метода модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня при горизонтальной костной атрофии в боковых отделах нижней челюсти и адекватно оценить результаты костной реконструкции в отдаленный период, что подтверждено на основе данных клиническо-радиологического и гистоморфометрического методов исследования.

### **Методология и методы исследования**

Методологической базой исследования являлось использование методов научного познания с применением эмпирических (наблюдение, сравнение, измерение, описание) и теоретических (анализ, обобщение, синтез) приёмов. Диссертационная работа осуществлена в виде клинического исследования с использованием современных подходов к обследованию, ведению и лечению пациентов, с применением клинических, радиологического, гистоморфометрического методов исследования, а также статистической обработки полученных результатов.

Данное исследование было проведено в соответствии с Хельсинской декларацией, с соблюдением этических принципов. Все процедуры и материалы были представлены и одобрены локальным этическим комитетом (протокол № 10 от 25.12.2017 г. Этического Комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации по проведению научных исследований с участием человека в качестве объекта исследования, протокол № 6 от 29.04.2022 г. Комитета по Этике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации).

Работа проводилась на базе стоматологической поликлиники Института Стоматологии, кафедр хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. В работе соблюдены требования Национального стандарта Российской Федерации «Надлежащая клиническая практика» по ГОСТу Р 52379-2005.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработанный персонифицированный алгоритм диагностики и динамической оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения является объективным способом планирования реконструктивных вмешательств и ортопедически-ориентированной имплантации, позволяет выявить особенности строения альвеолярной кости, чётко определить показания к выбору метода хирургического лечения, провести наблюдение в ближайший и отдаленный период.

2. Применение разработанного индивидуального направляющего шаблона для расщепления альвеолярного гребня позволяет оптимизировать проведение реконструктивного хирургического вмешательства методом модифицированной двухэтапной сплит-техники, увеличить его точность, снизить травматичность и риск развития осложнений, что дает возможность повысить эффективность реабилитации больных с горизонтальной атрофией в боковых отделах нижней челюсти.

3. Проведение модифицированной двухэтапной сплит-техники по предложенным показаниям позволяет достичь стабильного прироста костной ткани по ширине при горизонтальной атрофии в боковых отделах нижней челюсти, что подтверждается результатами клинических, радиологического и гистоморфометрического методов исследования как в ближайшие, так и в отдаленные сроки наблюдения.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов, полученных в ходе исследования, подтверждается достаточным объемом выборки (обследовано 52 пациента, проведено 55 костных пластик в 127 сегментах челюстей), использованием современных способов обследования, ведения и лечения пациентов, применением корректных статистических методов обработки данных. Полученные результаты наглядно представлены в виде таблиц и рисунков.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: Научно-практической конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов, посвященной 100-летию со дня рождения д.м.н., профессора В.Ф. Рудько: «Актуальные вопросы хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» (Москва, 22.03.2019); VI Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и студентов с международным участием «VolgaMedScience», посвященной 100-летию ПИМУ (Нижний Новгород, 17.03.2020); Конгрессе «XI Национальный фестиваль имплантологии» в рамках XLIII Всероссийской научно-практической конференции СТАР «Актуальные проблемы стоматологии» и «Стоматология XXI века» (Москва, 19.09.2020); VI

Всероссийской научно-практической конференции «3D-технологии в медицине» (Нижний Новгород, 06.11.2020); VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов с международным участием «VolgaMedScience» (Нижний Новгород, 17.03.2021); IX Международном междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи (Москва, 26.05.2021); Конгрессе «XII Национальный фестиваль имплантологии» в рамках XLV Всероссийской научно-практической конференции СтАР «Стоматология XXI века» (Москва, 26.09.2021).

Апробация диссертации состоялась на заседании проблемной комиссии по стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 6 от 13.05.2022 г.).

#### **Внедрение результатов исследования**

Результаты выполненного исследования внедрены в лечебную практику стоматологической поликлиники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (приложение Б); поликлиники № 2 стоматологической федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Приволжский окружной медицинский центр» Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации (приложение В); общества с ограниченной ответственностью «Центр развития стоматологии «Садко» (приложение Г). Материалы диссертации внесены в лекции и практические занятия, проводимые со студентами стоматологического, лечебного факультетов, факультета международного медицинского образования, в занятия с обучающимися на постдипломных программах на базе кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский

исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (приложение Д).

### **Публикации**

По материалам диссертационного исследования опубликовано 9 печатных работ, из них 6 – в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата наук, доктора наук и издания, приравненные к ним, 1 из них входит в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus, в том числе получен 1 патент.

### **Личный вклад автора в исследование**

Автором выполнен аналитический обзор литературы с обобщением имеющихся данных отечественных и зарубежных источников по изучаемой теме. Разработан дизайн исследования, индивидуальные карты и алгоритм обследования пациентов. Осуществлены сбор клинического материала, анкетирование, диагностические исследования, дополнительные методы обследования. Личное участие в проведении предварительного цифрового планирования лечения, получении кроссекций по данным конусно-лучевой компьютерной томографии, выполнении измерений параметров альвеолярного гребня на всех этапах. Разработаны персонифицированный алгоритм диагностики и динамической оценки состояния костной ткани, индивидуальный цифровой шаблон для проведения расщепления альвеолярного гребня. При участии автора выполнены костные реконструкции альвеолярного гребня методом модифицированной двухэтапной сплит-техники, операции имплантации. Непосредственное участие в заборе и подготовке костных трепанобиоптатов, морфологическом исследовании полученных образцов. Осуществлен сбор и систематизация результатов исследования, составлены базы данных и самостоятельно проведена статистическая обработка. Выполнен анализ, интерпретация и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и

практических рекомендаций. По результатам исследования подготовлены публикации и доклады на конференциях.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 274 листах машинописного текста и состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа проиллюстрирована 123 рисунками, 71 таблицей. Список литературы включает 320 источников, из которых 75 – русскоязычных и 245 – на иностранных языках.

## Глава 1

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

#### 1.1 Критерии успеха имплантологического лечения

Со времени открытия шведским профессором Пер-Ингваром Бранемарком феномена остеоинтеграции титановых конструкций прошло более 60-ти лет. С того времени имплантология переживала различные фазы своего развития. На этапе становления данной дисциплины успехом лечения считалась остеоинтеграция имплантата [126], при этом его установку проводили с учетом имеющегося профиля атрофированного альвеолярного гребня. Уделялось недостаточно внимания расположению имплантата относительно ортопедической конструкции, объему и качеству окружающих мягких тканей. Позиция имплантата была predeterminedena, в первую очередь, объемом и направлением остаточной кости. В связи с этим последующее протезирование могло быть достаточно компромиссным, так как исходило из костно-ориентированного размещения имплантата. При этом известно, что такие ятрогенные ошибки, как избыток остатков цемента, неадекватная посадка абатментов, чрезмерное контурирование реставраций, неправильное расположение имплантатов приводят к развитию периимплантита [168, 223], и, соответственно, неудовлетворительному результату.

Экспериментальные и клинические исследования последних лет показывают, что остеоинтеграция является очень предсказуемой [81, 89, 90, 231]. Имплантаты при 10 летнем наблюдении функционируют в 90-95 % случаях по данным разных авторов [179, 202]. Средние показатели выживаемости дентальных имплантатов на нижней челюсти составляют 92,6 % [82]. Существует большое количество работ, посвященных изучению данного вопроса [238]. Однако между терминами «выживаемость» и «успех» существуют значительные различия [140, 277]. Несмотря на высокий процент остеоинтеграции, наиболее важно обеспечить условия для длительного функционирования имплантата в

полости рта, создания природоподобного протеза, восстанавливающего жевательную функцию и удовлетворяющего эстетическим требованиям пациента [40].

Учеными были предложены различные критерии успешности в имплантологии, оценивающие выживаемость имплантатов, рентгенологическую потерю костной ткани, стабильность протеза, а также наличие инфекционных периимплантных заболеваний [128, 285, 292, 295, 302]. Одним из общепринятых и часто используемых критериев [98, 111, 147, 180, 232, 235, 277] является система оценки результативности имплантологического лечения, предложенная Т. Albrektsson с соавторами в 1986 г. [302]. Согласно данному критерию дентальные имплантаты считаются успешно функционирующими, если они остеоинтегрируются с потерей маргинальной кости менее 1 мм в течение первого года после операции имплантации и менее 0,2 мм в последующий период. D. Buser с соавторами (1990) предложили следующие критерии, определяющие успешность имплантата: отсутствие постоянных субъективных жалоб пациента таких, как боль, ощущение инородного предмета, нарушение чувствительности; отсутствие повторяющейся периимплантной инфекции с нагноением; отсутствие подвижности; отсутствие радиологической потери костной ткани; возможность протезирования [128]. Данная система оценки также достаточно часто используется исследователями [143, 171, 231, 232]. С.Е. Misch с соавторами (2007) определили использование термина «успех имплантации» для идеального клинического состояния, заключающегося в отсутствии боли и чувствительности при функционировании, отсутствии подвижности, экссудации, радиологической потере костной ткани менее 2 мм [205]. Была предложена шкала оценки качества, в которой кроме «успешной имплантации» выделяли также «удовлетворительную приживаемость», которая оценивается при соблюдении тех же критериев, за исключением радиологической потери костной ткани в пределах 2-4 мм; «отягощенную приживаемость», при которой выявляется чувствительность при функционировании, потеря костной ткани более 4 мм (менее  $\frac{1}{2}$  длины имплантата), зондирование более 7 мм, экссудация и «неудачная имплантация»,

которая определяется при одном из возможных признаков: боль при функционировании, подвижность, потеря костной ткани более  $\frac{1}{2}$  длины имплантата, неконтролируемая экссудация, отсутствие имплантата в ротовой полости. Период наблюдения при этом должен быть не менее 12 месяцев. Ранний успех имплантации предполагает срок от 1 до 3-х лет, промежуточный результат – от 3 до 7 лет, долгосрочным успехом лечения считается результат, достигнутый при наблюдении более 7 лет.

В настоящее время в имплантологии успешно функционирующим считается имплантат, установленный в надлежащей протетически-заданной позиции [36, 126, 188], восстановленный реалистичной природоподобной реставрацией [84], удовлетворяющей эстетическим требованиям пациента [314, 252], с адекватным по объему и качеству мягких тканей, окружающих имплантат [6, 52, 54, 64, 67, 176], с сохранением уровня костной ткани в течение длительного времени [34, 292, 295].

В связи с тем, что во всех, указанных выше, критериях успеха фигурирует показатель стабильности костной ткани, можно сделать вывод, что её объем и качество являются ключевыми преобладающими параметрами в имплантологии. Важно оценивать состояние костной ткани альвеолярного гребня при первичном обследовании, на этапах костной реконструкции, после установки имплантатов, а также после завершения всего лечения.

## **1.2 Способы оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня**

На сегодняшний день предложены различные подходы к оценке состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня челюстей при планировании и на этапах имплантологического лечения.

При **клиническом обследовании** пациента с помощью пародонтального зонда или микрометра измеряют толщину альвеолярного гребня в беззубом участке с учетом слизистой оболочки, также определяют ширину костного гребня

после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов [226, 197]. Интраоперационная оценка включает в себя тактильное определение плотности костной ткани по Misch С.Е. [241] во время подготовки ложа для установки дентального имплантата. Так, при сверлении костной ткани типа D1 возникают тактильные ощущения, сходные с подготовкой дуба или клена; при D2 типе кость имеет аналогичную плотность с елью или сосной; при D3 – с пробковым деревом; при D4 кость похожа на пенополистирол [39]. Во время операции также оценивают степень васкуляризации костной ткани.

Для оценки параметров костной ткани беззубого альвеолярного гребня широко используется такой неинвазивный метод, как **лучевая диагностика**. Именно данный метод исследования является ключевым инструментом для планирования успешного лечения [182]. В имплантологии наиболее часто используются следующие радиологические методы:

- Двухмерная (2D) визуализация (периапикальная (внутриротовая) радиография, панорамная томография зубных рядов (ПТГ), телерадиография (ТРГ) в боковой проекции;
- Трёхмерная (3D) визуализация (конусно-лучевая компьютерная томография – КЛКТ, мультиспиральная компьютерная томография – МСКТ).

Метод периапикальной радиографии в имплантологии используют для оценки прилегания супраструктуры к имплантату (абатмента, формирователя десневой манжеты), посадки слепочного трансфера во время снятия оттиска, для проверки отсутствия излишков цемента после цементной фиксации коронки [65]. Также данный тип радиографии применяют для долгосрочной оценки результатов имплантации, стабильности маргинальной кости [80].

Панорамная томография зубных рядов (ПТГ) имеет ограниченную точность из-за неоднородных линейных, угловых искажений формы анатомических объектов, используется в качестве предварительного обследования [291], для выявления больших патологических процессов в челюстях, очагов деструкции, определения наклонов и смещений зубов. Также панорамную томографию

применяют для послеоперационной оценки имплантации в случаях одновременной установки большого количества имплантатов.

Телерадиография (ТРГ) в боковой проекции в имплантологии используется очень редко в связи с тем, что позволяет провести измерения гребня только по срединной линии челюстей [243]. Применяется для определения окклюзионной плоскости, скелетных взаимоотношений между зубными дугами верхней и нижней челюстей, межальвеолярного расстояния, оценки потери вертикального размера, пропорций между устанавливаемым протезом и имплантатами [65].

Таким образом, основными недостатками двухмерных методов визуализации являются суммационность изображений и, как следствие, наложение структур, искажение размеров объектов, а также отсутствие поперечной (кроссекциональной) информации, и, следовательно, невозможность проведения вестибуло-оральных измерений альвеолярного гребня [261], то есть определения его ширины.

Всех этих недостатков лишен метод компьютерной томографии (КТ), при котором изображение является секционным, получаемая трехмерная цифровая модель соответствует объекту практически «один-к-одному», без каких-либо проекционных искажений [59]. Трехмерная предоперационная оценка позволяет определить такие важные анатомические структуры, как нижнечелюстной канал, подбородочное отверстие, поднижнечелюстная ямка, верхнечелюстная пазуха, дно полости носа, носонебный канал, резцовое отверстие [93], что минимизирует возможные осложнения.

Трехмерные методы диагностики в имплантологии появились в конце 1980-х годов, применялись обычные томографические аппараты и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). В стоматологии и челюстно-лицевой хирургии методы КТ стали внедряться несколько позже, чем в другие разделы медицины. Вначале их использование ограничивалось диагностикой онкологических заболеваний, патологий верхнечелюстной пазухи, позже – сложных переломов костей лица. В дальнейшем МСКТ стали использовать при протезировании дефектов дентальными имплантатами [55]. По данным МСКТ

диагностируют патологические процессы в челюстно-лицевой области, выполняют необходимые измерения, определяют плотность костной ткани по шкале Хаунсфилда, оценивают мягкие ткани, в том числе, с введением контрастного вещества, получают методом стереолитографии точную копию черепа и челюстей пациента [28]. Однако использование МСКТ сильно ограничено в связи с высокой дозой облучения [156], большой стоимостью аппаратов, а также из-за качества получаемого изображения, недостаточного для нужд стоматологии [60].

В конце 1990-х годов был разработан первый конусно-лучевой компьютерный томограф (Верона, Италия), предназначенный непосредственно для челюстно-лицевой области [201]. В практике данный тип томографов стал активно использоваться с начала 2000-х годов [156]. Конусно-лучевая компьютерная томография – это цифровая технология 3D-визуализации, которая использует устройство для сканирования объекта и генерирует трёхмерное изображение области интереса при низкой дозе облучения, с лучшим пространственным разрешением по сравнению с МСКТ [65]. Аппараты КЛКТ состоят из источника рентгеновского излучения конусовидной формы, который вращается вокруг головы пациента, направляется на него и проходит сквозь, проецируясь на область двухмерного датчика [220]. Во время сканирования всего за один поворот делается серия файлов с изображениями, похожими на снимок, которые в дальнейшем подвергаются обработке серией математических алгоритмов, реконструируется трёхмерная виртуальная модель сканированного объекта [276].

Специальные программы по просмотру DICOM-файлов (Digital Imaging and Communications in Medicine – стандарт цифровой визуализации и связи в медицине) используются для работы с трёхмерным изображением. Наиболее удобным в программах является интерфейс мультипланарной реформации с интерактивной системой координат, при котором одновременно визуализируются три реформата, соответствующие взаимоперпендикулярным сечениям трёх плоскостей – аксиальной, сагиттальной и корональной [87]. В отдельном окне

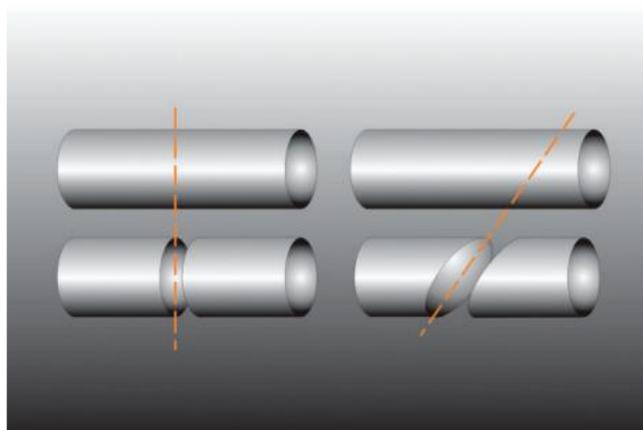
отображается объемная модель сканированного объекта. При этом возможно двигаться не строго по антропометрическим осям, а допустимо перемещение системы координат в произвольном порядке, в любом направлении, с любым пространственным наклоном осей.

Нередко для оценки качества остеорегенерата в исследованиях используется определение плотности костной ткани на КТ. Стандартом в МСКТ является шкала Хаунсфилда. Описание плотности тканей в единицах Хаунсфилда в КЛКТ является неправомерным и недостоверным [136], так как в данных КЛКТ зафиксированные значения плотности соответствуют только шкале оттенков серого цвета. Показатели очень зависят от конкретного аппарата, значений силы тока, напряжения на трубке, поля зрения. Менее точное пороговое значение плотности и сегментации тканей при КЛКТ делает данный метод томографии менее точным по сравнению с МСКТ при производстве трёхмерных моделей методом стереолитографии [65].

Следует помнить о том, что на КЛКТ могут быть артефакты «увеличения жесткости излучения» при наличии металлических объектов [132, 264], амальгамы, циркониевых конструкций, титановых имплантатов, гуттаперчи. Костные структуры, зубы, контактирующие с данными объектами, могут казаться в большей или меньшей степени разрушенными. Таким образом, убыль костной ткани вокруг имплантата, особенно потеря маргинальной кости, может быть неправильно диагностирована на КЛКТ из-за артефактов. Для постоперационной оценки стабильности костной ткани, окружающей имплантат, предпочтительнее использовать внутривисочную радиографию [208] или панорамную томографию.

КТ позволяет исследовать объект в длину, ширину и глубину. При анализе беззубых участков на КЛКТ проводят качественную и количественную оценку костной ткани на поперечных кроссекциях [86, 121, 153, 186, 193, 210, 255, 262]. Поперечный срез – это, по сути, двухмерный снимок, на котором оценивается вестибуло-оральная ширина альвеолярной кости, измеряется её высота, толщина кортикальной пластинки [187], определяется качество костной ткани [320].

Непосредственно в получении кроссекционных изображений существуют подводные камни, которые влияют на корректность получаемых измерений. Мало кто из авторов говорит о таких ошибках. В исследованиях, в большинстве случаев, даже не упоминается, каким образом были получены поперечные кроссекции. Они должны быть перпендикулярны кривой зубной дуге, а именно вершине беззубого альвеолярного гребня [306]. Если представить, что боковой отдел нижней челюсти – это цилиндр, и, если разрезать его под прямым углом к длинной оси, изображение поперечного сечения будет выглядеть как круг определенного диаметра [263] (рисунок 1). Полученная кроссекция будет отображать реальные размеры альвеолярного гребня. Если разрезать цилиндр под углом, отклоняющимся от перпендикуляра, поперечное сечение получится в виде эллипса с большим диаметром, что приведет к неправильным измерениям.



**Рисунок 1** – Демонстрация двух вариантов проведения кроссекций цилиндра. Слева – сечение перпендикулярно длинной оси цилиндра, справа – сечение под углом (S. Kourtis, 2012)

Радиографические КЛКТ измерения, полученные на кроссекциях, используются многими исследователями в качестве предварительного анализа состояния костной ткани, а также для оценки того или иного способа её аугментации, динамического наблюдения за уровнем кости в отдаленные периоды. Данные измерения широко применяются и в клинической практике на разных этапах имплантологического лечения. Однако не существует четкого объективного алгоритма измерений, которые можно бы было использовать и в

научных изысканиях, и в клинической работе. Нередко в описании использованных материалов и методов не уточняется вовсе, каким образом проводились измерения [301]. Однако в большинстве случаев, разные исследователи предлагают свои протоколы, имеющие те или иные недостатки.

Для наиболее объективной оценки качества костной ткани при исходной ситуации и после проведения костнопластических операций в исследованиях широко используется **гистологический метод**. Морфологические параметры костной ткани после проведения реконструкции альвеолярного гребня челюстей изучают при микроскопическом исследовании образцов трепанобиоптатов, полученных во время операции имплантации [14, 23, 61, 72].

В норме костная ткань челюстей подразделяется на кортикальную (компактную), содержащую концентрические пластинки костного вещества вокруг Гаверсовых или Фолькмановских каналов, и губчатую, сформированную сетью костных пластинок, между которыми располагается костный мозг [3]. Отдельной формой является ретикулофиброзная костная ткань, которая выявляется только при эмбриогенезе и регенерации [38]. В костной ткани имеются специализированные виды клеток – мезенхимальные стволовые клетки, преостеобласты, остеобласты, остециты, остеокласты, каждая из которых выполняет свою определенную функцию [118].

При костной регенерации использование остеопластических материалов, которые по своей сути являются инородными телами, в некоторых случаях вызывает появление гигантских многоядерных клеток инородных тел. Выявление данных клеток, которые вызывают активацию фибропластического дифферона и прогрессирующее развитие соединительно-тканного компонента в зоне реконструкции, имеет важное прогностическое значение для операции [237].

Для оценки результатов костной пластики А.В Волковым (2018) было предложено проводить учёт остеопластического материала, сгустков фибрина, трансплантированной жизнеспособной костной ткани – блоков или стружки,

нежизнеспособной ткани, воспалительного инфильтрата с подсчётом относительного содержания данных компонентов в костной ткани [13, 14].

Важным параметром, характеризующим активность процессов остеогенеза в регенерате, его преобладание над резорбцией, является критерий костного баланса (ВВ), получаемый, как отношение остеокластической поверхности (OcS) к остеобластической (ObS) [14, 61].

Б.С. Смбатян (2012) использовал также параметры, демонстрирующие объемный процент ретикулофиброзной и грубоволокнистой соединительных тканей относительно всех тканей в регенерате [61].

### **1.2.1 Обзор возможных алгоритмов КЛКТ-исследования**

Для неинвазивной оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня челюстей КЛКТ-исследование является «золотым стандартом» [65]. Существует большое количество протоколов проведения измерений параметров альвеолярного гребня при планировании имплантологического лечения, сравнении тех или иных способов аугментации костной ткани альвеолярного гребня челюстей, динамической оценке состояния маргинальной костной ткани по окончании лечения.

Так, например, в исследовании Н.М. Barbu с соавторами (2021) по сравнению разных материалов для направленной регенерации костной ткани при горизонтальной атрофии ширина гребня измерялась на уровне 1 мм ниже его самой краниальной точки до и через 6 месяцев после костной пластики [191]. Получаемые данные отражают ситуацию только на одном уровне, близком к вершине гребня. Нередко форма альвеолярной части или отростка может быть нерегулярной, с участками выпуклости или западения. Измерения на одном уровне не отражают клиническую ситуацию в полной мере. Кроме того, после реконструкции в некоторых случаях возможна резорбция или прирост костной ткани в области пика альвеолярного гребня, данная точка является очень вариабельной. При её смещении апикально, то есть редукции высоты, показатель

ширины, определяемой на 1 мм ниже от новой вершины, будет завышенным и необъективным.

A. Mordenfeld с соавторами в своих работах (2014, 2017) проводили измерения на высоте 3 и 6 мм от вершины альвеолярного гребня при исходной ситуации, сразу после направленной регенерации костной ткани и через 7,5 месяцев после неё [86, 246]. Четко было определено место кроссекции на основе неизменяемых анатомических структур (передняя носовая ость, резцовое отверстие). Замеры проводились на двух уровнях (3 и 6 мм), что более точно отражало архитектуру костной ткани. Однако также не был учтен факт того, что пик костной ткани мог сместиться в корональном или апикальном направлении, что изменило бы положение выбранных точек.

В приведенных выше исследованиях замеры ширины гребня проводились перпендикулярно его направлению, которое определялось произвольно и достаточно субъективно. Для объективизации данного параметра С. Garaícoa с соавторами (2015) предложили проводить переориентацию данных КЛКТ таким образом, чтобы линия, соединяющая переднюю и заднюю носовые ости – верхнечелюстная плоскость, была параллельна горизонту [315]. Данная прямая была выбрана как референсная, измерение ширины проводилось параллельно ей на уровне 3, 6, 9 и 12 мм от вершины гребня. Возможность изменения высоты костной ткани также не учитывалась.

R.E. Jung с соавторами (2013) предложил протокол измерений для оценки степени постэкстракционной атрофии костной ткани при применении методики сохранения параметров альвеолярного гребня [265]. Для сравнения размеров до и после аугментации лунки использовались одни и те же референсные точки и линии. Референсной точкой отмечалась наиболее апикальная часть лунки, через неё проводились вертикальная линия по центру лунки и горизонтальная апикальная линия. Измерениям подвергались высота щёчной и язычной стенок лунки, ширина альвеолярного гребня на высоте 1, 3 и 5 мм от его вершины, толщина вестибулярной стенки на этих же трёх уровнях. Повторные измерения проводились через 6 месяцев после операции.

Данный протокол измерений очень часто используется разными исследователями для оценки эффективности тех или иных материалов для аугментации лунки после удаления зуба [304, 307, 308]. Ширина альвеолярного гребня в выбранных точках – 1, 3 и 5 мм от его вершины является наиболее важным параметром при планировании имплантации, так как именно она является наиболее изменяема и дефицитна. Кроме того, полученные данные отражают состояние костной ткани в корональной зоне будущего имплантата, являющейся принципиальной для стабильного прогнозируемого результата [228]. Недостатком данного протокола является то, что в качестве отправной точки использовался контур лунки сразу после удаления, что не делает данный алгоритм универсальным, применимым к атрофированному альвеолярному гребню.

Таким образом, измерения без объективной неизменяемой точки отсчёта возможны при предварительной оценке параметров беззубого участка, однако, они не подходят для выявления прироста или убыли кости в динамике. Переориентация данных КЛКТ, использование референсных линий и точек позволяет более объективно оценивать получаемые данные. Кроме того, необходимо проводить измерения ширины костной ткани на нескольких уровнях гребня для более детального отображения его архитектоники.

В большинстве исследований, как пример, описанных выше, уровень костной ткани оценивается с позиции направления остаточного гребня или конфигурации лунки, измерения отталкиваются от профиля имеющейся кости. Однако при планировании ортопедически-ориентированного имплантологического лечения, костную ткань необходимо оценивать с точки зрения готовности к установке имплантата определенного размера. Зачастую направление гребня не совпадает с вертикальной осью имплантата. Н.Ж. Nickenig с соавторами (2015) предложили проводить измерения, исходя из будущей ортопедической реставрации, которая предопределяла 3D-позицию имплантата [230]. Для этого КЛКТ-исследование осуществлялось с радиоконтрастным шаблоном, имитирующим будущую конструкцию. Измерение высоты в этом

случае проводилось параллельно вертикальной оси будущего имплантата. Измерение ширины выполнялось перпендикулярно высоте на уровне 2 мм апикальнее вершины альвеолярного гребня и на высоте 2 мм корональнее верхней границы нижнечелюстного канала. Кроме того, проводились измерения угла и глубины язычного поднутрения по алгоритму, описанному H.L. Chan с соавторами (2011) [160].

При данном методе все замеры проводятся с учетом будущей ортопедически-ориентированной позиции имплантата, что позволяет определить достаточно ли костной ткани для его установки. Минусом описанного алгоритма является недостаточное количество измерений в корональной части альвеолярного гребня, а также необходимость предварительного изготовления радиоконтрастного шаблона, повторного проведения КЛКТ-исследования с ним.

I. Veitlitum с соавторами (2018) также проводили измерения ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики перпендикулярно вертикальной линии, отображающей центральную ось планируемого имплантата [225]. Замеры выполнялись в области вершины гребня и на расстоянии 3 и 6 мм от неё. Дистальный аспект соседнего зуба служил точкой отсчета для обеспечения совпадения места измерения между кроссекциями до и после аугментации. Вероятность изменения высоты гребня по результатам костной пластики в большую или меньшую сторону не учитывалась.

D.S. Thoma с соавторами (2019) в исследовании при проведении измерений отталкивались от позиции уже установленного имплантата [266]. Кроссекции были получены по данным КЛКТ сразу после аугментации лунки, через 4 месяца после операции имплантации и после установки искусственной коронки. На финальной КТ была изображена сетка, где вертикаль проходила по центральной оси имплантата, горизонтальные линии были расположены на уровне его платформы и далее на 5 мм апикально каждый миллиметр. Полученная сетка переносилась на остальные поперечные сечения, измерение ширины проводилось на уровне платформы имплантата, 2 и 5 мм от неё. Данный алгоритм измерений

является достаточно объективным в научных исследованиях, однако трудно применим в каждодневной клинической практике.

Многие исследователи предлагают в качестве референсной горизонтальной линии использовать платформу имплантата и измерять ширину альвеолярного гребня на её уровне и на несколько миллиметров апикальнее. Однако такой алгоритм невозможно использовать при планировании лечения, он возможен только при проведении ретроспективных исследований [204], так как уже должна быть известна финальная позиция имплантата, или при проведении исследований по оценке стабильности костной ткани в отдаленные периоды после протезирования [157].

Современные CAD/CAM технологии (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), активно используемые в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии [71] и имплантологии [271], позволяют проводить объемные измерения, определяя прирост или убыль костной ткани в  $\text{мм}^3$  [307]. Это достигается путем объемного рендеринга и конвертирования DICOM-файлов в формат STL (stereolithography) [87]. Сегментация кости от окружающих тканей, включая мягкие, проводится на основе пороговых значений шкалы серого (псевдоединиц Хаунсфилда) [309] автоматически с доработкой вручную. Это очень трудоемкий и субъективный процесс, строго зависящий от опыта оператора [154] в связи с особенностями КЛКТ, указанными выше. Намного лучшую точность сегментации демонстрирует МСКТ, но её использование в имплантологии, как говорилось ранее, достаточно ограничено в силу веских на то причин.

Таким образом, не существует четкого алгоритма измерений параметров альвеолярного гребня на КЛКТ, который бы детально описывал исходную ситуацию, а также позволял объективно оценивать прирост или убыль костной ткани в динамике в определенных идентичных точках, который можно бы было применить в научных работах и в рутинной клинической практике.

### **1.3 Проблема атрофии костной ткани альвеолярного гребня челюстей, возникающей после удаления зуба**

Для достижения успешного результата имплантологического лечения необходим достаточный объем и качество костной ткани, что позволяет установить имплантат в ортопедически-ориентированную позицию, обеспечить опору для мягких тканей, окружающих имплантат, создать природоподобную естественную реставрацию, выполняющую жевательную функцию и удовлетворяющую эстетическим запросам пациентов. Однако зачастую при отсутствии зубов и необходимости в отсроченной имплантации врачи-имплантологи сталкиваются с проблемой атрофии костной ткани беззубого альвеолярного гребня [18, 50].

Редукция костной ткани, возникающая после удаления зуба, является одной из самых обсуждаемых и важных проблем в современной стоматологии и имплантологии. Неизбежно экстракция зуба запускает целый каскад изменений в данном участке челюсти [102, 130, 137], последствия которого могут вызвать трудности для расположения дентального имплантата [2, 20].

Изучение процессов атрофии влияет на поиск рациональных методов реконструкции атрофированного альвеолярного гребня. Для этого необходимо знать особенности эмбрионального развития, анатомического и гистологического строения пародонтального комплекса, в особенности альвеолярной костной ткани.

Эмбриологически альвеолярная кость развивается из гертвиговского эпителиального влагалища зачатка зуба [162, 184]. Некоторые мезенхимальные клетки зубного мешочка трансформируются в остеобласты [236], которые образуют участки грубоволокнистой костной ткани, окружающие зубной орган. Во время формирования зуба образуется компактная пластинка, питательные каналы, костный мозг [16].

Внутренняя часть альвеолы называется собственно альвеолярной костью, она обеспечивает место прикрепления Шарпеевых волокон из периодонтальной

связки. Эти коллагеновые волокна организованы в пучки и обызвествлены внутри кости, чтобы обеспечить прочную связь между зубом и костью [139]. Указанная часть альвеолярной кости гистологически называется пучковой (связывающей) костью из-за наличия пучков волокон.

Таким образом, между альвеолярной костью, включая пучковую, и периодонтальной связкой зуба существует неразрывная связь [102], определенная единством их развития, функции и кровоснабжения.

Процесс заживления лунки подробно описан в литературе, и многие наблюдения основаны на гистологических исследованиях с использованием моделей животных [78, 248, 257]. Объемные и структурные изменения в костной ткани, возникающие после удаления зуба были детально изучены в зоне премоляров нижней челюсти собак G. Cardaropoli и M.G. Araujo в начале 2000-х годов [106, 130]. В результате данных экспериментальных исследований было установлено, что наиболее заметные изменения происходят на раннем этапе заживления. В первые 4 недели происходит атрофия костной ткани вследствие резорбции пучковой кости. За счёт того, что кристаллическая часть вестибулярной стенки представлена только пучковой костью, уже на первой фазе возникает уменьшение её высоты. В следующие 4 недели развивается редукция по ширине с наружных поверхностей как щёчной, так и язычной стенок в равной степени. Предположительно, это является биомеханической проблемой [115] и возникает вследствие отсутствия функции в месте удаления (дисфункциональная атрофия «бездействия»), приспособления тканей для удовлетворения генетически детерминированных требований к геометрии альвеолярного гребня при отсутствии зубов. Таким образом, указанные процессы приводят к горизонтальной атрофии альвеолярного гребня уже на раннем этапе заживления лунки.

Процесс регенерации в животной модели, как правило, происходит быстрее, поэтому могут быть различия во временных рамках по сравнению с последовательностью событий после удаления зубов у людей [125, 134]. Проведенные многими авторами клинические исследования доказывают, что

первые месяцы заживления лунки характеризуются наиболее быстрой атрофией костной ткани, после чего процессы резорбции замедляются [30]. Первые две недели характеризуются максимально активной перестройкой [137]. До 50% ширины гребня утрачивается в течение 12-месячного периода, 2/3 из которых (30%) - в первые 12 недель [124]. В течение 3 лет после удаления зуба объём альвеолярной кости уменьшается на 40-60% [109, 131]. Затем процесс атрофии продолжается, дефицит нарастает на 0,5 - 1% в год [1, 108]. В результате удаления зуба альвеолярный гребень подвергается более значительной резорбции в горизонтальной плоскости, чем в вертикальной. По данным системного анализа W.L. Tap с соавторами (2012) горизонтальная потеря костной ткани через 6 месяцев после удаления зуба составила от 29% до 63%, в то время как вертикальная атрофия произошла в диапазоне от 11% до 22% [88]. По результатам исследования А.А. Михайловского, А.А. Кулакова, А.В. Волкова (2015) за 6 месяцев зафиксировано снижение горизонтальных размеров альвеолярной кости в среднем на 4,21 мм (45,7%), а высота кости уменьшилась на 2,08 мм (22,3%) со щечной поверхности гребня и на 1,69 мм (20,1%) с язычной [35]. По данным Е.А. Дурново, М.В. Дьяковой (2019) толщина альвеолярного гребня уменьшилась в среднем на 14 % через 2-3 месяца после удаления при сравнении с зоной симметричного зуба противоположной стороны [51]. Согласно систематическому обзору С.Н. Hammerle с соавторами (2012) в срок 6 месяцев после удаления зуба отмечалась редукция ширины альвеолярного гребня в среднем на 3,8 мм, а высоты на 1,24 мм [194]. Результаты систематического обзора F. Van der Weijden с соавторами (2009) свидетельствуют о том, что в течение периода заживления от 3 до 12 месяцев после удаления зуба в отдельных выбранных исследованиях клиническая потеря ширины альвеолярного гребня составила 3,87 мм, клиническая потеря высоты – 1,67–2,03 мм [316].

Таким образом, можно утверждать, что локальная атрофия костной ткани после удаления зуба – это физиологический неизбежный процесс, который инициируется удалением зуба, повреждением периодонтальной связки и мягких тканей данного сегмента, нарушением кровоснабжения и усугубляется

последующим отсутствием функциональной нагрузки в данной области, недостаточностью кровоснабжения вследствие отсутствия периодонтальной связки, генетической информацией. При этом максимальная редукция альвеолярного гребня происходит именно в горизонтальном, а не вертикальном направлении.

Существует большое количество факторов, влияющих на атрофию костной ткани, определяющих её степень. Безусловно, тонкий пародонтальный фенотип, наличие врожденных деформаций, выраженных воспалительных периапикальных и фуркационных дефектов, деструктивных заболеваний пародонта, травматических повреждений, онкологических заболеваний в месте экстракции увеличивают редукцию костной ткани в разы. Многое также зависит и от способа удаления зуба, степени травматичности операции. Уменьшение объемов кости усиливается при отслаивании слизисто-надкостничного лоскута во время экстракции в связи нарушением кровоснабжения от надкостницы и последующим лизисом подлежащей костной ткани в данном месте. Безлоскутное удаление зуба важно для минимизации данной дополнительной атрофии костной ткани с её поверхности [107, 100, 310]. Операция проводится без давления на костные стенки путём сепарации корней, а также с использованием современных хирургических инструментов: периотомов, пьезохирургических насадок, девайсов для вертикальной экстракции [112]. Длительное использование съёмных протезов значительно усиливает атрофию костной ткани [296], так как жевательная нагрузка передается на поверхность кости, а не внутрь её, что приводит к уменьшению кровоснабжения. Потеря кости усиливается, если форма протеза не соответствует контурам протезного ложа.

### **1.3.1 Особенности атрофии кости в боковых отделах нижней челюсти**

Ремоделирование кости альвеолярного гребня после удаления зуба протекает стремительно, и уже в короткие сроки (до 3 месяцев) развивается горизонтальная атрофия. Особую актуальность представленная проблема

приобретает в боковых отделах челюстей. Достаточно часто в клинической практике потеря зубов в дистальных участках не совпадает с их своевременной заменой на дентальные имплантаты. Пациенты невнимательно относятся к этому сегменту, так как он не представляет эстетической ценности, а сосредотачиваются на наличии дефекта нередко только тогда, когда страдает жевательная функция, или при возникновении боли в области височно-нижнечелюстного сустава [170]. В связи с этим, зачастую между удалением зуба и установкой имплантата проходит от нескольких месяцев до десятилетий [151]. В результате для оптимальной установки имплантата и улучшения долгосрочного прогноза требуется реконструкция атрофированного альвеолярного гребня. В то время как операция субантральной верхнечелюстной аугментации – синус-лифтинга, хорошо изучена, методы увеличения альвеолярного гребня на нижней челюсти не имеют подробной документации или долгосрочных последующих исследований [95].

Ситуация осложняется наличием на нижней челюсти таких важных анатомических структур, как нижнечелюстной канал, ментальное отверстие, подъязычное поднутрение. Безопасная зона в 2 мм от нижнечелюстного канала и подбородочного отверстия для предотвращения повреждения нижнего альвеолярного нерва не всегда достижима у пациентов с выраженной атрофией, установка имплантата может вызвать сенсорную дисфункцию [159]. Перфорация кортикальной пластинки в области язычного поднутрения повышает риск повреждения подъязычной (главной ветки язычной артерии [135]) и челюстно-подъязычной [275] артерий, формирования гематомы [209] и развития абсцесса или флегмоны подъязычного и окологлоточного [230] пространств. Во время перфорации язычной кортикальной пластинки в области поднутрения также возможно повреждение язычного нерва [303]. Кроме того, возможно не только прободение, но и компрессия лингвальной стенки, что может привести к её некротизации и развитию остеомиелита.

Таким образом, атрофия в области боковых отделов нижней челюсти представляет собой серьезную проблему для успешной реабилитации [244]. В

связи с вышеизложенным, задача восстановления объемов редуцированного альвеолярного гребня в дистальных сегментах нижней челюсти приобретает особенно важную значимость.

Существует большое количество классификаций состояния беззубого альвеолярного гребня, предложенных в разное время разными авторами. J.S. Seibert (1983) ввёл широко используемую классификацию дефектов гребня [279]. В данной классификации дефекты I класса представляют собой вестибуло-оральную потерю ткани (по ширине) и нормальные вертикальные размеры, дефекты II класса – это дефекты с апико-корональной потерей ткани (по высоте) и нормальными размерами ширины, в то время как дефекты III класса представляют собой комбинацию дефектов ширины и высоты.

H.L. Wang и K. Al-Shammari (2002) модифицировали классификацию J.S. Seibert, назвав её терапевтически ориентированной HVC-классификацией [318]. Каждый из трёх классов (горизонтальный – H, вертикальный – V и комбинированный – C) был разделен на подкатегории: небольшие дефекты ( $s, \leq 3$  мм), средние ( $m, 4-6$  мм) и большие ( $l, \geq 7$  мм). В данной классификации рассматриваются дефекты как мягких, так и твердых тканей, при этом предлагаются варианты лечения, основанные на типе и размере дефекта и планируемом плане восстановительного лечения.

Классификация U. Lekholm и G. Zarb (1985) включает пять стадий резорбции кости: А) практически интактный альвеолярный гребень; В) незначительная резорбция альвеолярного гребня; С) прогрессирующая резорбция альвеолярного гребня к основанию челюсти; D) начальная резорбция основания челюсти; E) экстремальная резорбция основания челюсти [170].

Широко известна классификация С.Е. Misch и К.В. Judy (1987), в которой выделяется 4 категории: А - избыточное (*abundant*) количество костной ткани; В - достаточное (*barely sufficient*), С - компромиссное (*compromised*), которое подразделяется на Ch (компромиссное по высоте) и Cw (компромиссное по ширине); D - недостаточное (*deficient*) [241]. Также авторы выделили четыре типа

качества костной ткани челюстей в зависимости от соотношения компактного и губчатого вещества (D1, D2, D3, D4).

D.A. Atwood (1971) создал классификацию вариантов строения альвеолярного гребня челюстей в переднем отделе на разных стадиях его атрофии по данным изучения боковых телерентгенограмм [113, 114]. J.I. Sawood (1988) дополнил эту классификацию, добавив варианты атрофии дистальных отделов [133]. Состояние альвеолы отображалось в виде 6 классов, начиная от альвеолы с естественным зубом, заканчивая вогнутой и плоской формами строения беззубого альвеолярного отростка.

В.Л. Параскевич (2008) выделил шесть типов строения костной ткани беззубых челюстей в зависимости от соотношения компактного и губчатого веществ по данным компьютерной томографии [42].

Н. Watanabe с соавторами (2010) классифицировали форму нижней челюсти на основе поперечного сечения на КЛКТ, выделив 3 класса: тип А – с язычным поднутрением, тип В – с щёчным поднутрением, тип С – круглая форма [234].

В беззубой области первого моляра Н.Л. Chan с соавторами (2011) определили три типа морфологии кроссекции нижней челюсти на основе КЛКТ [160]. Гребень с узким основанием, который расширяется щечно-язычно с выступающей точкой на язычной пластинке, с наличием язычного поднутрения, был классифицирован как тип U. Когда не было выявлено явного язычного поднутрения, альвеолярная часть была отнесена либо к типу сходящегося гребня – тип С или параллельному типу Р.

Б.С. Смбалян (2012) предложил классификацию видов атрофий альвеолярной костной ткани, в которой он выделил горизонтальную, горизонтальную выраженную, вертикальную, вертикальную выраженную, сочетанную и сочетанно выраженную атрофии [61].

А.А. Pelegrine с соавторами (2018) предложили НАС-классификацию горизонтальных альвеолярных изменений [198]. НАС делится на четыре основные категории, определяемые в соответствии с морфологией остаточной кости, оцениваемой на компьютерной томографии, наличием губчатого вещества между

кортикальными пластинками: незначительная, небольшая, умеренная и выраженная резорбция костной ткани. К каждому классу атрофии предложен свой протокол лечения.

Обзор имеющихся классификаций демонстрирует высокую вариабельность форм и строений альвеолярного гребня, особенно в боковых отделах нижней челюсти. Классификации не являются универсальными. Систематизация данного многообразия достаточно сложна, а, вероятно, и невозможна. В рамках персонифицированного подхода к лечению необходим объективный алгоритм планирования и динамической оценки параметров костной ткани беззубого альвеолярного гребня для каждого конкретного случая, определяющий тактику ведения данного пациента.

#### **1.4 Обзор методик аугментации костной ткани при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня**

Для надлежащего 3D-позиционирования имплантата необходим достаточный объем костной ткани. В горизонтальном аспекте имплантат должен быть окружен минимум 1,5 мм костной ткани со всех сторон [97, 283]. В связи с этим, нередко без применения реконструктивных технологий, направленных на восстановление объема кости, проведение рационального ортопедически-ориентированного имплантологического лечения невозможно.

Вследствие объемных изменений, происходящих после удаления зуба, когда большей степени резорбции подвергается вестибулярная стенка лунки, именно латеральная аугментация является широко распространённой процедурой [300]. В настоящее время для устранения горизонтальной атрофии используются самые различные методы реконструкции костной ткани беззубого альвеолярного гребня: пластика аутогенными костными блоками [12, 26, 58, 99, 129], направленная регенерация костной ткани [85, 227, 313, 319], техника расширения (spreading) альвеолярного гребня [249], техника расщепления (splitting) альвеолярного гребня [170, 197].

Аутогенная кость, благодаря своим биологическим свойствам (остеогенным, остеоиндуктивным и остеокондуктивным), считается «золотым стандартом» для реконструкции костей [122, 219, 298]. Использование **аутогенных блоков** считается хорошо задокументированным и эффективным методом костной аугментации [293]. Основным недостатком данной методики является то, что требуется дополнительная операционная зона (внутри или внеротовая), а также то, что она является достаточно сложна в техническом плане для исполнения, требует высокой квалификации хирурга. Особенно трудно зафиксировать костный блок при нерегулярной форме дефекта. Послеоперационная болезненность, связанная с забором кости из внутриротовых участков, может быть представлена временными неврологическими нарушениями, затрагивающими ветви нижнего альвеолярного нерва [141, 245]. Приживление аутогенных блоков происходит по типу «ползучего замещения», когда жизнеспособная кость заменяет некротическую внутри трансплантата, этот процесс сильно зависит от ангиогенеза [127]. В связи с этим, большие по толщине блоки обладают низким регенераторным потенциалом, что отрицательно влияет на их перестройку и васкуляризацию. Наиболее часто регистрируемыми осложнениями данной процедуры являются резорбция трансплантата и его обнажение [269]. По данным Б.С. Смбатяна (2012) средний прирост костной ткани при трансплантации костных блоков для восстановления атрофированного в горизонтальном направлении гребня нижней челюсти составил 5,2 мм [61]. При этом гистологически не обнаружено признаков активной регенерации костной ткани, картина соответствовала фазе покоя, выявлено большое количество пустых лакун без остеоцитов (80 %), что свидетельствует о гибели данного участка. По данным исследования О.В. Эйзенбраун (2018) прирост костной ткани по ширине при трансплантации костных блоков в области альвеолярной части нижней челюсти составил  $4,3 \pm 0,18$  мм [72]. Гистологически трансплантат представлял собой плотную кортикальную костную ткань, где имелось достаточно большое количество пустых лакун (78 %). По данным исследования А.В. Волкова (2018) особенностью образцов, полученных после пересадки аутогенного костного блока

были достаточно сильно выраженные признаки некроза трансплантата, что является признаком скорого уменьшения объема и прочности аугментата и неудовлетворительным клиническим результатам [14].

Отдельно можно выделить такую технику аутотрансплантации, как **трёхмерное моделирование дефекта монокортикальными костными пластинами** (метод Ф. Кури) [217]. Отличием от классической методики пересадки блоков является то, что используются тонкие пластины из ретромолярной области нижней челюсти, которые фиксируются на дистанции от дефекта, создавая каркас. В полученное пространство укладывается аутокостная измельченная стружка, обладающая высоким остеогенным потенциалом. Измельченная костная ткань лучше и быстрее реваскуляризируется, чем костные блоки [21]. В костном регенерате, полученном после проведения данного способа костной пластики, выявлены выраженные процессы остеогенеза и остеорезорбции, что свидетельствует о динамически развивающейся системе [14]. Прирост костной ткани на нижней челюсти составил 5,6 мм по ширине [61]. По сравнению с методом классической пересадки костных трансплантатов при пластике по Кури формируется более полноценная в гистологическом смысле костная ткань [62]. Однако недостатки, связанные с дополнительным операционным полем, сохраняются. Кроме того, данная методика является технически сложной в исполнении.

Принцип **направленной костной регенерации (НКР)** основан на использовании барьера – мембраны, которая отделяет зону костного дефекта от окружающих мягких тканей. Созданное защищенное от прорастания мягких тканей пространство заполняется кровеносными сосудами и остеогенными клетками. Использование мембраны сочетается с аутогенными частицами кости и остеопластическими материалами. Наиболее часто для устранения последствий горизонтальной атрофии используются резорбируемые коллагеновые мембраны [288]. Для её стабилизации используются титановые винты и пины. НКР с использованием резорбируемых мембран является удобной в применении методикой, не требует высоких навыков хирурга. Вероятность осложнений в виде

экспозиции мембраны и графта и инфицирования низкая [175]. При выраженных горизонтальных дефектах, особенно в переднем отделе верхней челюсти, иногда используются нерезорбируемые барьеры – мембраны из политетрафторэтилена с титановым усилением [229], титановые сетки [305] и мембраны, в том числе изготовленные индивидуально [45]. Их использование требует высоких навыков и опыта хирурга, а также могут быть трудности при их удалении на втором хирургическом этапе [199]. Кроме того, очень частым осложнением при использовании нерезорбируемых мембран в связи с их жёсткостью является экспозиция барьера и инфицирование аугментата [185, 178]. В большинстве случаев обнажение нерассасывающейся мембраны в отличие от коллагенового барьера требует её удаления [142], что может привести к неудачному исходу аугментации. При использовании НКР прирост костной ткани по ширине на нижней челюсти составляет в среднем 4,3 мм [61]. Гистологически выявляется достаточно выраженное обеднение кровоснабжения регенерата под нерезорбируемой мембраной, что приводит к некрозу значительной его части [14]. Кроме того, использование барьерных мембран, остеопластических материалов является достаточно затратным с финансовой точки зрения.

Для небольших горизонтальных дефектов существует **метод расширения** (spreading) альвеолярного гребня за счёт уплотнения костной ткани. Для этого после пилотного препарирования имплантологического ложа используются специальные конденсоры увеличивающегося диаметра [249]. Кость отодвигается латерально и апикально, а не удаляется в процессе препарирования, таким образом, сохраняется большая её часть [294]. Наиболее часто данная методика используется в боковых отделах верхней челюсти. При данной технике имплантат устанавливается одномоментно, а за счёт конденсации мягкой губчатой кости увеличивается её плотность, а, следовательно, и первичная стабильность имплантата [196]. Одним из возможных осложнений при данной методике является развитие микротрещин в кости, окружающей имплантат, и потеря торка в связи с этим [117]. Поэтому нужно проявлять осторожность при приложении силы во время конденсации. Данная техника является малоинвазивной [96], но

далеко не универсальной. Её применение на нижней челюсти затруднительно в связи с большей плотностью костной ткани, чем на верхней челюсти.

Альтернативой ранее представленным методикам горизонтальной аугментации является **техника расщепления (splitting)** альвеолярного гребня. При данном способе проводится продольное разделение альвеолярной кости с помощью специальных инструментов, отделение и фиксация подвижного вестибулярного фрагмента в новом положении. При этом заживление костной ткани происходит подобно регенерации при дистракционном остеогенезе [239]. Данная методика возможна к использованию только при наличии губчатого вещества между вестибулярной и оральной кортикальными пластинами [278]. Обычно её проводят при минимуме 3-4 мм ширины альвеолярного гребня и 10 мм его высоты при одиночном дефекте [79]. Имплантат, установленный при данной методике, защищен твёрдыми кортикальными пластинами с вестибулярной и оральной сторон, что обеспечивает лучший контакт собственной кости с его поверхностью. Существует большое количество модификаций техники расщепления альвеолярного гребня (описаны ниже), каждая из которых имеет свои плюсы и недостатки. Основным преимуществом данной техники во всех разновидностях является то, что она проводится местно, отсутствует дополнительное операционное поле [123]. В связи с этим её можно назвать малоинвазивной.

#### **1.4.1 Модификации техники расщепления альвеолярного гребня**

Метод расщепления альвеолярного гребня был предложен доктором Hilt Tatum, Jr, DDS во второй половине 1960-х годов [297]. В описанном им способе отслаивались расщепленные вестибулярный и язычный лоскуты, проводилась репозиция вестибулярной пластины после перелома по типу «зеленой ветки» с помощью остеотомов, имплантаты устанавливались одномоментно. Главной целью данной техники является создание определенного вида дефекта (self-space making, хирургически созданный дефект), позволяющего костной ткани

регенерировать с окружающих поверхностей, где находятся остеогенные клетки [284]. Расщепление трансформирует одно-стеночный дефект в четырех-стеночный. Преимущество дополнительной, прилегающей к дефекту стенки описали Р. Cortellini с соавторами в пародонтологии [158]. Они доказали, что восстановление костного дефицита происходит лучше пропорционально количеству оставшихся стенок дефекта. П.В. Полупан и А.М. Сипкин (2022) при изучении результатов различных костнопластических операций также пришли к выводу, что их эффективность во многом зависит от количества стенок костного дефекта [50].

После предложенной доктором Н. Jr. Tatum техники появилось большое количество её модификаций. J.F. Osborn (1985) рекомендовал полную мобилизацию вестибулярной пластины за счёт формирования послабляющих остеотомий, слизисто-надкостничные лоскуты отслаивались не полностью, чтобы не повредить систему кровоснабжения костной ткани [250, 251]. Пространство между костными стенками заполнялось остеопластическим материалом, имплантаты устанавливались отсрочено.

G.V. Bruschi и A. Scipioni (1988) интегрировали все имеющиеся на то время техники в одну единую концепцию [94]. Было предложено использовать расщепленные лоскуты, послабляющие костные пропилы, одномоментную установку имплантатов без использования остеопластических материалов и мембран. Данная техника была названа «edentulous ridge expansion» (ERE) – техника расширения беззубого альвеолярного гребня [278]. Межкортикальный костный дефект они описали, как пострэкстракционное место, которое должно зажить без графта, как обычная лунка. Подчёркивалась важность периоста и эндоста в данном процессе.

В последующие годы разными авторами разрабатывались специальные хирургические инструменты и девайсы для облегчения проведения данной манипуляции. Для выполнения остеотомий используются долота [146, 278, 280, 284], вращающиеся боры [166], алмазные диски [116, 189], микропилы [101, 167, 256].

Для продвижения долота в костную ткань используется хирургический молоток [83], однако незначительная травма головы может вызвать лабиринтное сотрясение мозга и головокружение [183]. Рекомендации по профилактике данного осложнения заключаются в том, чтобы использовать долота от меньшего к большим размерам и избегать положения пациента с запрокинутой головой. Применение боров, дисков, пил менее травматично, но есть риск травматизации мягких тканей [123]. Кроме того, зубы, ограничивающие зону дефекта, могут затруднить операцию с использованием этих инструментов [104].

T. Vercellotti (2000) впервые использовал пьезохирургию для расширения альвеолярного гребня [317]. Он показал, что использование скальпелей с пьезоэлектрической энергией переменной частоты позволяет проводить остеотомию без риска случайного перелома из-за чрезмерной травмы. Пьезохирургия позволяет проводить максимально точные и минимально травматичные пропилы костной ткани без риска повреждения слизистой [260], кровеносных сосудов [254], нервов [206]. Мягкие ткани не повреждаются в связи с тем, что они колеблются с той же скоростью и амплитудой, что и режущий наконечник [104]. Пьезохирургический метод также поддерживает остеогенный потенциал клеток за счет предотвращения повышения температуры в месте операции [273]. Кроме того, кавитационный эффект вибрирующего лезвия очищает рабочую зону и обеспечивает максимальную видимость [123, 215]. Ультразвуковой остеотом позволяет выполнять криволинейные разрезы, которые невозможны при использовании других инструментов [312]. Для режущего действия требуется гораздо меньшее давление руки, чем для вращающихся инструментов, что обеспечивает хирургу большую тактильную чувствительность и точность. При использовании под местной анестезией данный метод переносится более комфортно для пациентов по сравнению с обычными хирургическими борами или пилами [267, 259]. Небольшой недостаток пьезохирургии – медленный режущий процесс [258].

D.J. Holtzclaw с соавторами (2010) описали методику пьезоассоциированного расщепления альвеолярного гребня [197]. При данном

способе сначала выполнялась кортикотомия вдоль вершины альвеолярного гребня, проводили два вертикальных пропила, а затем апикальную остеотомию. Проведение апикального пропила позволяет создать зону шарнира, следовательно, контролировать уровень перелома по типу «зеленой ветки». Кортикотомии проводилась с помощью пьезохирurgicalических насадок. С помощью долота проводили шарнирное движение – репозицию вестибулярной кортикальной пластины латерально. Все пространства заполнялись остеопластическим материалом, который сверху укрывался коллагеновой резорбируемой мембраной. Имплантаты устанавливались отсрочено через 3-4 месяца.

Для сепарации вестибулярного костного фрагмента используются также долота, а, кроме того, специально разработанные расширители по типу дистракторов [167], клинья [258], остеотомы [123, 274, 299], моторизованные винтовые экспандеры [104, 214, 215, 224]. Специальные инструменты позволяют проводить расширение контролируемо на определенную величину.

Некоторые авторы предлагают фиксировать полностью сегментированный вестибулярный участок в новом положении, чтобы предотвратить его секвестрацию и некроз. Для этого используются лигатурная металлическая проволока [146], рассасывающая лигатурная проволока [83]. S. Vasa с соавторами (2004) рекомендовали стабилизировать мобилизованную вестибулярную кортикальную пластину с помощью винта [116]. Винт проходил от щёчной к язычной пластине бикортикально, что обеспечивало стабильность положения вестибулярной стенки. Е.А. Дурново с соавторами (2015) предложили способ отсроченного расщепления альвеолярного гребня, заключающийся в формировании вестибулярного подвижного фрагмента за счёт проведения остеотомий в виде трапеции или прямоугольника, ротации его в новое положение на контролируемую величину и его фиксации к язычной стенке с помощью титановых винтов [44].

Образующееся между вестибулярным фрагментом и язычной стенкой пространство многие авторы предлагали заполнять остеопластическим

материалом [44, 197, 247, 250, 251]. Некоторые исследователи предпочитали, чтобы заживление проходило спонтанно на кровяном сгустке, без какого-либо графта [94, 278, 284] или с использованием плазмы, обогащенной тромбоцитами [116]. С.Ю. Иванов с соавторами (2012) предложили использовать клиновидную пластину из не деминерализованного костного коллагена, которая устанавливалась в сформированное после расщепления гребня пространство [43].

Некоторые авторы проводили отслаивание полнослойного слизисто-надкостничного лоскута при расщеплении альвеолярного гребня [161, 197, 287]. Однако другие предлагали сохранять надкостницу, использовать расщепленные слизистые лоскуты [47, 280, 317], что предотвращает резорбцию кости [211]. Только отслаивание надкостницы приводит к потере примерно 0,5 мм костной ткани [149]. После процедуры расщепления гребня питание вестибулярного сегмента переходит от внутреннего кровоснабжения от губчатой кости к внешнему от надкостницы [166]. Васкуляризация от надкостницы позволяет регенерировать костной ткани, что в конечном итоге приводит к образованию пластинчатой кости [242].

Для нивелирования костной резорбции, ассоциированной с отслойкой полнослойного лоскута G. Enislidis с соавторами (2006) предложили отсроченное расщепление альвеолярного гребня [174]. На первом этапе проводили отслаивание полнослойных лоскутов, кортикотомию в виде прямоугольника без латерального смещения вестибулярной кортикальной пластины и ушивание. После заживления мягких тканей (40 дней) проводили перелом и смещение вестибулярного фрагмента и одномоментную установку имплантата. На втором этапе выполняли отслаивание и мобилизацию только язычного лоскута для сопоставления краев раны. Некоторые авторы предлагают устанавливать имплантаты при данной методике третьим этапом через 3-4 месяца [91, 290]. С.С. Едранов (2021) на втором этапе данного вида костной пластики предложил проводить отслойку расщепленного слизисто-подслизистого лоскута с сохранением прикрепления надкостницы к поверхности будущего кортикального блока, послойное ушивание раны после расщепления [47].

По результатам обзора литературных источников можно сделать вывод, что в ранних исследованиях техника расщепления альвеолярного гребня проводилась, в основном, на верхней челюсти, где костная ткань более эластичная [94]. При данной методике латеральное смещение вестибулярной кортикальной пластины на нижней челюсти осуществить гораздо сложнее, чем на верхней, без незапланированного перелома [222]. Боковые отделы нижней челюсти являются наиболее сложными с точки зрения реконструкции альвеолярного гребня при его атрофии [116]. Это связано со сложными анатомическими особенностями нижней челюсти, такими как, наличие важных образований – нижний альвеолярный нерв, ментальное отверстие, наружная косая линия, поднижнечелюстная ямка, челюстно-подъязычный гребень, большая плотность и толщина кортикальной кости, меньшее количество губчатого вещества, имеющего больший регенераторный потенциал [181]. Однако предложение стадийных подходов с проведением апикальной шарнирной остеотомии позволяет широко использовать данную методику и на нижней челюсти.

Систематизируя все модификации метода расщепления альвеолярного гребня, можно выделить следующие, наиболее часто используемые в настоящее время:

1. Одноэтапный сплиттинг с одномоментной установкой имплантатов. Апикальный пропил при этом не делается, перемещение вестибулярной пластины проводится за счёт перелома по типу «зеленой ветки». Отслаивание слизисто-надкостничных лоскутов при этом незначительное, или лоскуты должны быть расщепленными, чтобы максимально сохранить питание вестибулярного фрагмента от надкостницы. Использование графта и барьерных мембран вариабельно, зависит от объемов получаемого между ламеллами пространства. Костный наполнитель обеспечивает каркас для остеокондукции остеогенных клеток. Преимуществами одноэтапного подхода являются сокращение сроков лечения [258], малоинвазивность, невыраженные отёчные и болевые явления в послеоперационном периоде за счёт минимальной отслойки лоскутов, экономия стоимости лечения. Среди недостатков одномоментного расщепления можно

выделить вероятность неконтролируемого перелома вестибулярной стенки в неправильном месте (mal-fracture – неправильный перелом), корональное положение, особенно на нижней челюсти в боковых отделах с толстой кортикальной пластинкой [119; 256]. В связи с этим, ограниченные показания для данной методики – тонкий кортикальный слой. Предпочтительнее проводить её на верхней челюсти, обладающей большей эластичностью [195, 203]. Высокий риск развития осложнений при этой технике, связанных с резорбцией вестибулярного фрагмента, что приводит к дегисценциям и потери кости в области установленных имплантатов. Кроме того, при данном способе аугментации достаточно трудно добиться надлежащей первичной стабильности имплантатов и их корректной 3D-позиции [148; 259].

2. Двухэтапная сплит-техника, при которой сначала проводится костная пластика методом расщепления, а через 4-6 месяцев – операция имплантации. При этом способе проводится формирование трапеции за счёт пропилов по вершине гребня, апикально и с двух сторон вертикально. Остеотомированный участок вестибулярной пластины ротируется на шарнирном апикальном пропиле и фиксируется в новом положении с помощью титановых винтов [44]. Выполнение апикальной горизонтальной остеотомии позволяет избежать неправильного перелома плотной кортикальной вестибулярной пластинки [164, 200]. Чаще всего при данном методе используется остеопластический материал, которым заполняется пространство между костными ламеллами, а также коллагеновая мембрана с быстрым сроком резорбции в качестве барьера для миграции мягких тканей. Особенно важна мобилизация слизисто-надкостничных лоскутов и герметичное ушивание зоны реконструкции. Смысл данной методики очень схож с принципами трёхмерного моделирования дефекта монокортикальными костными пластинами Ф. Кури, однако отличается отсутствием дополнительной донорской зоны. Вестибулярный фрагмент служит, в большей степени, каркасом, чем субстратом для аугментации. Даже при его частичной резорбции, между ламеллами, имеющими трабекулярную кость на внутренней поверхности, формируется костная ткань хорошего качества. В связи

с этим, данная техника является предсказуемой и безопасной, невысокий риск развития осложнений [197], её можно использовать на верхней и нижней челюстях, независимо от толщины кортикальной пластинки. По сравнению с одноэтапным методом в отдаленный период реже происходит потеря кости в области установленных имплантатов. Недостатком является увеличение сроков и стоимости лечения.

3. Трёхэтапное расщепление альвеолярного гребня. На первом этапе проводятся аналогичные двухэтапной методике пропилов костной ткани, иногда и сепарация остеотомированного участка. Фрагмент возвращается на место, рана ушивается. Через месяц, после заживления мягких тканей и восстановления питания от надкостницы, без отслаивания вестибулярного лоскута проводят расщепление и смещение фрагмента. В образованное пространство укладывается остеопластический материал в виде гранул [47, 169], рана ушивается. Через 3-4 месяца проводят операцию имплантации. Поэтапная процедура расщепления позволяет сформировать незрелую костную мозоль в остеотомированных областях ко времени второй операции, что позволяет легко и точно отделять вестибулярный фрагмент в запланированных местах [290]. В связи с этим, риск неправильного перелома вестибулярного фрагмента минимален [105, 173]. Основной трудностью такого подхода является герметичное ушивание тканей на втором этапе реконструкции. Мобилизация проводится незначительная, только язычного лоскута, что приводит к смещению подвижных тканей дна полости рта на вершину гребня. Осложнения могут быть связаны именно с некачественным ушиванием, и, как следствие, расхождением швов, экспозицией и инфицированием графта. Кроме того, отсутствие жёсткой фиксации остеотомированного фрагмента приводит к неконтролируемому, а, зачастую, недостаточному увеличению ширины альвеолярного гребня. И несмотря на то, что данный подход является малоинвазивным, большое количество вмешательств нивелирует данное преимущество.

В имеющемся многообразии способов реконструкции костной ткани альвеолярного гребня челюстей важным вопросом является выбор определенного метода в каждой конкретной ситуации. В. Elnayef с соавторами (2018) в систематическом обзоре и мета-анализе пришли к выводу, что разные регенеративные подходы могут быть достаточно предсказуемыми [300]. Успешный результат в большей степени зависит от уровня навыков хирурга, дизайна, отслойки и ушивания лоскутов, чем от выбранной техники аугментации. Они пришли к выводу, что не существует различий в приросте костной ткани после выполнения разных реконструктивных методик. По мнению М. Chiapasco и Р. Casentini (2018) выбор методики костной пластики зависит от локальной морфологии дефекта и предпочтений и навыков хирурга [138]. С точки зрения I. Milinkovic и L. Cordaro (2014) хирургическую технику следует выбирать в зависимости от анатомической исходной ситуации, ожидаемого результата, основанного на научных данных, и предполагаемой частоты осложнений [240]. Методика аугментации должна обеспечивать удовлетворительное и стабильное увеличение размеров кости, долгосрочную выживаемость и стабильность имплантата, а также грамотную ортопедическую реабилитацию. Однако по результатам своего систематического обзора и мета-анализа авторы установили, что все оцениваемые процедуры являются успешными с точки зрения увеличения кости, они обеспечивают высокую выживаемость имплантатов. В настоящее время не существует четких показаний для каждой техники увеличения объема костной ткани. По-прежнему, за врачом остается окончательная ответственность за выбор методики. Авторы также отметили низкое методологическое качество данных с точки зрения описания предоперационных и послеоперационных размеров гребня, а также достигнутого увеличения. Разработка алгоритма измерений, который бы лучше описывал начальную клиническую ситуацию, обеспечивал адекватные измерения гребня до и после костной аугментации, остается актуальным направлением в имплантологии.

## **1.5 Применение цифровых технологий в имплантологии и реконструктивной хирургии челюстно-лицевой области**

В настоящее время цифровые технологии повсеместно вошли в ежедневную зуботехническую и клиническую практику врача-стоматолога и челюстно-лицевого хирурга. Они позволяют провести планирование комплексного стоматологического лечения, в том числе имплантологического, после сбора необходимых данных, отталкиваясь от конечного желаемого результата, удаленно от пациента в коммуникации со специалистами разных направлений. Результатом подобного планирования, например, в ортопедической стоматологии является создание прототипа или макета будущих зубных протезов, который утверждается врачом и согласовывается с пациентом ещё до начала лечения [56]. В хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии данные планирования переносятся на операцию с помощью направляющих хирургических шаблонов, которые значительно упрощают проведение манипуляции, позволяют снизить её продолжительность и риск развития осложнений. В современной практической деятельности широко распространены шаблоны для подготовки ложа и установки дентальных имплантатов [22, 27, 49, 74, 92], для проведения ортогнатических операций [53, 150]. Кроме того, всё чаще разрабатываются шаблоны и для других хирургических манипуляций, например, резекции верхушки корня [46, 57, 152], забора десневых трансплантатов [48, 66], костных блоков [270], вестибулопластики [41], синус-лифтинга [70, 192], проведения трепан-биопсии [37], реконструктивных вмешательств по аугментации костной ткани [76, 272]. Однако для большинства костнопластических операций направляющих шаблонов либо не существует, либо они редко применяются. Зачастую нет чёткого описания алгоритма проектирования и изготовления шаблонов, понятного любому пользователю. При этом само проведение реконструктивных вмешательств на челюстях при атрофии альвеолярного гребня требует определенных умений, а наличие важных анатомических образований – прецизионности проведения манипуляции.

Так, техника расщепления альвеолярного гребня не является простой в плане технического исполнения, требует продвинутых навыков и большого опыта хирурга, особенно в случаях очень узкого альвеолярного гребня [216]. Для успешного результата важно проводить максимально точные остеотомии с учетом контура костной ткани, наличия вогнутостей альвеолярного отростка/альвеолярной части, избегать перфораций и перелома кортикальных пластинок [189]. Кроме того, важно учитывать такие анатомические образования, как нижний альвеолярный нерв, подбородное отверстие, верхнечелюстная пазуха, дно полости носа, необходимо соблюдать дистанцию от них при проведении пропилов. В связи с этим важно индивидуальное предварительное планирование операции расщепления альвеолярного гребня в каждом конкретном случае с использованием трёхмерных диагностических методов. Результат данного планирования можно перенести на операцию в виде хирургического шаблона, для обеспечения надежного и минимально инвазивного сплиттинга кости. Однако в литературе найдено только несколько работ, касающихся данного вопроса.

Н.Ј. Nickenig с соавторами (2019) предложили систему нескольких шаблона для проведения костного расщепления [76]. После предварительного цифрового планирования изготавливался первый шаблон, который использовался для выполнения нескольких пилотных сверлений с помощью узкой спиральной фрезы (диаметр 0,9 мм) для передачи определенного ранее вектора расщепления. Пьезохирургическая остеотомия была выполнена с помощью хирургического шаблона № 2. Этот шаблон имел направляющую поверхность, по которой пьезохирургические инструменты можно было направлять точно в направлении векторов расщепления. Третий хирургический шаблон был изготовлен с втулками для направления экспандеров. После проведения расширения имплантаты устанавливались через этот же шаблон.

V. Alevizakos с соавторами (2021) разработали шаблон для проведения расщепления альвеолярного гребня, который представлял собой назубную капу, с пазом в зоне адентии для проведения остеотомии вдоль вершины альвеолярного гребня [272]. В шаблон была интегрирована втулка для ирригации и охлаждения

операционного поля. В данном случае пьезохирургическая насадка была направлена через режущую прорезь внутри шаблона. Это ограничивало её движения в вестибулярно-оральном направлении, что приводило к меньшему количеству отклонений и снижению риска перелома и перфорации кортикальных пластин. Подсоединение трубки к хирургическому шаблону позволяло охлаждать через внутренние ирригационные каналы рабочую зону.

В связи с этим, для успешного результата всего имплантологического лечения, упрощения проведения операций, минимального риска развития осложнений использование CAD/CAM технологий для планирования и создания хирургических шаблонов является особенно актуальным.

На основании проведенного обзора литературы можно сделать вывод, что для долгосрочного успешного результата имплантологического лечения требуется достаточный объем костной ткани и расположение имплантата в надлежащей ортопедически-ориентированной позиции. Проблема атрофии костной ткани альвеолярного гребня, возникающей после удаления зубов, усугубляющаяся наличием выраженных деструктивных процессов, остается актуальной в настоящее время. Особенно значим данный процесс в боковых отделах нижней челюсти в связи с тем, что пациенты не уделяют должного внимания указанной области. При этом отсутствие даже одного зуба в данном сегменте может привести к деформации зубочелюстной системы, формированию травматической окклюзии, заболеваниям височно-нижнечелюстного сустава, нарушениям жевательной функции, и, как следствие, развитию заболеваний желудочно-кишечного тракта. Для определения вектора и способа костной аугментации первоначально провести грамотное ортопедически-ориентированное персоналифицированное планирование имплантологического лечения от конечного желаемого результата, что можно сделать виртуально с использованием цифровых технологий. Ряд высокоэффективных техник по реконструкции костной ткани альвеолярного гребня челюстей обладают некоторыми сложностями в выполнении и требуют большого мастерства хирургов. Нередко

это незаслуженно приводит к выбору более простых, но менее продуктивных методик регенерации, что, несомненно, снижает прогнозируемость всего имплантологического лечения. Развитие точных цифровых технологий позволяет устранить указанные технические трудности, однако требует дополнительного подробного изучения. Выполнив выбранный метод реконструкции важно получить морфологически качественную костную ткань достаточного объема. Необходимо также объективно оценить полученные результаты, а также осуществить динамическое наблюдение за пациентом. Всё вышеизложенное определило основные направления данного научного исследования.

## Глава 2

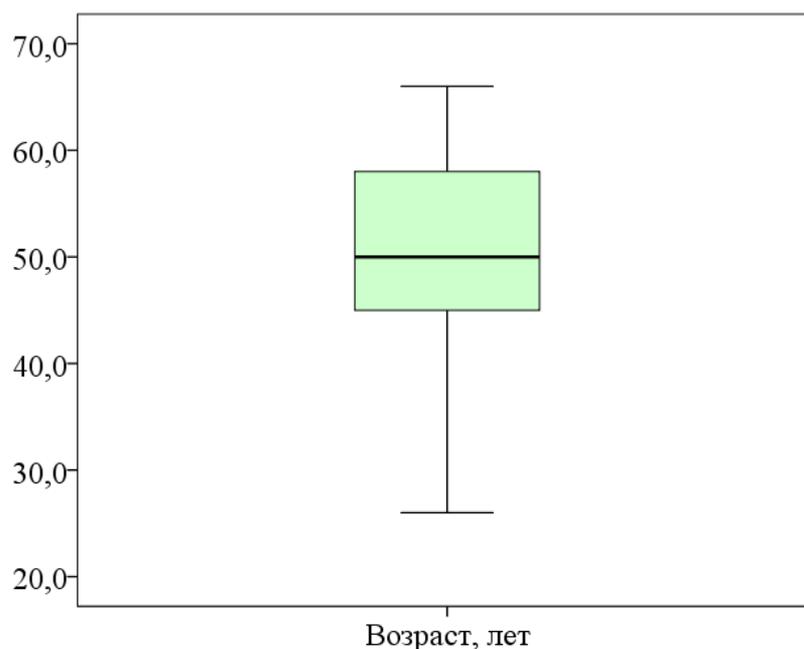
# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Общая характеристика пациентов

Данное исследование было проведено в соответствии с Хельсинской декларацией, с соблюдением этических принципов. Все процедуры и материалы были представлены и одобрены локальным этическим комитетом (протокол № 10 от 25.12.2017 г. Этического Комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации по проведению научных исследований с участием человека в качестве объекта исследования, протокол № 6 от 29.04.2022 г. Комитета по Этике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации).

Работа проводилась на базе стоматологической поликлиники Института Стоматологии, кафедр хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В данное исследование вошли 52 пациента в возрасте 50 [26 - 66] лет (Me [Min - Max]) (рисунок 2), преимущественно женского пола ( $69,231 \pm 6,4 \%$ ).



**Рисунок 2** – Распределение пациентов по возрасту

Пациенты представлены в виде категорий в зависимости от возраста и пола в таблице 1. Возрастные группы сформированы, исходя из рубрификации, использованной в официальном издании «Здравоохранение России» Федеральной службы государственной статистика (Росстат) от 2017 г. Проводилась рандомизация результатов исследования в зависимости от возраста и пола, однако статистически значимых различий обнаружено не было.

**Таблица 1** – Распределение пациентов с учетом возраста и пола

Возрастная группа пациентов (лет)	Количество пациентов ( $p \pm \sigma$ %)		
	Мужчины	Женщины	Итого
18-34	2 (3,846 $\pm$ 2,667 %)	5 (9,615 $\pm$ 4,088 %)	7 (13,462 $\pm$ 4,733 %)
35-54	9 (17,308 $\pm$ 5,246 %)	15 (28,846 $\pm$ 6,282 %)	24 (46,154 $\pm$ 6,913 %)
55-64	3 (5,769 $\pm$ 3,233 %)	13 (25 $\pm$ 6,005 %)	16 (30,769 $\pm$ 6,4 %)
65 и более	2 (3,846 $\pm$ 2,667 %)	3 (5,769 $\pm$ 3,233 %)	5 (9,615 $\pm$ 4,088 %)
Итого	16 (30,769 $\pm$ 6,4 %)	36 (69,231 $\pm$ 6,4 %)	52 (100 $\pm$ 0 %)

Критерии включения в исследование: пациенты с горизонтальной атрофией беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти, отсутствием выраженной вертикальной атрофии, наличием губчатого слоя между вестибулярной и язычной кортикальной пластинками (минимум 1 мм).

Критерии не включения в исследование: случаи, когда после удаления зубов прошло менее 6 месяцев, пациенты с выраженным дефицитом костной ткани беззубого альвеолярного гребня по высоте, некомпенсированной сопутствующей соматической патологией, эндокринными заболеваниями, при приёме лекарственных препаратов, влияющих на костный обмен, курении более 10 сигарет в день, беременности и лактации, возрасте младше 21 года, несоблюдении индивидуальной гигиены полости рта после проведения профессиональной гигиены и обучения (при индексе гигиены по Green-Vermillion более 1,6 балла), при наличии деструктивных воспалительных заболеваний пародонта.

На каждого пациента оформлялась амбулаторная карта стоматологического больного по форме 043/у, индивидуальная регистрационная карта обследования пациента (приложение Е). Информированное добровольное согласие было получено от всех пациентов до начала диагностики и лечения.

Из общего количества пациентов была выделена группа контроля для проведения гистоморфометрического метода исследования в составе 20 человек, в которую вошли случаи с незначительной атрофией альвеолярного гребня по ширине, не нуждающиеся в аугментации костной ткани (таблица 2). Данной группе пациентов проводилась операция дентальной имплантации в 37 сегментах челюстей без предварительной реконструкции альвеолярного гребня с забором костных образцов для проведения гистоморфометрического метода исследования.

В изучаемую группу исследования вошли 32 пациента (таблица 2), у которых выявлены 55 беззубых дефекта нижней челюсти, требующих проведения горизонтальной реконструкции альвеолярного гребня. Дефекты классифицированы на включенные (ограничены с двух сторон зубами) и концевые (ограничены зубами только с одной стороны, или неограниченные

дефекты), одиночные (в области одного отсутствующего зуба) и множественные (в области двух и более отсутствующих зубов) (таблица 3).

**Таблица 2** – Распределение пациентов по группам исследования

Группы исследования	Количество пациентов ( $p \pm \sigma p$ %)	Количество операций костной пластики ( $p \pm \sigma p$ %)	Количество установленных имплантатов ( $p \pm \sigma p$ %)
Группа контроля	20 (38,462 ± 6,747 %)	0 (0 ± 0 %)	37 (22,561 ± 3,264 %)
Группа изучения	32 (61,538 ± 6,747 %)	55 (100 ± 0 %)	127 (77,439 ± 3,264 %)
Итого	52 (100 ± 0 %)	55 (100 ± 0 %)	164 (100 ± 0 %)

**Таблица 3** – Распределение пациентов изучаемой группы с учетом типа дефекта

Тип дефекта	Количество ( $p \pm \sigma p$ %)		
	Включенный	Концевой	Итого
Одиночный	18 (32,727 ± 6,327 %)	0 (0 ± 0 %)	18 (32,727 ± 6,327 %)
Множественный	4 (7,273 ± 3,502 %)	33 (60 ± 6,606 %)	37 (67,273 ± 6,327 %)
Итого	22 (40 ± 6,606 %)	33 (60 ± 6,606 %)	55 (100 ± 0 %)

Всего у данной группы пациентов исследовано 127 сегментов отсутствующих зубов – премоляров и моляров нижней челюсти, распределённых по зонам и квадрантам (таблица 4).

**Таблица 4** – Распределение пациентов изучаемой группы по принадлежности к сегменту и квадранту челюсти

Зона дефекта	Количество ( $p \pm \sigma p$ %)		
	III квадрант	IV квадрант	Итого
Первый премоляр	5 (3,937 ± 1,726 %)	7 (5,512 ± 2,025 %)	12 (9,449 ± 2,596 %)
Второй премоляр	17 (13,386 ± 3,021 %)	16 (12,598 ± 2,945 %)	33 (25,984 ± 3,892 %)
Первый моляр	28 (22,047 ± 3,679 %)	25 (19,685 ± 3,528 %)	53 (41,732 ± 4,376 %)
Второй моляр	15 (11,811 ± 2,864 %)	14 (11,024 ± 2,779 %)	29 (22,835 ± 3,725 %)
Итого	65 (51,181 ± 4,436 %)	62 (48,819 ± 4,436 %)	127 (100 ± 0 %)

## 2.2 Клинические методы исследования

При первичном обследовании у пациентов выявлялись жалобы на отсутствие зубов, нарушение функции жевания, иногда щелчки и боли в области височно-нижнечелюстных суставов. При сборе анамнеза уточнялись сроки удаления зубов, по поводу чего проводилась экстракция (осложнённый кариес, патология пародонта, травма, новообразование). В исследование включались пациенты, после удаления зуба у которых прошло не менее 6 месяцев.

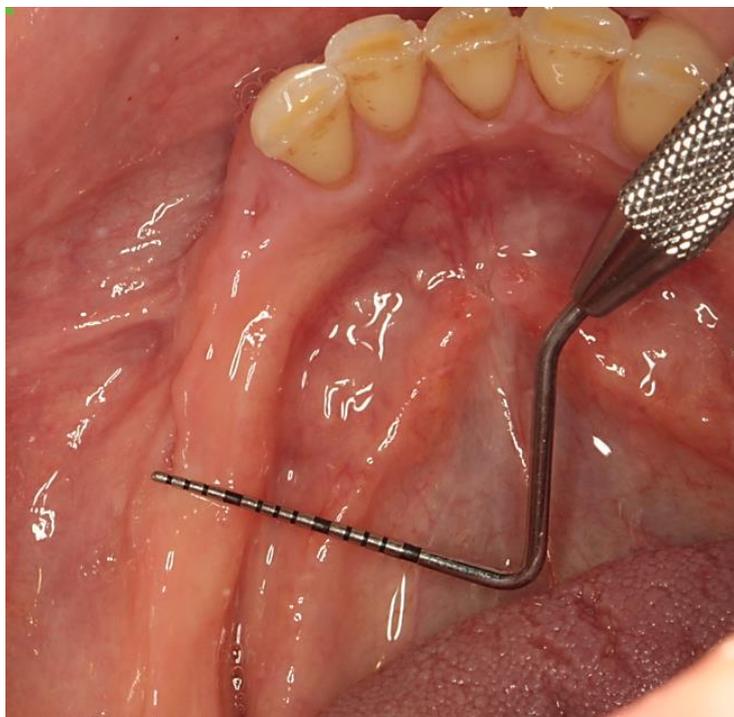
Кроме того, проводился сбор анамнеза жизни: выяснялись условия труда, наличие профессиональных вредностей, пагубных привычек, устанавливался аллергологический анамнез, определялось наличие сопутствующих соматических заболеваний, травм, уточнялся факт приема лекарственных препаратов на постоянной основе, каким способом пациент получает данные медикаменты.

Для оценки общего состояния, выявления скрытых общих патологий все пациенты проходили стандартную предоперационную лабораторную диагностику, включающую в себя: общий анализ крови с лейкоцитарной формулой, коагулологические показатели крови, определение группы крови и резус-фактора, кровь на содержание антигенов к гепатиту В и С, выявление ВИЧ-инфекции и сифилиса [17].

При объективном обследовании пациента оценивалось его общее состояние (у всех пациентов оно было удовлетворительное), конституционный тип телосложения (нормостенический, астенический, гиперстенический), состояние кожных покровов (их цвет, наличие патологических изменений), конфигурация лица (у всех пациентов не изменена), симметричность и пропорциональность третей лица (у некоторых пациентов отмечалось снижение высоты нижней трети лица).

Местное объективное обследование включало в себя: оценку функции височно-нижнечелюстного сустава (ограничение открывания рта, наличие щелчков, хрустов, болезненные ощущения при широком открывании рта, смещение нижней челюсти в сторону при открывании и закрывании рта,

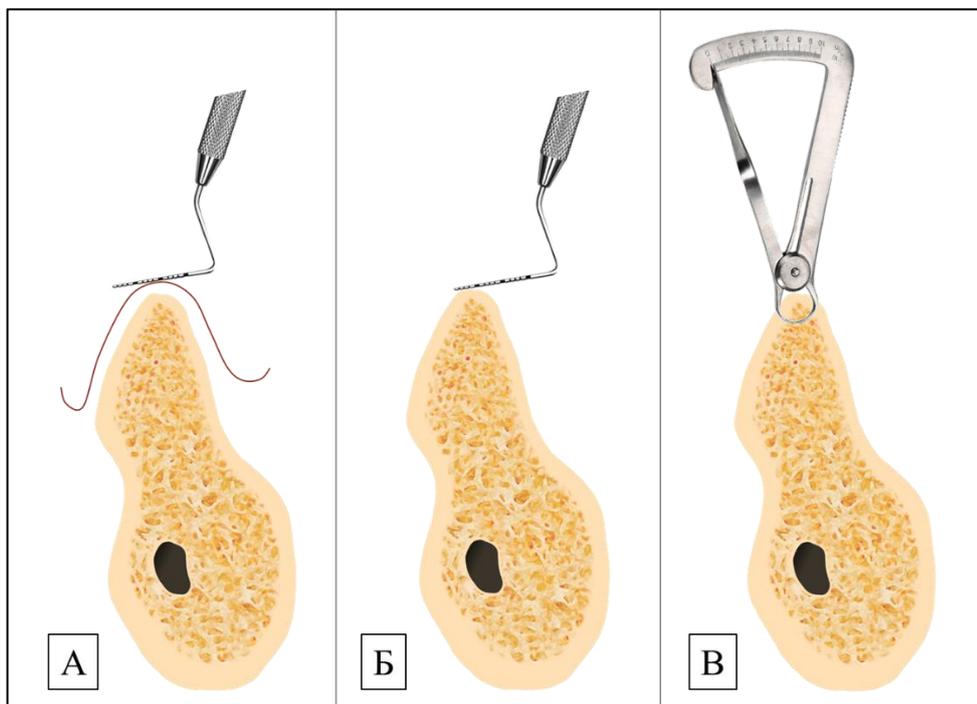
зигзагообразные движения нижней челюсти), тонуса жевательных мышц; определение состояния слизистой оболочки (наличие видимых патологических элементов), фенотипа десны (тонкий, средний, толстый), глубины преддверия, толщины десны, ширины кератинизированной прикрепленной десны, прикрепления уздечек, соединительно-тканых и мышечных щечно-альвеолярных тяжей, натяжения со стороны мимических и жевательных мышц; оценку прикуса (окклюзионных контактов, наличие аномалии прикуса, положение отдельных зубов, зубо-альвеолярное удлинение), состояния твердых тканей зубов, реставраций, ортопедических конструкций, проводилась перкуссия зубов, зондирование, определялась их подвижность; оценивался уровень гигиены полости рта, наличие над и поддесневых зубных отложений, кровоточивость десны, пародонтальные индексы. Выполнялось измерение ширины вершины беззубого альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой оболочки (Wm) с помощью пародонтального мерного зонда со шкалой UNC-15 (Hu-Friedy, США) в миллиметрах (рисунки 3, 4).



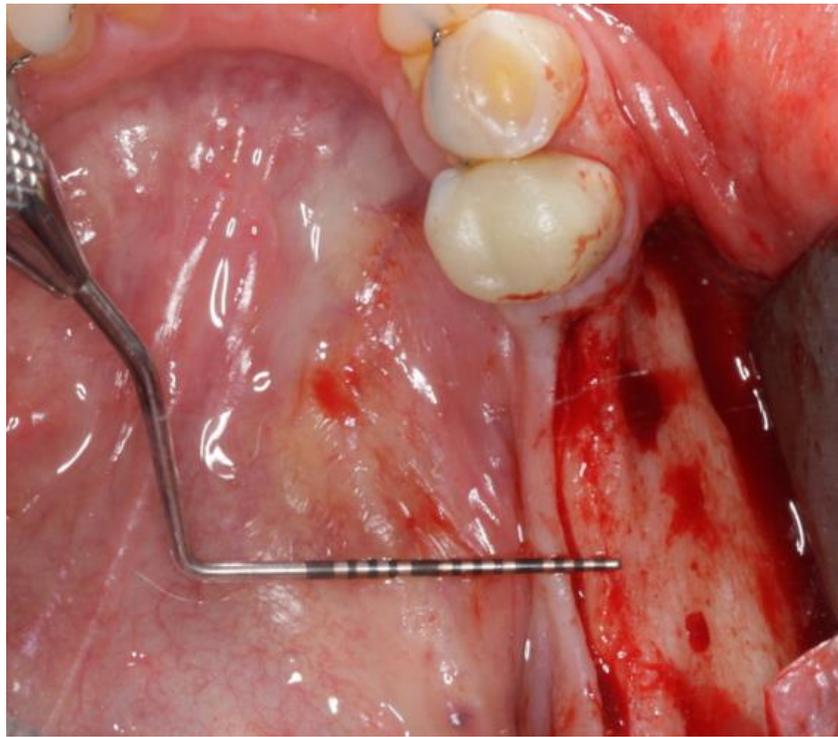
**Рисунок 3** – Внутриротовая фотография, окклюзионный вид, измерение исходной ширины вершины альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой оболочки (Wm) с помощью пародонтального зонда

Перед началом лечения всем пациентами проводилась профессиональная гигиена и санация полости рта. Профессиональная чистка зубов выполнялась за несколько дней перед каждым хирургическим вмешательством. По показаниям осуществлялось предварительное ортодонтическое лечение пациентов.

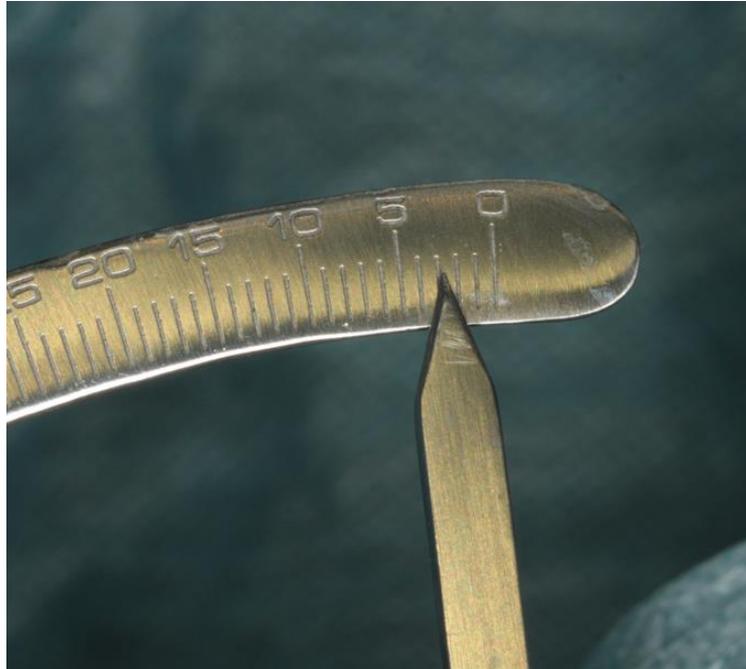
Во время операции костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники проводилось измерение ширины вершины альвеолярного гребня костной ткани после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов (Wc) с помощью пародонтального мерного зонда со шкалой UNC-15 (Hu-Friedy, США) в миллиметрах (рисунки 4, 5). Кроме того, фиксировалась ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины (W1c) с помощью микрометра Iwanson (Пакистан) в миллиметрах (рисунки 4, 6). Аналогичные клинические измерения (Wcs, W1cs) выполнялись через 6 месяцев после проведения костной пластики во время операции имплантации (рисунки 7, 8).



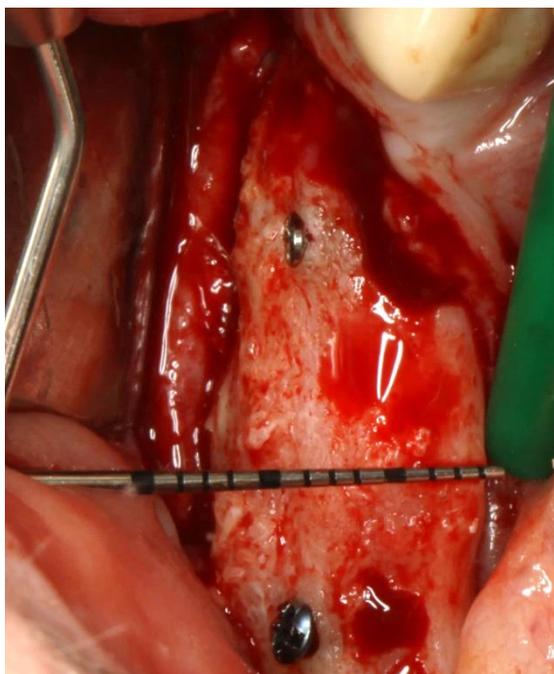
**Рисунок 4** – Схематичное изображение исходных клинических измерений ширины беззубого альвеолярного гребня нижней челюсти, А – с учетом толщины слизистой оболочки с помощью пародонтального зонда (Wm), Б – после отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов с помощью пародонтального зонда (Wc), В – после отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов с помощью микрометра (W1c)



**Рисунок 5** – Внутриротовая фотография, окклюзионный вид, измерение исходной ширины вершины альвеолярного гребня после отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов (Wc) с помощью пародонтального зонда



**Рисунок 6** – Измерение исходной ширины альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины (W1c) с помощью микрометра



**Рисунок 7** – Внутриротовая фотография, окклюзионный вид, измерение ширины вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики (Wcs) с помощью пародонтального зонда



**Рисунок 8** – Измерение ширины альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины (W1cs) с помощью микрометра через 6 месяцев после костной пластики

Фиксировалось время операции костной пластики от момента местной анестезии до завершения наложения последнего шва в минутах с помощью электронного секундомера.

В раннем послеоперационном периоде проводились осмотры пациентов на 1-е, 3-и, 7-е и 14-е сутки. Для оценки травматичности операции расщепления альвеолярного гребня определялись следующие характеристики раннего послеоперационного периода в баллах: интенсивность боли (числовая рейтинговая шкала боли от 0 до 10 [212]), выраженность коллатерального отёка мягких тканей; наличие гематомы; наличие или отсутствие осложнений (нарушение чувствительности, расхождение швов, экспонирование зоны костной реконструкции, нагноение в реконструируемой области) (таблица 5).

**Таблица 5** – Характеристики раннего послеоперационного периода

В баллах

Показатель	Характеристика	Баллы
Боль	Отсутствует	0
	Слабая	1-3
	Умеренная	4-6
	Интенсивная	7-9
	Нестерпимая	10
Отёк	Отсутствует	0
	Умеренный	1
	Выраженный	2
	Сильный	3
Гематома	Нет	0
	Да	1
Осложнения	Нет	0
	Да	1

Отдаленный период наблюдения – через 1 год после протезирования на установленных имплантатах включал в себя оценку индекса пародонтального

скрининга – Periodontal Screening Index (PSI) [80]. С помощью пародонтального зонда проводилось зондирование в 4-х аппроксимальных точках (мезиально-вестибулярной, дистально-вестибулярной, мезиально-оральной, дистально-оральной). В зависимости от результатов зондирования (таблица 6) определялся индекс PSI (от 0 до 4). Баллы PSI 0, 1 и 2 означали, что периимплантита нет, баллы PSI 3 и 4 означали периимплантит.

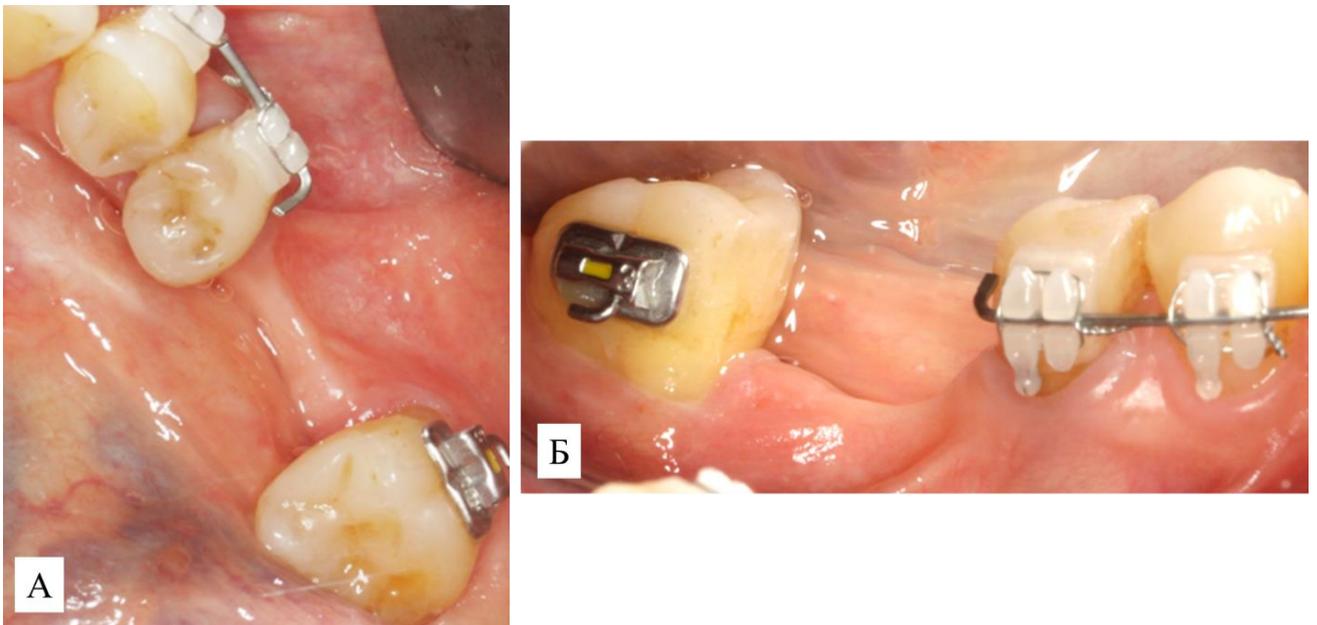
**Таблица 6** – Интерпретация индекса PSI

Балл	Клинический признак
0	Отсутствие клинических признаков воспаления
1	Кровоточивость при зондировании
2	Над или поддесневой камень
3	Глубина зондирования кармана 4-5,5 мм
4	Глубина зондирования кармана более 6 мм

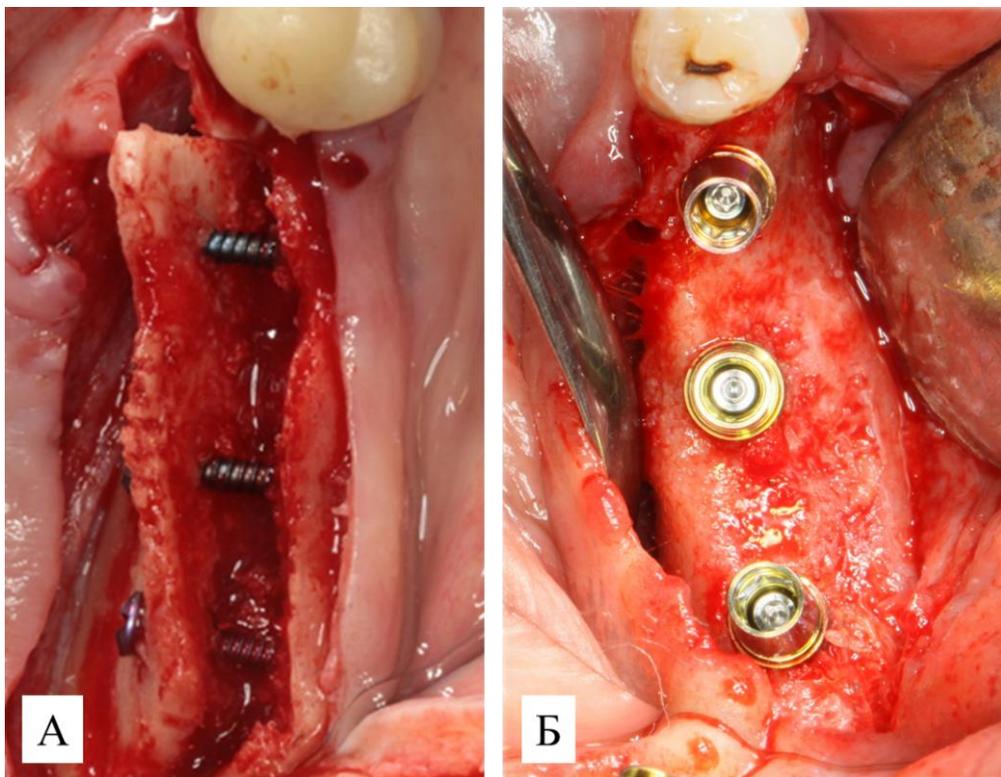
### 2.2.1 Цифровые методы диагностики

Для визуальной регистрации начальной ситуации, а также протоколирования всех этапов лечения всем пациентам проводилось **фотодокументирование** [190, 286]. Перед его проведением подписывались информированное добровольное согласие пациента на проведение фотопротокола, а также разрешение на публикацию снимков. Фотодокументирование выполнялось с использованием цифровой зеркальной камеры Canon EOS 5DS R, макрообъектива, для лучшей визуализации применялись ретракторы, зеркала. Протоколирование зоны интереса осуществлялось в двух проекциях – окклюзионной и боковой. Внутриротовая фоторегистрация осуществлялась до начала хирургического лечения (рисунок 9), на этапах костной аугментации методом модифицированной двухэтапной сплит-техники (рисунок 10), через 6 месяцев после реконструкции альвеолярного гребня

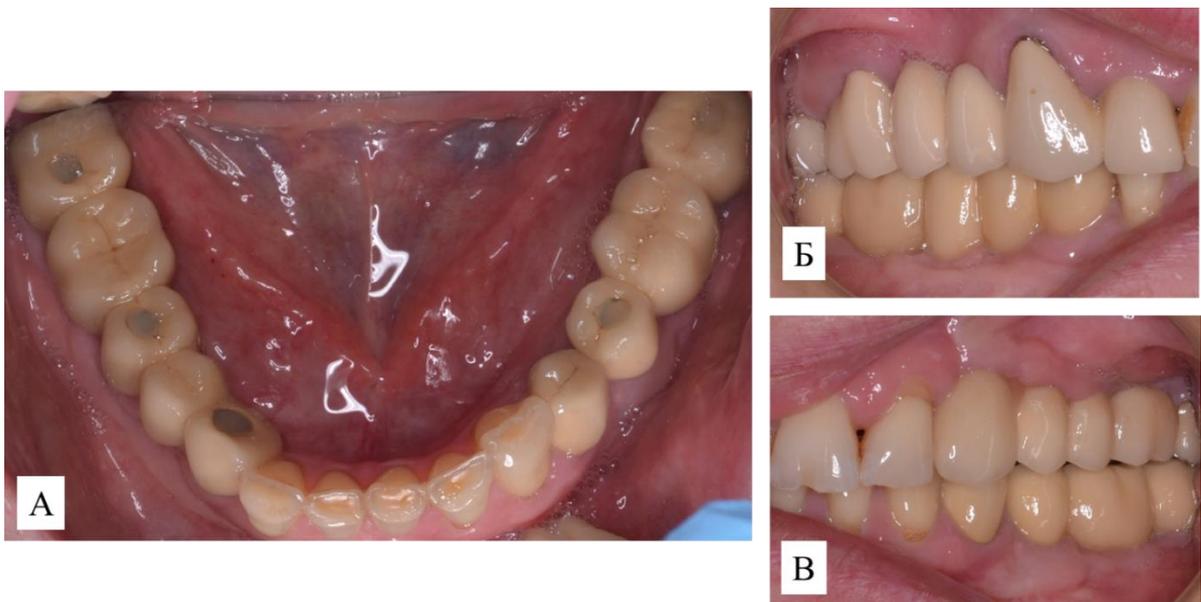
на этапах операции имплантации (рисунок 10), через 3-4 месяца после установки дентальных имплантатов, через 1 год после протезирования (рисунок 11).



**Рисунок 9** – Внутриротовые фотографии до начала хирургического лечения, А – окклюзионный вид, Б – боковой вид



**Рисунок 10** – Внутриротовые фотографии, окклюзионный вид, А – на этапах костной пластики, Б – на этапах имплантации

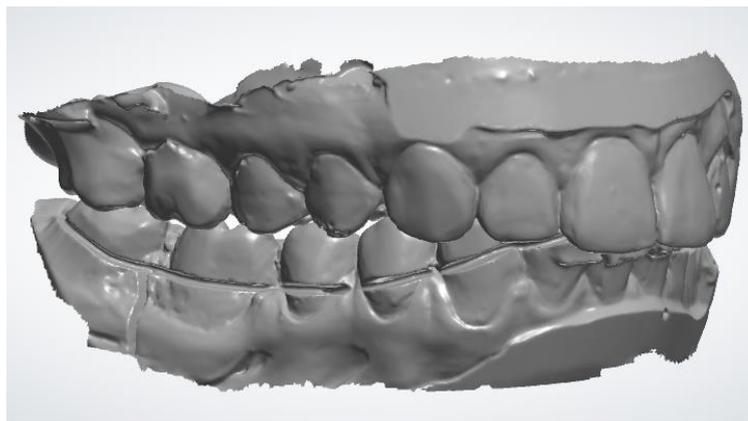


**Рисунок 11** – Внутриротовые фотографии через 1 год после протезирования, А – окклюзионный вид, Б – боковой вид справа, В – боковой вид слева

Кроме того, у всех пациентов была получена **трехмерная цифровая модель** поверхности зубов и слизистой. Это выполнялось двумя способами. 39 пациентам ( $75 \pm 6,005 \%$ ) проводилось внутриротовое сканирование (рисунок 12). Для этого использовался интраоральный сканер TRIOS3 3Shape, Дания. С помощью сканера получали трехмерное изображение обеих челюстей в форматах dcm и stl, регистрировался прикус. 13 пациентам ( $25 \pm 6,005 \%$ ) выполнялось снятие оттисков высокой точности с последующей отливкой аналоговых гипсовых моделей и их лабораторным сканированием (рисунок 13).



**Рисунок 12** – Данные внутриротового сканирования в формате dcm



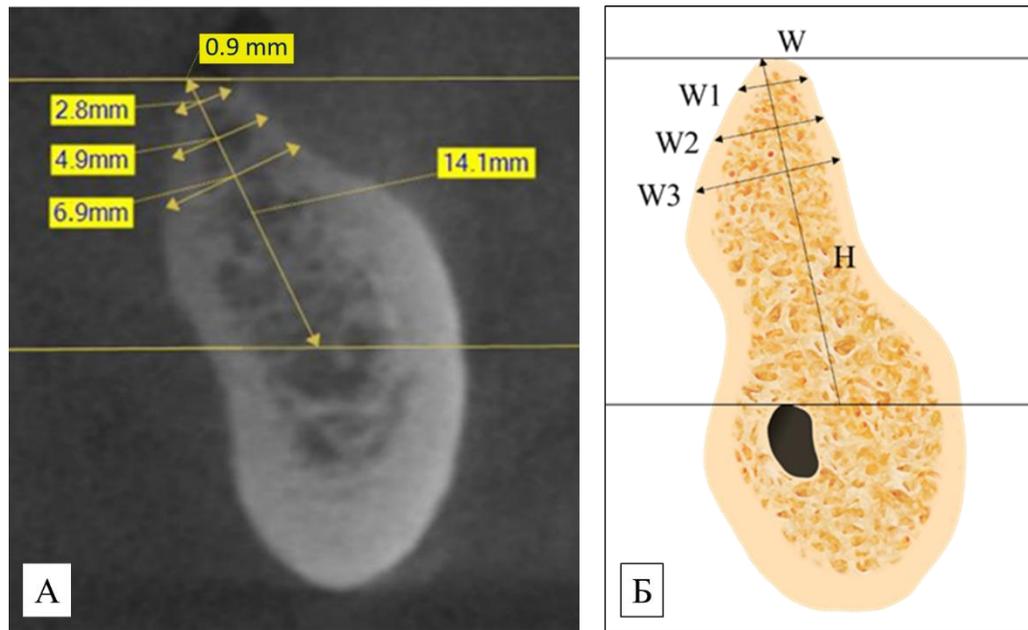
**Рисунок 13** – Данные лабораторного сканирования гипсовых моделей челюстей в формате stl

### **2.3 Радиологический метод исследования**

Всем пациентам проводилась конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Для проведения КЛКТ использовался томограф Vatech PaX-i 3D (Южная Корея).

Для определения объективности классической схемы измерений, возможности её использования, оценки возможных погрешностей, сравнения её результатов с данными замеров, получаемых при разработанном персонифицированном алгоритме, был проведен первый этап исследования. В него вошли 12 пациентов с горизонтальной атрофией альвеолярного гребня, требующих горизонтальной реконструкции костной ткани. **Классическая схема измерений** названа так потому, что данный протокол наиболее часто используется в клинической практике и в большинстве исследований [86, 191, 246, 301]. Измерялись высота альвеолярного гребня (H) вдоль его направления от пика до верхней границы нижнечелюстного канала или ментального отверстия, ширина вершины гребня (W), а также горизонтальные параметры костной ткани на расстоянии 1 (W1), 3 (W2), 5 мм (W3) от пика гребня (рисунок 14). Замеры ширины проводились перпендикулярно направлению гребня. Данный протокол измерений не учитывал расположение имплантата, отправной линией всех измерений было выбрано направление альвеолярного гребня. Через 6 месяцев

после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники перед операцией имплантации были проведены повторные измерения аналогичным способом. При этом отталкивались от направления гребня несмотря на то, что оно могло поменяться. Ширину костной ткани измеряли также от вершины гребня вне зависимости от того, что она могла изменить своё положение в корональном или апикальном направлении вследствие изменения высоты.



**Рисунок 14** – Классическая схема измерений параметров альвеолярного гребня, А – на КЛКТ, Б – схематично

Таким образом, при проведении классической схемы измерений было исследовано 24 компьютерные томографии, построено 62 КЛКТ-среза.

Уровни измерения ширины альвеолярного гребня (вершина, на расстоянии 1, 3 и 5 мм от неё) были выбрана в связи с тем, что данная область наиболее часто является дефицитной, однако именно кристаллическая кость играет ключевую роль в обеспечении дальнейшего функционирования имплантата [228]. Ещё L.V. Lum (1991) доказал, что после остеоинтеграции имплантата, жевательная нагрузка распределяется только на первые корональные 6 мм костной ткани [233], дальнейшая длина имплантата для его функционирования большой роли не играет. Таким образом, значения ширины альвеолярного гребня именно на

уровнях вершины, 1, 3 и 5 мм от неё являются наиболее важными с прогностической точки зрения.

Измерение высоты альвеолярного гребня проводилось от вершины до верхней границы нижнечелюстного канала. Данный подход был выбран потому, что для подбора длины имплантата и определения достаточности вертикального параметра костной ткани важна именно зона над нижнечелюстным каналом. Костная ткань тела нижней челюсти, располагающаяся ниже данного анатомического образования, не принимает никакого участия при проведении классического протокола имплантации, в связи с чем, её объем не учитывался.

Всем 52 пациентам проведено измерение параметров альвеолярного гребня с помощью **разработанного персонифицированного алгоритма**, описанного ниже. У 32 пациентов, входящих в группу изучения, были также интерпретированы КЛКТ через 6 месяцев после костной пластики методом расщепления альвеолярного гребня, через 3-4 месяца после операции имплантации и через 1 год после протезирования в соответствии с алгоритмом.

На КЛКТ-исследованиях через 1 год после протезирования также оценивалась убыль апроксимальной костной ткани мезиальнее и дистальнее имплантата от уровня его платформы на сагиттальном реформате, выстроенном с помощью перемещения и вращения осей сечения вдоль оси имплантата (рисунок 15).

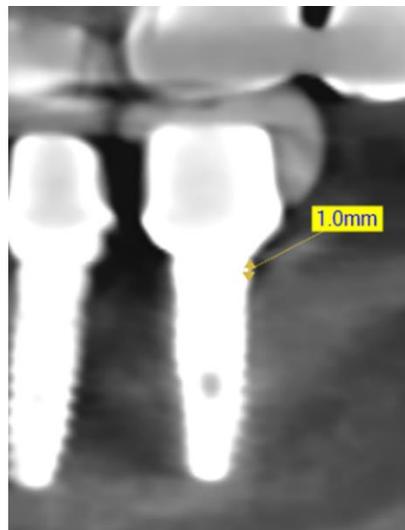


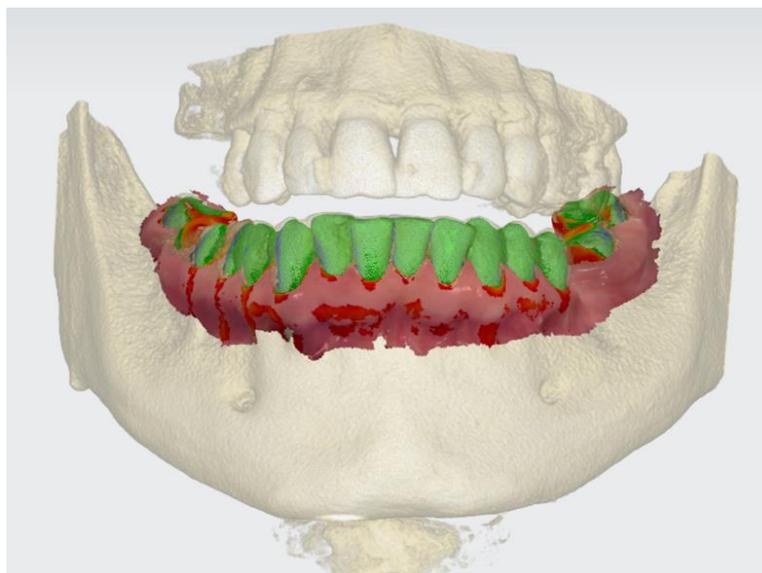
Рисунок 15 – Измерение убыли костной ткани дистальнее имплантата на КЛКТ

Данное исследование было проведено для того, чтобы оценить успешность проведенного имплантологического лечения, так как потеря маргинальной кости является одним из ключевых критериев успеха в имплантологии по данным разных авторов [34, 128, 205, 302].

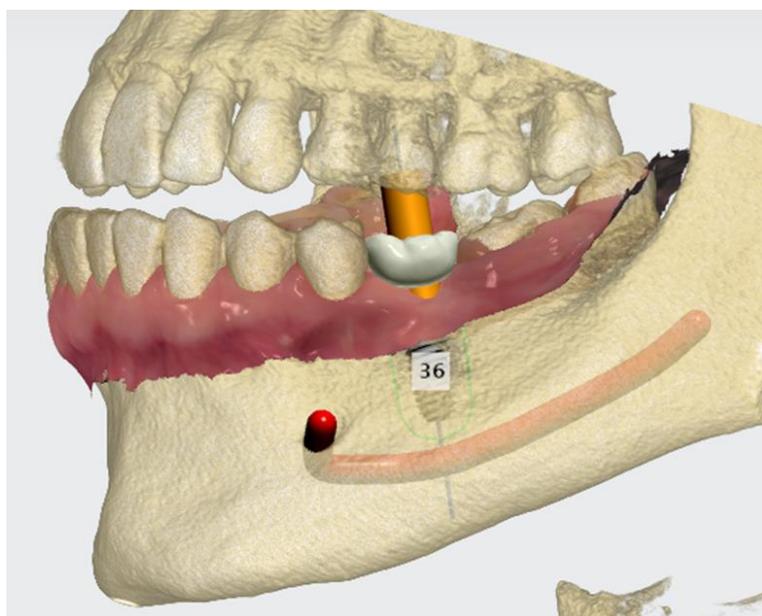
#### **2.4 Разработка персонифицированного алгоритма диагностики и динамической объективной оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня нижней челюсти (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.)**

В связи с тем, что классическая схема измерений параметров альвеолярного гребня не учитывает ось планируемого к установке имплантата, а изменение высоты альвеолярного гребня после проведения костной реконструкции, таким образом, предположительно даёт искаженные результаты оценки костной ткани, нами был разработан персонифицированный алгоритм (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.), который заключался в следующем.

Сначала выполнялось предварительное виртуальное планирование имплантологического лечения, исходя из конечного желаемого ортопедического результата. Данное планирование проводилось всем 52 пациентам. С использованием CAD/CAM программного обеспечения по планированию ортопедического лечения с опорой на дентальные имплантаты сопоставлялись данные КЛКТ и сканирования (рисунок 16), проводилась маркировка нижнечелюстного канала и ментального отверстия. Осуществлялось цифровое моделирование будущих ортопедических реставраций с учетом прикуса, центрального соотношения челюстей, зубов, ограничивающих зону дефекта. Определялась предпочтительная ортопедически-ориентированная 3D-позиция имплантатов (рисунок 17).



**Рисунок 16** – Сопоставление данных КЛКТ и внутриворотного сканирования



**Рисунок 17** – Маркировка нижнечелюстного канала, ментального отверстия; моделирование будущей ортопедической реставрации, определение 3D-позиции имплантата

Далее КТ-снимки загружались в программное обеспечение EzDent (Южная Корея), которое является платформой для просмотра медицинских изображений стандарта DICOM с интерактивной системой координат, возможностью переориентации осей сечения для построения реформатов. После открытия окон мультипланарной реформации данных КЛКТ в корональном и сагиттальном реформатах центр осей сечения смещался на беззубый участок челюсти (рисунок 18). На аксиальном реформате проводилось вращение оси сечения, служащей для

построения сагиттального реформата, (1) так, чтобы она проходила мезиодистально вдоль беззубого участка челюсти (рисунок 19). На сагиттальном реформате вращалась ось сечения, служащая для построения коронального реформата, (2) так, чтобы она проходила по центру будущей ортопедической коронки, вдоль вертикальной оси имплантата, определенной на этапе предварительного планирования и перенесенной с ориентиром на неизменяемые анатомически структуры (нижнечелюстной канал, ментальное отверстие, нижний край челюсти, угол нижней челюсти, зубы, ограничивающие зону дефекта) (рисунок 20). На корональном реформате выполнялось вращение оси сечения, служащей для построения сагиттального реформата, (3) так, чтобы она проходила вдоль вертикальной оси имплантата (рисунок 21). Срез альвеолярного гребня в корональном реформате ротировался таким образом, чтобы ось сечения 3, параллельная вертикальной оси имплантата, располагалась вертикально (рисунок 22). С целью усреднения значений, нивелирования погрешности при визуальном определении ортопедически-ориентированной позиции имплантата в сагиттальном реформате устанавливалась толщина выделенного слоя 3 мм оси сечения 2 (рисунок 23).



**Рисунок 18** – Центр осей сечения смещён на беззубый участок челюсти

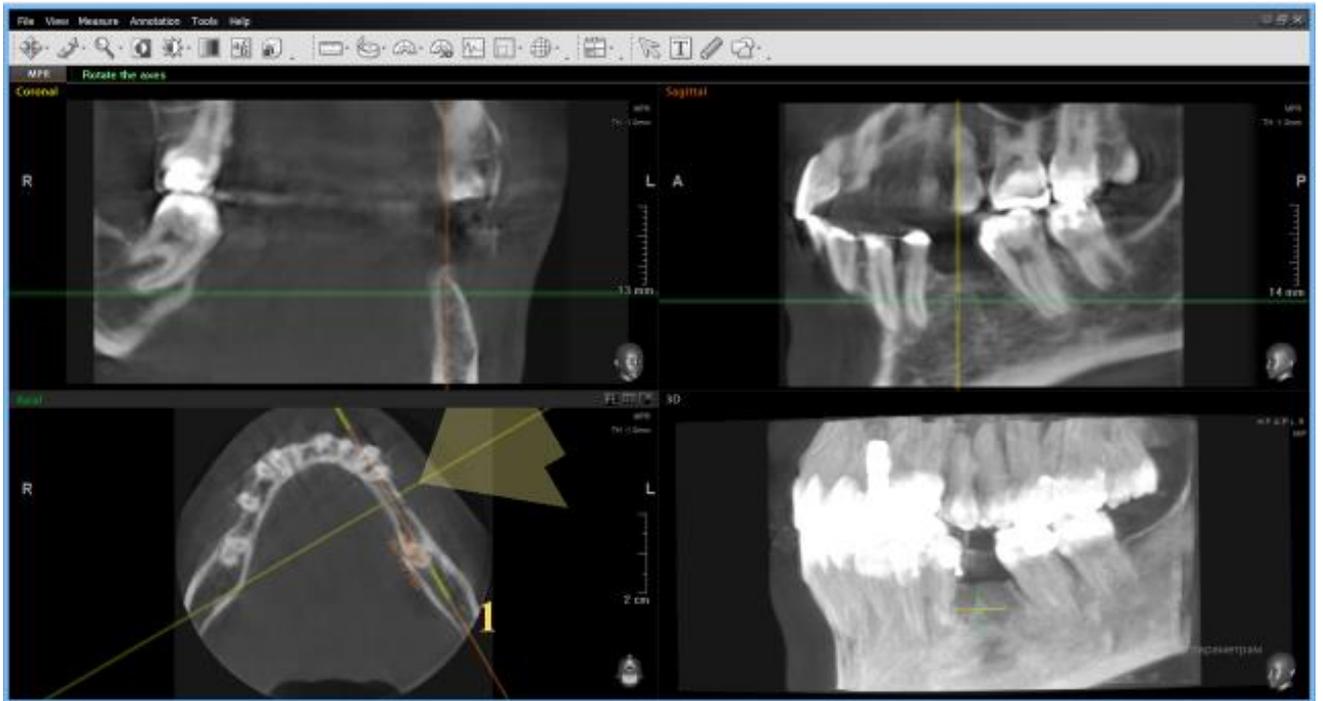


Рисунок 19 – Вращение оси сечения 1

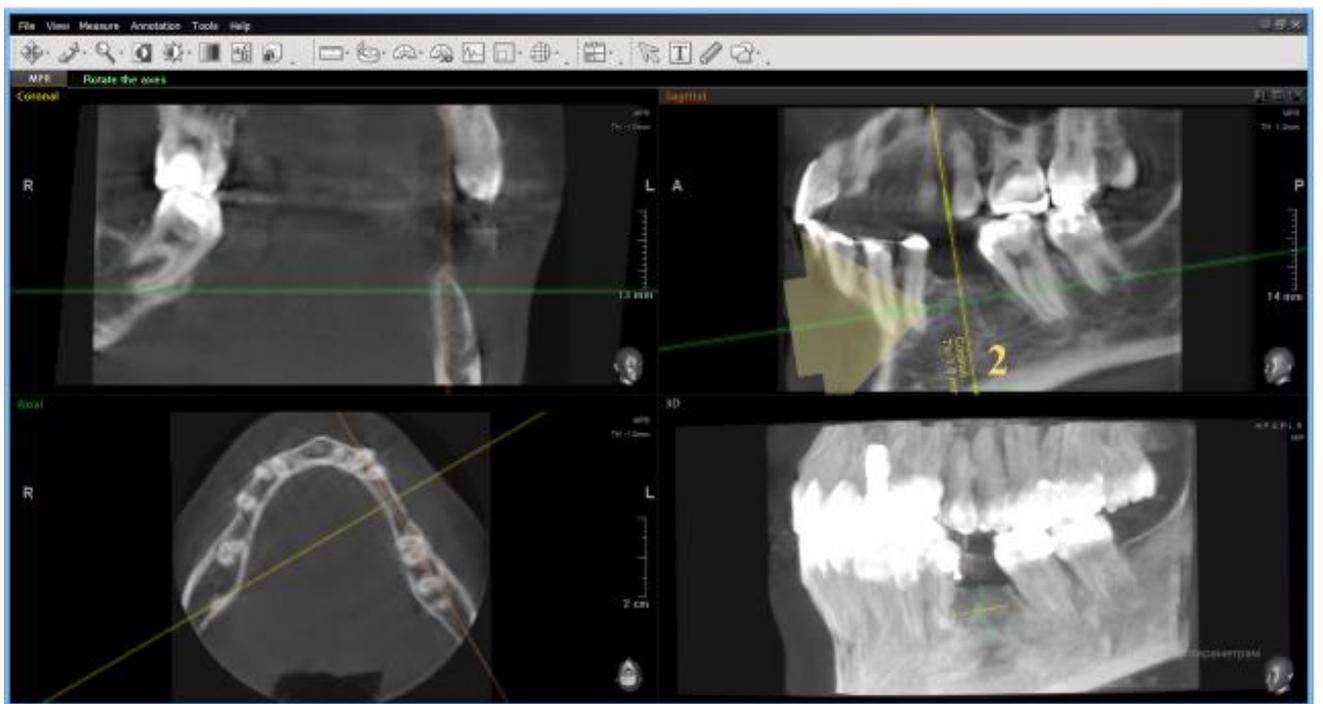


Рисунок 20 – Вращение оси сечения 2

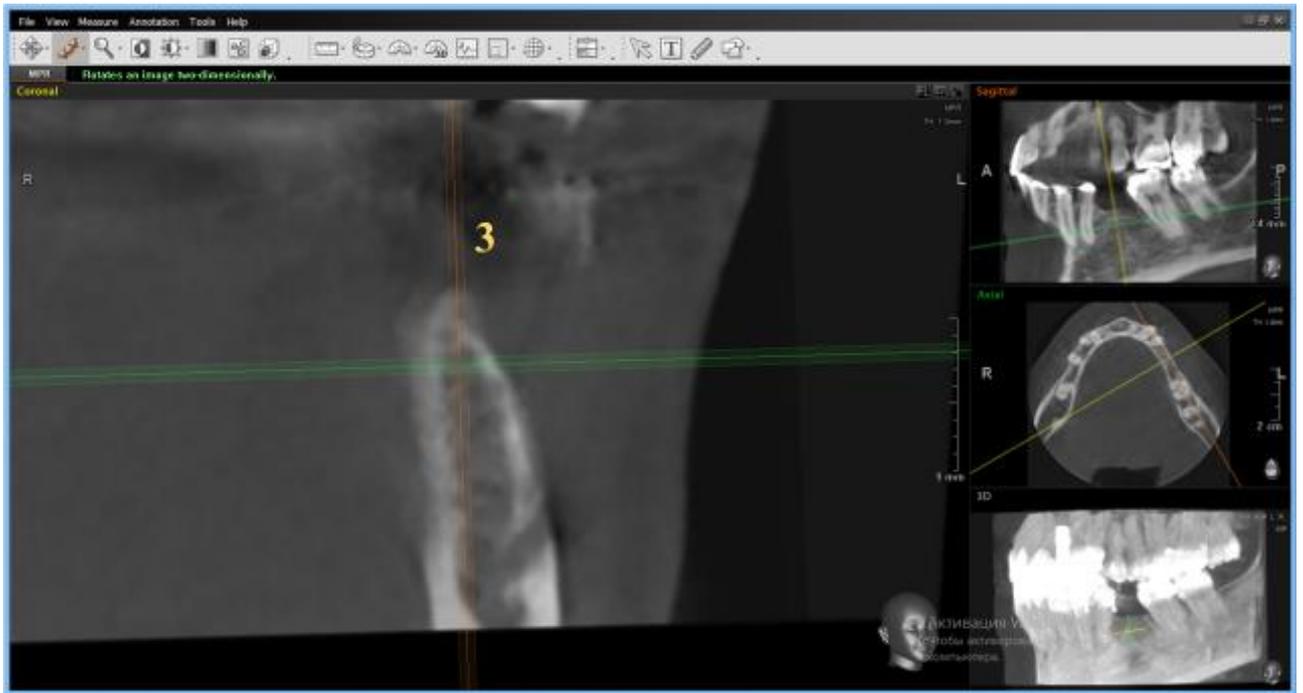


Рисунок 21 – Вращение оси сечения 3

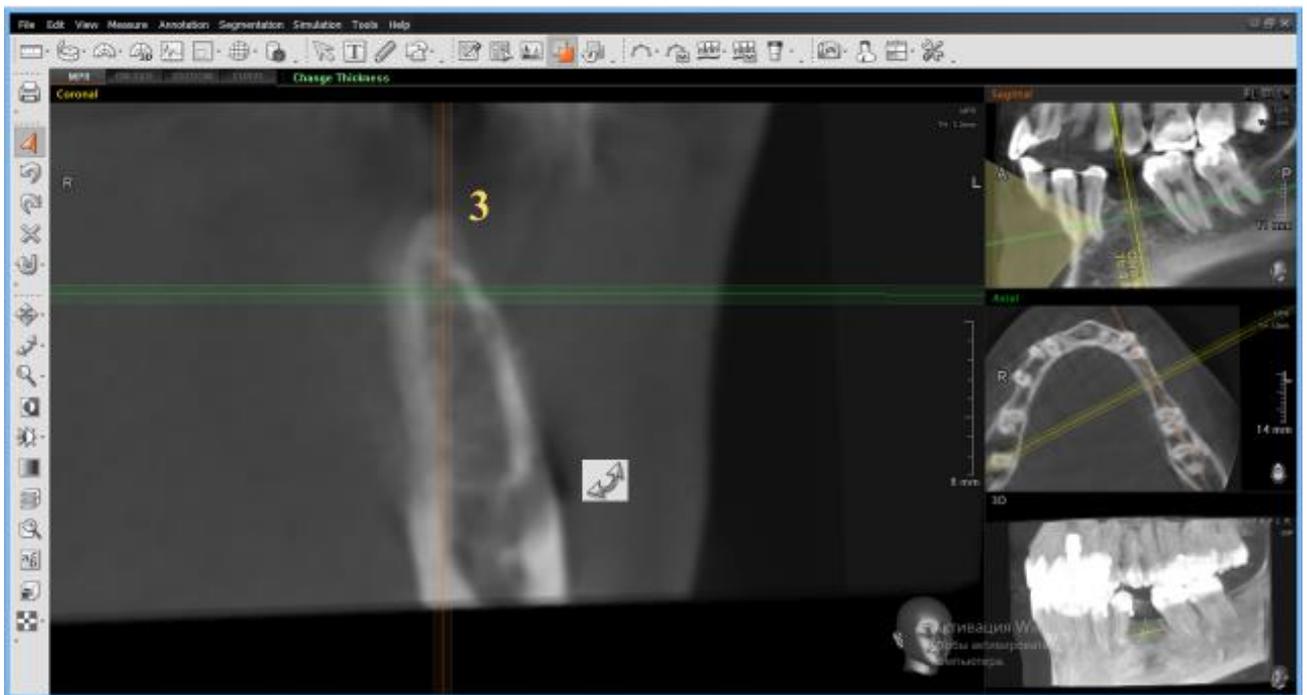
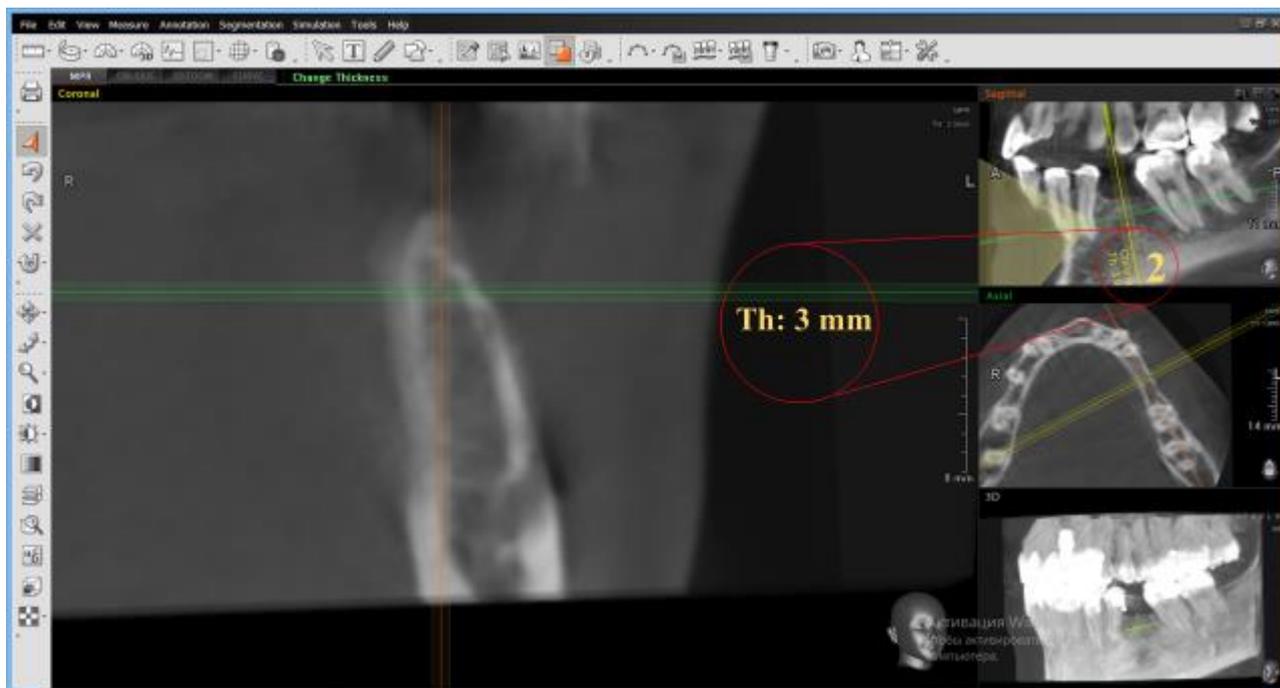


Рисунок 22 – Ротация альвеолярного гребня



**Рисунок 23** – Увеличение толщины выделенного слоя оси сечения 2

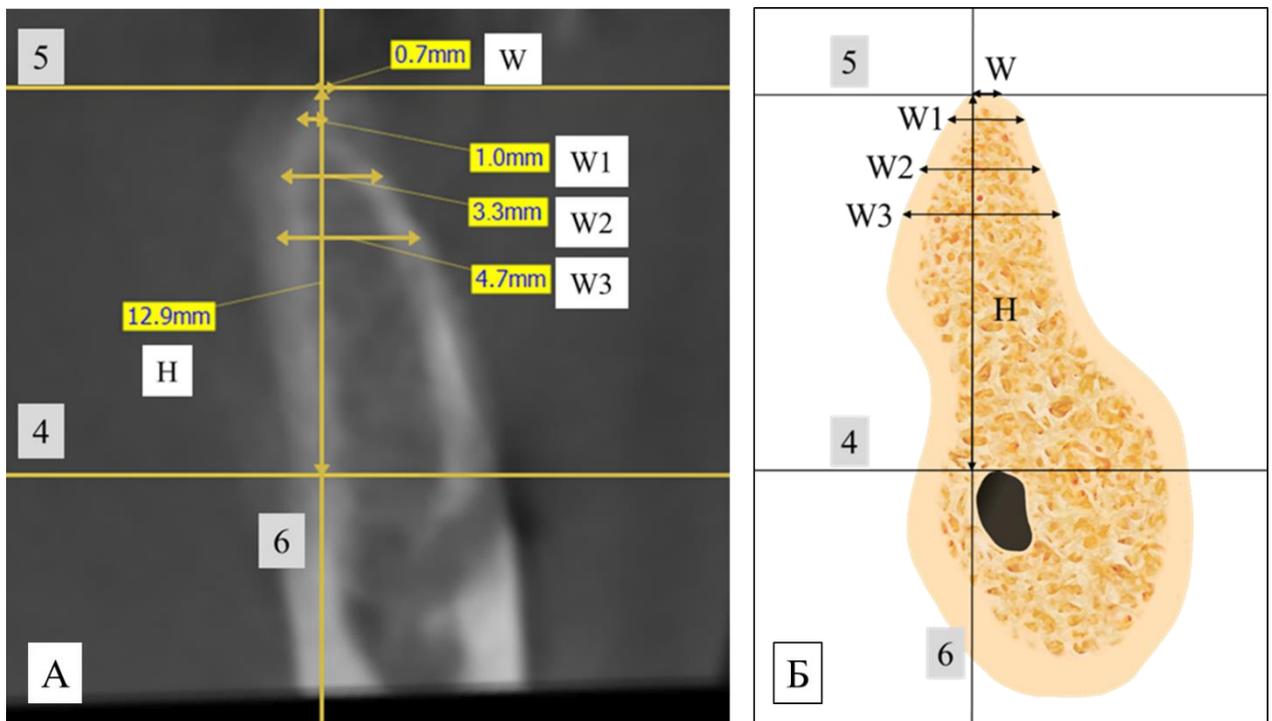
В результате, на корональном реформате определялось поперечное сечение альвеолярного гребня в зоне будущей установки имплантата. На полученном поперечном сечении с помощью инструмента линейных измерений проводились следующие линии и измерения (рисунок 24):

1. Горизонтальная линия по верхней границе нижнечелюстного канала (в зоне премоляров – по верхней границе ментального отверстия или резцового канала) (4);
2. Горизонтальная линия по вершине альвеолярного гребня (5), параллельная линии 4;
3. Вертикальная линия (6), перпендикулярная линиям 4 и 5, которая использовалась как ориентир траектории будущего имплантата.

Эти ориентиры строго фиксировались и оставались неизменными на всех этапах дальнейшего лечения (через 6 месяцев после костной пластики, через 3-4 месяца после имплантации, через 1 год после протезирования).

Вдоль вертикальной линии 6 измерялась высота альвеолярного гребня  $H$ , как кратчайшее расстояние между линиями 4 и 5. Величина  $H$  принималась как референсное значение на всех этапах лечения. Проводилось измерение ширины

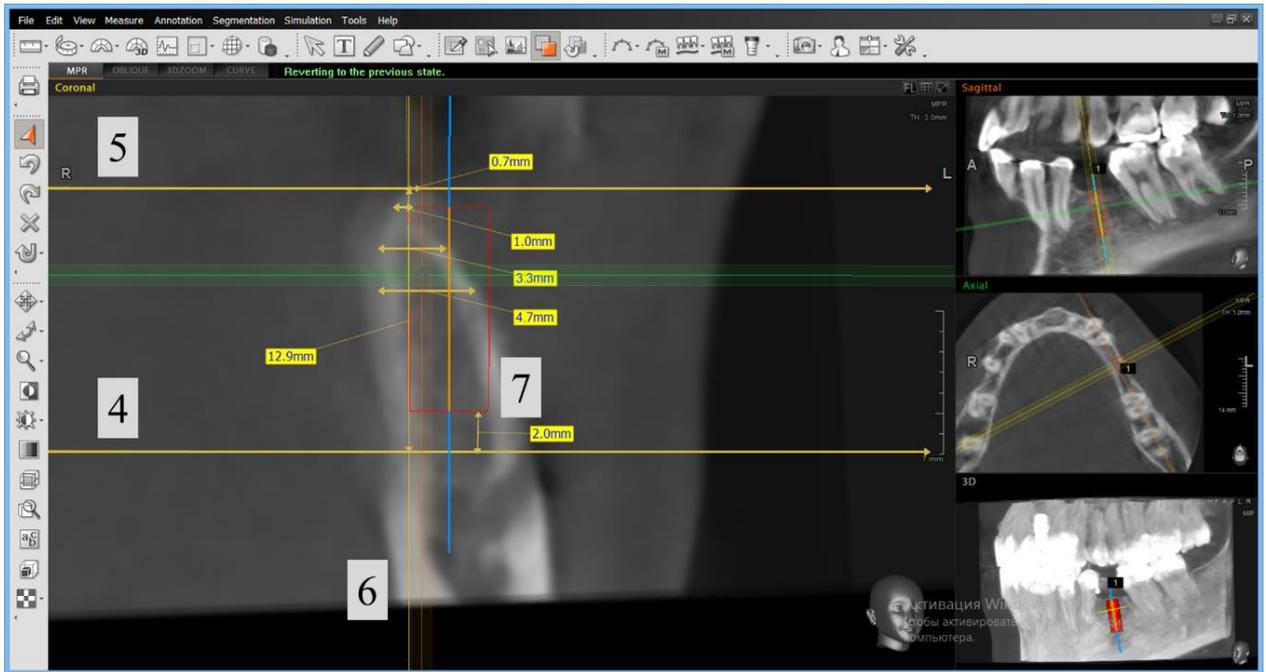
атрофированного альвеолярного гребня на уровне его вершины (W) и на расстояниях 1 мм (W1), 3 мм (W2) и 5 мм (W3) от неё параллельно линиям 4 и 5.



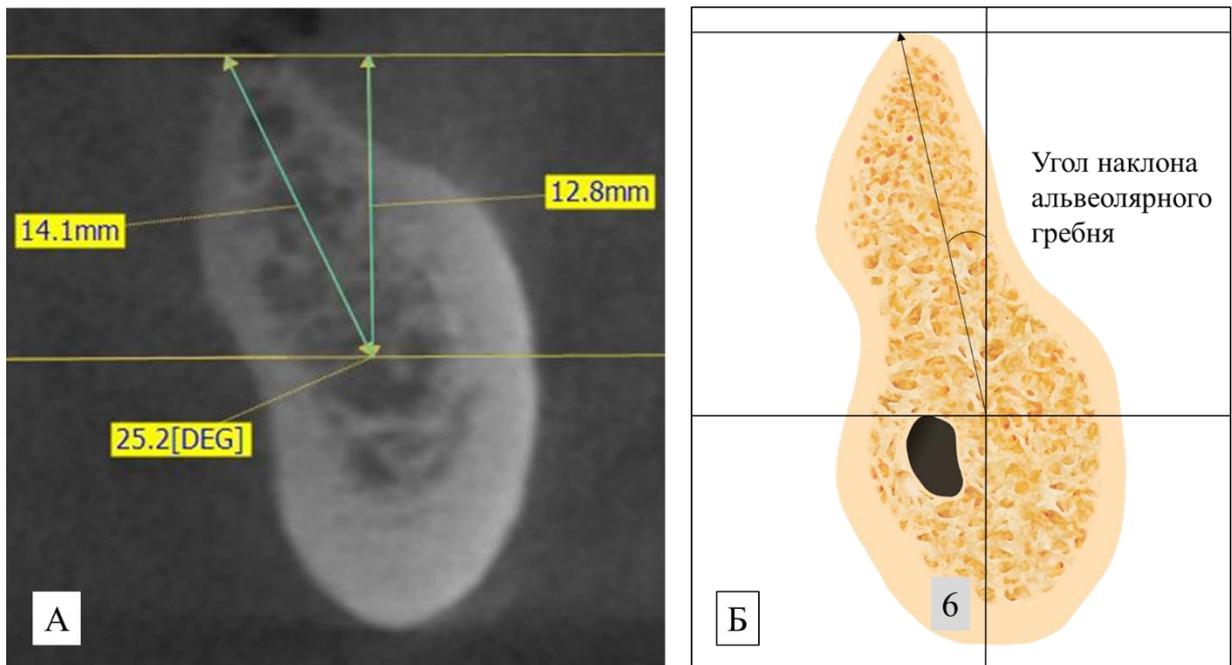
**Рисунок 24** – Проведение референсных линий и измерений параметров альвеолярного гребня на КЛКТ по разработанному алгоритму, А – на КЛКТ, Б – схематично

Далее располагался виртуальный аналог планируемого к установке имплантата (7), соответствующий по размерам (диаметру и длине) клинической ситуации так, чтобы он был параллелен осям сечения 2 и 3 в корональном и сагиттальном реформатах, был заглублен на 3,5 мм от зенита будущей ортопедической реставрации [15] (рисунок 25). Верхушка имплантата должна была располагаться на расстоянии не менее 2 мм от верхней границы канала (линии 4) [103, 213, 311], а также не менее 1,5 мм от лингвальной стенки при выраженном язычном поднутрении [77].

Проводилось измерение угла наклона альвеолярного гребня (А) между направлением гребня и линией 6, отражающей вертикальную ось имплантата (рисунок 26).



**Рисунок 25** – Расположение виртуального аналога имплантата



**Рисунок 26** – Измерение угла наклона альвеолярного гребня, А – на КЛКТ, Б – схематично

Было исследовано 52 компьютерные томограммы, в которых было построено 164 среза, и проведены измерения параметров альвеолярного гребня по разработанному персонифицированному алгоритму. Клинические случаи с достаточным объемом костной ткани, а именно, когда имплантат длиной не менее 8 мм, заглубленный на 3,5 мм от зенита будущей ортопедической реставрации,

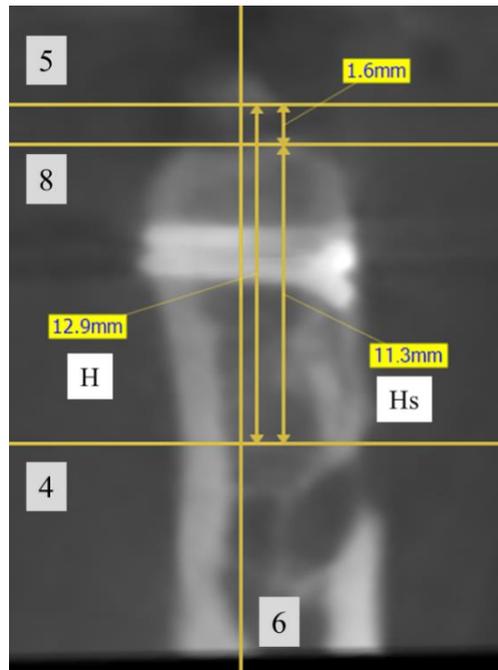
размещенный на 2 мм от верхней границы нижнечелюстного канала, не менее 1,5 мм от лингвальной стенки, окружен более 1,5 мм костной ткани по периферии [97, 283], были отнесены к группе контроля. Данной категории пациентов (20 человек) проводилась операция имплантации без предварительной костной пластики альвеолярного гребня.

Обязательными критериями для включения пациентов в группу изучения были приняты следующие условия: отсутствие выраженной вертикальной атрофии, достаточный вертикальный размер челюсти ( $H \geq 10$  мм), дефицит костной ткани по ширине (если виртуальный имплантат хотя бы на одном уровне W, W1, W2, W3 не окружен минимум 1,5 мм кости по периферии), наличие губчатого слоя между вестибулярной и язычной кортикальной пластинками (минимум 1 мм).

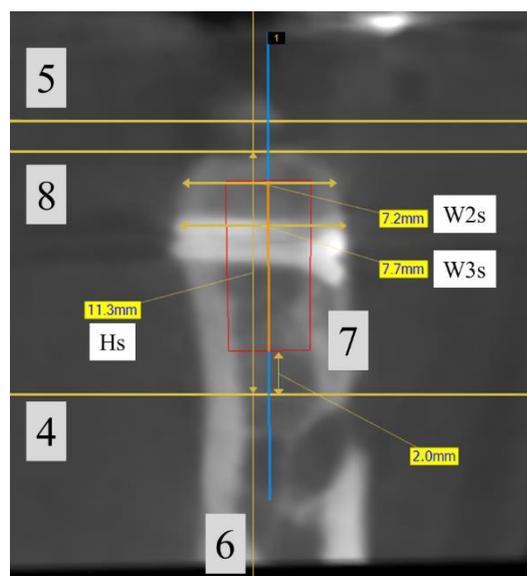
32 пациентам, которые составили группу изучения, после определения вертикальной оси имплантата и вектора реконструкции костной ткани выполнялось оперативное вмешательство в объеме костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня [44].

Через 6 месяцев после реконструкции пациентам изучаемой группы исследования выполнялась повторная конусно-лучевая компьютерная томография. Проводилась переориентация осей сечения для построения реформатов, получалось поперечное сечение альвеолярного гребня как на дооперационном этапе, в том же самом пространственном положении, в тех же самых координатах, опираясь на неизменяемые анатомические структуры (нижнечелюстной канал, ментальное отверстие, зубы, ограничивающие зону дефекта). Далее на полученном поперечном сечении с помощью инструмента линейных измерений проводились референсные линии и измерения, аналогичные линиям на дооперационном этапе: горизонтальная линия 4; вертикальная линия 6; от линии 4 на расстоянии H, измеренном до операции, проводилась линия 5 параллельно линии 4. То есть переносились ориентиры исходной ситуации. Далее проводилась граница вновь сформированного альвеолярного гребня (8)

параллельно линиям 4 и 5. Измерялась высота вновь сформированного гребня  $H_s$  между линиями 4 и 8 (рисунок 27). Параллельно линиям 4 и 5 проводились горизонтальные ориентиры на уровне 1, 3 и 5 мм от линии 5, определялась ширина реконструированного гребня вдоль линии 5 ( $W_s$ ), а также на уровнях 1 ( $W1s$ ), 3 ( $W2s$ ), 5 ( $W3s$ ) мм от линии 5 там, где эти измерения были возможны (рисунок 28).

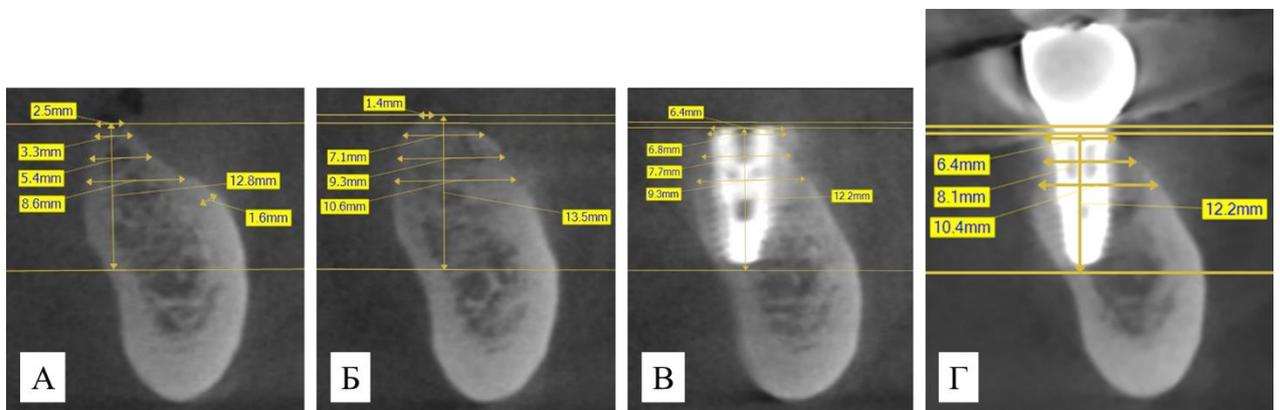


**Рисунок 27** – Проведение референсных линий и измерение высоты на КЛКТ после проведения костной пластики



**Рисунок 28** – Измерение параметров альвеолярного гребня на КЛКТ после проведенной костной реконструкции

Далее проводилась операция имплантации. Через 3-4 месяца после установки имплантатов выполнялась очередная компьютерная томография. Переориентация осей сечения, получение поперечного среза, перенос неизменяемых линий осуществлялся по вышеприведенному алгоритму. Выполнялись измерения параметров альвеолярного гребня ( $H_i$ ,  $W1_i$ ,  $W2_i$ ,  $W3_i$ ) там, где они возможны (рисунок 29). Через 1 год после ортопедического лечения проводилась контрольная компьютерная томография, переориентация данных, перенос референсных линий по уже известному алгоритму и измерение параметров альвеолярного гребня ( $H_n$ ,  $W1_n$ ,  $W2_n$ ,  $W3_n$ ) там, где они возможны (рисунок 29). При этом определение ширины вершины альвеолярного гребня через 3-4 месяца после имплантации ( $W_i$ ) и в отдаленный период ( $W_n$ ) не проводилось в связи с тем, что пик альвеолярного гребня – очень изменяемая структура, чаще всего отмечается его апикальное смещение с течением времени. Кроме того, наличие имплантата и супраструктуры, которые являются артефактом на КЛКТ, затрудняет проведение каких-либо измерений в области платформы.



**Рисунок 29** – Измерения параметров альвеолярного гребня на КЛКТ на всех этапах лечения, А – исходные данные, Б – через 6 месяцев после костной пластики, В – через 3-4 месяца после имплантации, Г – через 1 год после протезирования

Таким образом, по разработанному алгоритму было изучено 32 компьютерные томограммы через 6 месяцев после костной пластики, 32 КЛКТ через 3-4 месяца после имплантации и 32 исследования через 1 год после

протезирования с построением суммарно 381 КЛКТ-среза (без учета КЛКТ исходной ситуации) и проведением измерений на них (таблица 7).

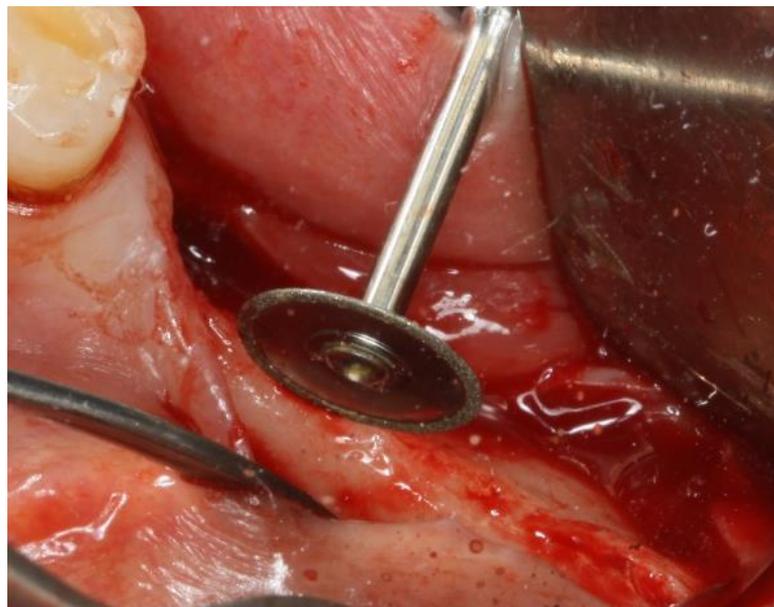
**Таблица 7** – Обозначения измерений альвеолярного гребня, оцениваемых при КЛКТ-исследовании с помощью разработанного персонифицированного алгоритма на разных этапах имплантологического лечения

Измерение	Исходная ситуация	Через 6 месяцев после костной пластики (перед операцией имплантации)	Через 3-4 месяца после имплантации (перед установкой формирователей десны)	Через 1 год после протезирования
Ширина вершины альвеолярного гребня (мм)	W	W <sub>s</sub>	-	-
Ширина на расстоянии 1 мм от вершины гребня (мм)	W <sub>1</sub>	W <sub>1s</sub>	W <sub>1i</sub>	W <sub>1n</sub>
Ширина на расстоянии 3 мм от вершины гребня (мм)	W <sub>2</sub>	W <sub>2s</sub>	W <sub>2i</sub>	W <sub>2n</sub>
Ширина на расстоянии 5 мм от вершины гребня (мм)	W <sub>3</sub>	W <sub>3s</sub>	W <sub>3i</sub>	W <sub>3n</sub>
Высота альвеолярного гребня (мм)	H	H <sub>s</sub>	H <sub>i</sub>	H <sub>n</sub>

## 2.5 Хирургические методы лечения пациентов

24 пациентам из группы изучения после проведенного первичного обследования и ортопедически-ориентированного планирования была проведена костная реконструкция методом Е.А. Дурново и соавторов – модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня [44]. Всего было выполнено 43 операции в 98 сегментах челюстей. Данный способ костной пластики выполнялся следующим образом. Под местной анестезией проводился разрез слизистой оболочки до кости по вершине альвеолярного гребня и по краям от него два ограничивающих операционное поле вертикальных разреза к переходной складке. В вестибулярную сторону отслаивался слизисто-надкостничный лоскут и скелетировалась наружная поверхность альвеолярной части нижней челюсти. С помощью специальных фрез MicroSaw (Dentsply, Германия) (рисунок 30) и/или пьезохирургического скальпеля Piezotome (Satelec Acteon Group, Франция) (рисунок 31) проводились: продольная межкортикальная остеотомия по вершине альвеолярного гребня (1) (рисунки 32, 35), горизонтальный апикальный пропилен на расстоянии не менее 3 мм от проекции нижнего альвеолярного нерва (2) (рисунки 33, 35). Затем выполнялись две латеральные вертикальные остеотомии (3, 4), ограничивающие зону реконструкции и соединяющие края горизонтальных пропилов, отклоняясь на 45° от поверхности кости в наружные стороны (рисунки 34, 35). С помощью плоских остеотомов и долот (Nu-Friedy, США) отделялся образовавшийся костный вестибулярный фрагмент. Данный фрагмент в разрезе имел вид треугольника, где его основанием являлась сама вестибулярная стенка, один катет – высота распила от вершины гребня, а другой катет – глубина апикальной горизонтальной остеотомии. Остеотомированный участок ротировался на шарнирном апикальном пропилене вдоль продольной оси на 25-30°, самая выпуклая часть треугольника из базальной части передвигалась в среднюю часть дефекта (рисунок 36). Фрагмент фиксировался в новом положении с помощью 2-3 титановых микровинтов (ООО «КОНМЕТ», Россия или Ustomed Instrumente,

Германия), это позволяло контролируемо максимально увеличить ширину альвеолярной части (рисунок 37). Образовавшееся между костным блоком и донорским участком кости пространство заполнялось смесью ксеногенного остеопластического материала и аутокостной стружки, полученной по границам зоны реконструкции с помощью многолезового костного скребка Buser (Hufriedy, США) или однорезового скребка Microsaw (Meta, Италия) (рисунок 38). В качестве остеопластического материала использовались натуральный костнозамещающий материал, состоящий из минеральных компонентов бычьей кости, Bio-Oss (Geistlich Pharma AG, Швейцария) и/или не деминерализованный костный коллаген ОСТЕОПЛАСТ-Блоки (Т) (ООО «НПК ВИТАФОРМ», Россия). Зона реконструкции сверху перекрывалась резорбируемой коллагеновой мембраной (рисунки 39, 40). В качестве мембраны применялись двухслойная мембрана, состоящая из свиного коллагена I и III типа высокой степени очистки, без поперечных связей Bio-Gide (Geistlich Pharma AG, Швейцария) или мембрана на основе костного деминерализованного коллагена типа I ОСТЕОПЛАСТ (ООО «НПК ВИТАФОРМ», Россия). Проводилась мобилизация слизисто-надкостничного лоскута с вестибулярной стороны (рисунок 41). Рана без натяжения ушивалась двухрядным образом, накладывались горизонтальные П-образные швы в основании, сверху фиксировались узловые швы (рисунок 42).



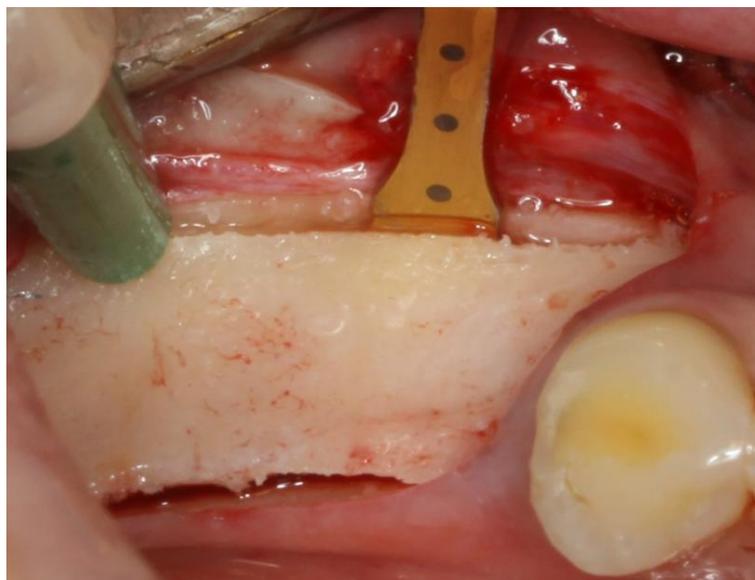
**Рисунок 30** – Использование фрез MicroSaw



**Рисунок 31** – Использование пьезохирургического скальпеля Piezotome



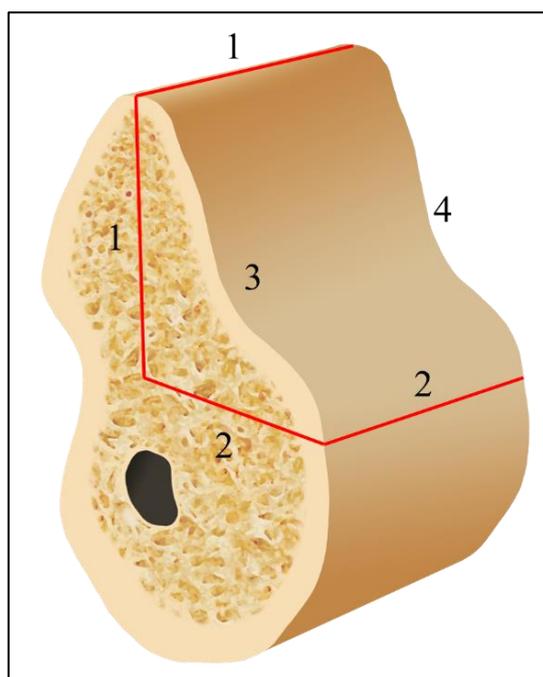
**Рисунок 32** – Проведение продольной межкортикальной остеотомии по вершине гребня



**Рисунок 33** – Проведение апикальной остеотомии



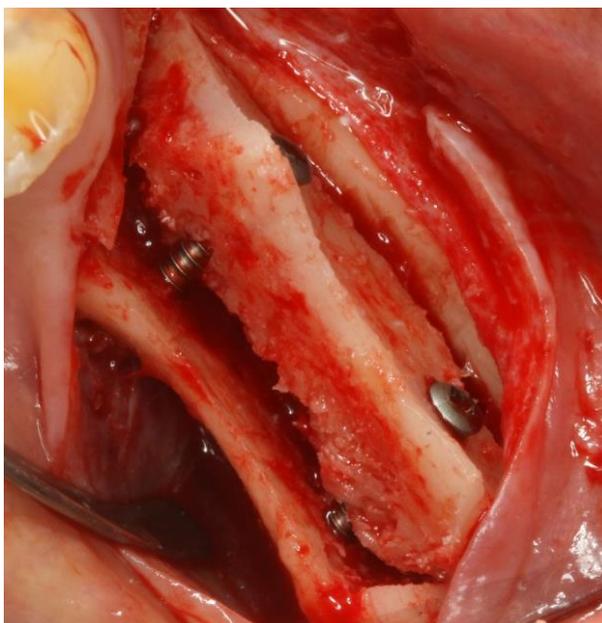
**Рисунок 34** – Проведение латеральных остеотомий



**Рисунок 35** – Схема проведения остеотомий с формированием вестибулярного костного фрагмента, где 1 – продольная межкортикальная остеотомия по вершине альвеолярного гребня; 2 – горизонтальная апикальная остеотомия; 3, 4 – латеральные вертикальные остеотомии



**Рисунок 36** – Проведение ротации остеотомированного вестибулярного фрагмента



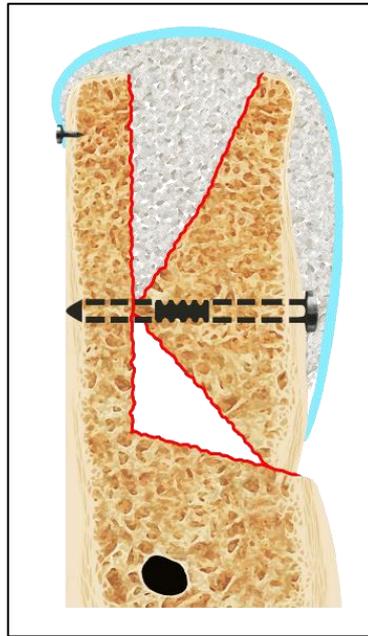
**Рисунок 37** – Фиксация остеотомированного участка титановыми микровинтами



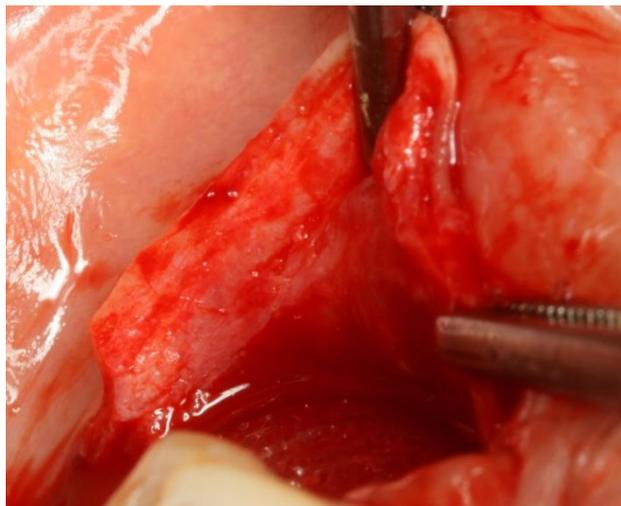
**Рисунок 38** – Внесение смеси остеопластического материала и аутокостной стружки между вестибулярной и язычной пластинами



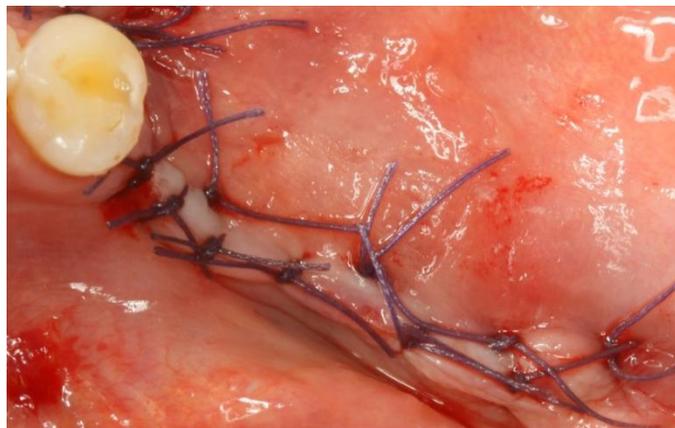
**Рисунок 39** – Укрытие зоны реконструкции коллагеновой резорбируемой мембраной



**Рисунок 40** – Схема проведения операции костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня



**Рисунок 41** – Мобилизация вестибулярного лоскута



**Рисунок 42** – Двухрядное ушивание раны без натяжения

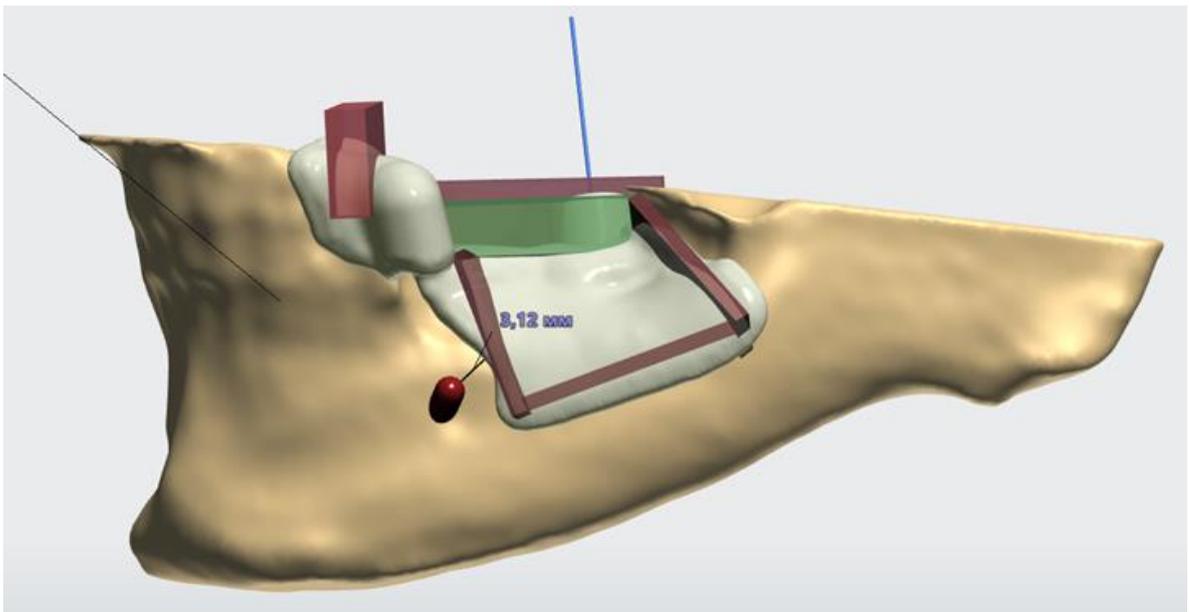
Время операции контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня фиксировалось в минутах от момента анестезии до завершения наложения последнего шва. В послеоперационном периоде пациентам назначались антибактериальные препараты из группы пенициллинов (Amoxicillini 875 mg cum Acidi Clavulanici 125 mg, по 1 таблетке 2 раза в день, 7 дней). При аллергической реакции на антибиотики данной группы в анамнезе они заменялись на препараты фторхинолонового ряда («Cifran ST» 500 mg, по 1 таблетке 2 раза в день, 5 дней) или макролиды (Azithromycini 500 mg, по 1 таблетке 1 раз в день, 3 дня). Назначались также антигистаминные препараты (Desloratadini 5 mg, по 1 таблетке 1 раз в день, 7 дней), нестероидные противовоспалительные средства (Nimesulidi 100 mg, по 1 дозе при боли) [17]. Осмотры пациентов проводились на 1-е, 3-и, 7-е и 14-е сутки после операции, на которых оценивались: интенсивность боли, выраженность отёка, наличие гематомы, осложнений. Снятие швов выполнялось на 14-е сутки после костной пластики.

## **2.6 Оптимизация метода двухэтапной сплит-техники путем разработки цифрового индивидуального шаблона (патент РФ № 2779693 С1)**

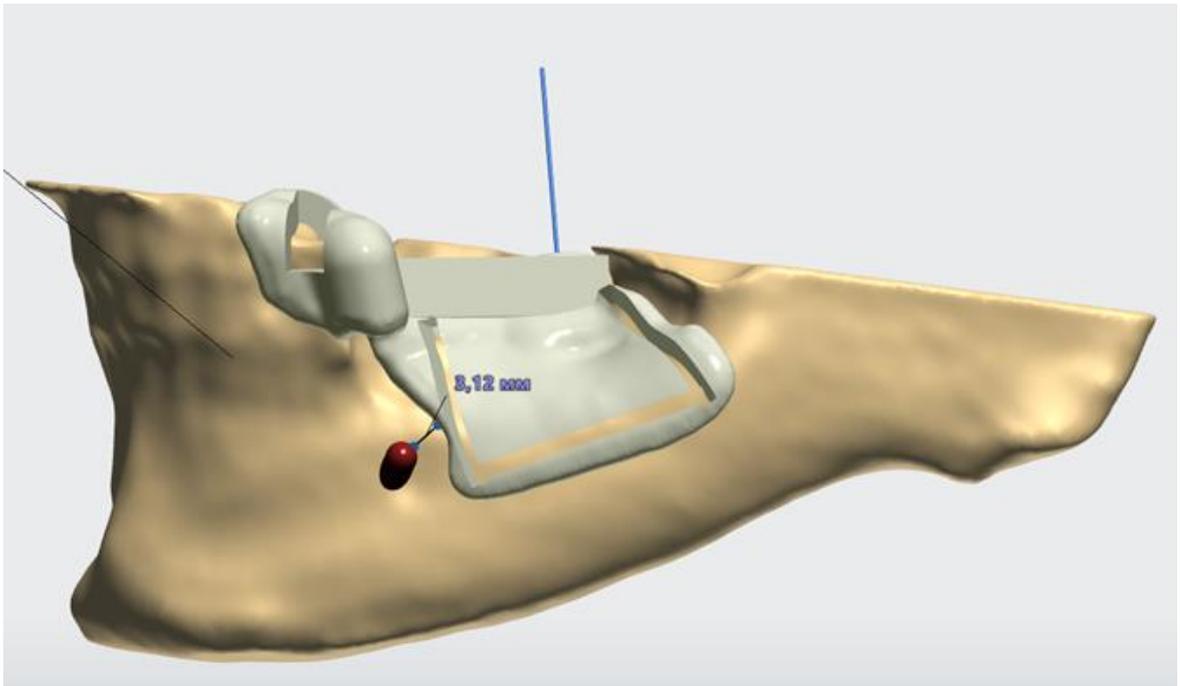
С целью оптимизации операции модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня при горизонтальной атрофии в боковых отделах нижней челюсти был разработан специальный индивидуальный направляющий шаблон, позволяющий провести программированное, атравматичное формирование остеотомий с минимальной потерей костной ткани, без риска травматизации сосудисто-нервного пучка (патент РФ № 2779693 С1).

Шаблон моделировался в программном модуле CAD/CAM систем на основе КЛКТ-рендеринга (рисунки 43, 44, 45, 46) после предварительного планирования имплантологического лечения по указанному ранее алгоритму. При концевых дефектах виртуально позиционировался пин, фиксирующий будущий шаблон, так, чтобы он располагался дистальнее реконструируемой зоны. При включенных

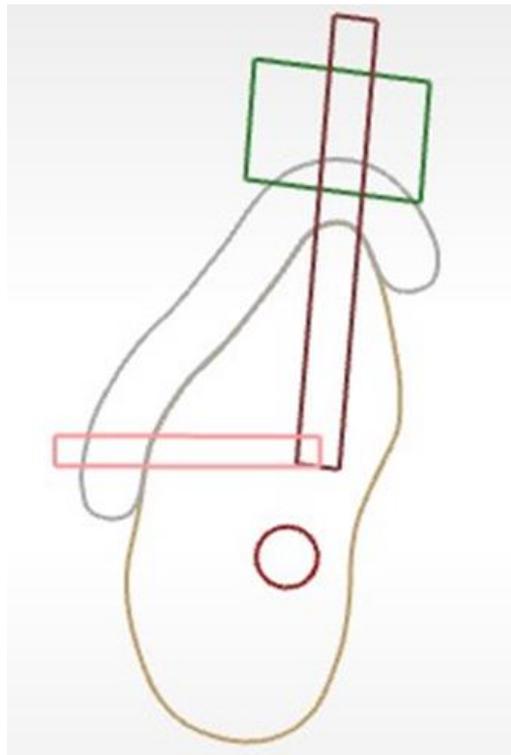
дефектах фиксирующий пин не являлся обязательным элементом. Моделировался шаблон, опирающийся на зубы, ограничивающие зону реконструкции. Границы шаблона проводились таким образом, чтобы он перекрывал зубы с оральной и вестибулярной поверхностей до уровня клинических экваторов. Затем ограничивалась зона реконструкции с вестибулярной стороны альвеолярной части с соблюдением зоны безопасности – отступом 3 мм от проекции нижнечелюстного канала и ментального отверстия. Располагалась продольная балка с направляющим разрезом для остеотомии вдоль вершины альвеолярного гребня и три направляющих разреза для латеральных и апикальной остеотомий. Ширина направляющих разрезов для проведения остеотомий равна 1,5 мм. Три направляющих разреза для проведения латеральных и апикальной остеотомий выполнялись на боковой поверхности шаблона в виде П-образного контура, боковые стороны которого ориентированы к продольной балке под прямым или острыми углами. Для контроля посадки шаблона во время операции проводилось моделирование смотровых окон в области режущих краев и вестибулярно-окклюзионных поверхностей зубов, ограничивающих зону реконструкции, служащих опорой для шаблона.



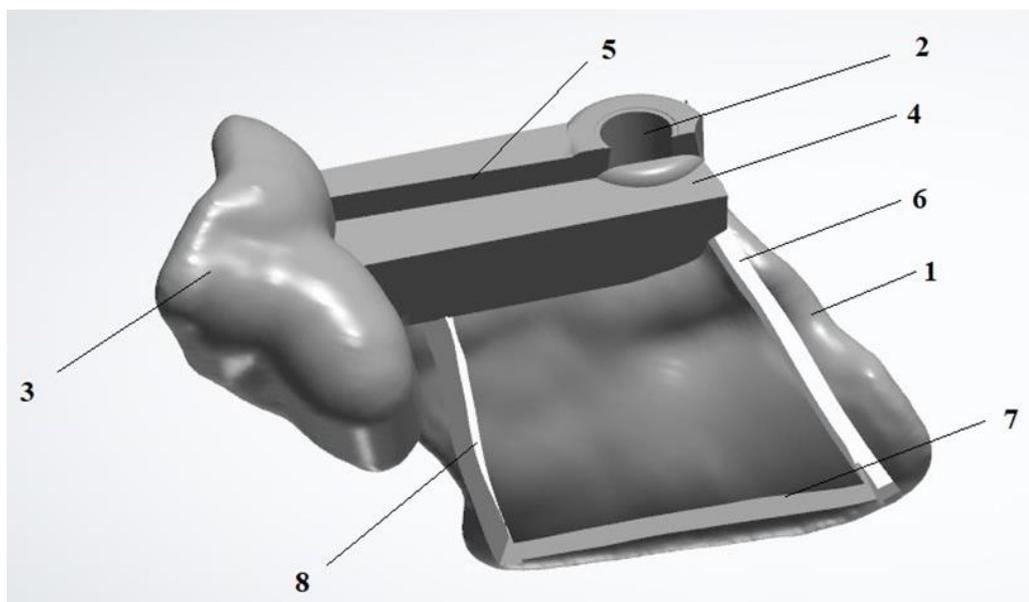
**Рисунок 43** – Этапы моделирования шаблона для проведения расщепления альвеолярного гребня



**Рисунок 44** – Этапы моделирования шаблона для проведения расщепления альвеолярного гребня



**Рисунок 45** – Схема планирования шаблона для расщепления альвеолярного гребня на поперечном срезе



**Рисунок 46** – Шаблон для проведения расщепления альвеолярного гребня, где 1 – границы шаблона; 2 – направляющая для фиксирующей пина; 3 – накладка на коронковую часть зуба, ограничивающего зону реконструкции; 4 – продольная балка; 5 – разрез для проведения продольной остеотомии по вершине альвеолярного гребня; 6 – разрез для проведения дистальной латеральной остеотомии; 7 – разрез для проведения апикальной горизонтальной остеотомии; 8 – разрез для проведения мезиальной латеральной остеотомии

Шаблон изготавливался методом 3D-печати из биосовместимого медицинского полимера (рисунок 47). Проводилась постпечатная обработка и стерилизация шаблона.



**Рисунок 47** – Шаблон для проведения расщепления альвеолярного гребня, напечатанный на 3D-принтере

Было выполнено 12 операций модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня с использованием разработанного индивидуального шаблона 8 пациентам в 29 сегментах челюстей. После проведения местной анестезии проводился разрез слизистой оболочки до кости по вершине альвеолярного гребня и по краям от него два ограничивающих операционное поле вертикальных разреза к переходной складке. В вестибулярную сторону отслаивался слизисто-надкостничный лоскут и скелетировалась наружная поверхность альвеолярной части нижней челюсти. Шаблон устанавливался на альвеолярную часть нижней челюсти (рисунок 48) так, чтобы одна часть шаблона перекрывала зубы с оральной и вестибулярной поверхностей до уровня клинических экваторов. Вторая часть шаблона ограничивала зону реконструкции в области атрофированного гребня с вестибулярной стороны альвеолярной части с соблюдением зоны безопасности – отступом 3 мм от проекции нижнечелюстного канала, ментального отверстия. Шаблон фиксировался на зубах, по необходимости также с помощью пина. С помощью фрез MicroSaw или пьезохирургического скальпеля Piezotome проводилась остеотомия вдоль вершины альвеолярного гребня через направляющий разрез 5 в балке 4 шаблона (рисунок 49). Затем выполнялась горизонтальная апикальная остеотомия и два вертикальных пропила через направляющие разрезы 6, 7 и 8. При этом пьезохирургическая насадка располагалась по краям окон шаблона, обеспечивая угол сверления 45°. После снятия шаблона с помощью плоских остеотомов и долот отделялся образовавшийся костный вестибулярный фрагмент. Остеотомированный участок ротировался на шарнирном апикальном пропиле вдоль продольной оси на 25-30°, фиксировался в новом положении с помощью 2-3 титановых микровинтов. Образовавшееся между костным блоком и донорским участком кости пространство заполнялось смесью натурального ксеногенного остеопластического материала и аутокостной стружки. Зона реконструкции сверху перекрывалась резорбируемой коллагеновой мембраной. Проводилась мобилизация слизисто-надкостничного лоскута с вестибулярной стороны, рана

ушивалась без натяжения двухрядным образом, накладывались горизонтальные П-образные швы в основании, сверху фиксировались узловые швы.



**Рисунок 48** – Установка шаблона на альвеолярную часть нижней челюсти



**Рисунок 49** – Проведение остеотомии вдоль вершины альвеолярного гребня

Время операции контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня с использованием направляющего хирургического шаблона фиксировалось в минутах от момента анестезии до завершения наложения последнего шва. Послеоперационное ведение пациентов осуществлялось аналогичным образом, как после костной пластики без применения шаблона.

Через 6 месяцев после проведения костной реконструкции методом модифицированной двухэтапной сплит-техники с или без использования цифрового шаблона всем 32 пациентам проводилось повторное обследование и операция имплантации. Через 3-4 месяца оценивалось состояние костной и мягких тканей. Практически во всех случаях наблюдалось уменьшение глубины преддверия, дефицит кератинизированной прикрепленной десны. Выполнялась операция по аугментации мягких тканей, устанавливались формирователи десневой манжеты. Затем проводилось временное и постоянное протезирование установленных имплантатов.

## 2.7 Гистоморфометрический метод исследования

С целью изучения регенерата, определения структуры костной ткани в зоне реконструкции и сравнения её с костной тканью беззубого альвеолярного гребня нижней челюсти без предварительного проведения костной пластики был выполнен гистоморфометрический анализ. Для этого 20 пациентам из группы контроля, которым выполнялась операция имплантации без предшествующей костной аугментации, проводился забор костных биоптатов с помощью трепана ТРВ-3 с внешним диаметром 3 мм, внутренним – 2,4 мм (Mr.Currete Tech, Корея) во время подготовки ложа для установки имплантата (рисунки 50, 52).



Рисунок 50 – Забор костных трепанобиоптатов

Пациентам из группы изучения через 6 месяцев после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня на этапе подготовки ложа для установки имплантата также проводился забор костных трепанобиоптатов из зоны регенерации (рисунки 51, 52).



**Рисунок 51** – Образец костной ткани, полученный из зоны реконструкции

Таким образом было получено 37 образцов костной ткани беззубого альвеолярного гребня (контрольная группа) и 37 препаратов после костной реконструкции (группа изучения) (рисунок 52).



**Рисунок 52** – Распределение образцов костной ткани по группам исследования

Дальнейшая подготовка и гистоморфометрическое исследование материала проводились на базе кафедры патологической анатомии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России совместно с сотрудниками указанной кафедры. Полученные образцы костной ткани фиксировались в растворе нейтрального 10% формалина. Костная ткань подвергалась декальцинации в бескислотном растворе.

Стандартная гистологическая проводка осуществлялась на аппарате Logos (Milestone, США). После проводки изготавливались парафиновые блоки с использованием заливочной станции HistoStar (Thermo Scientific, США). Срезы толщиной 4–6 мкм получались на микротоме Microm HM 325 (Thermo Scientific, США), окрашивались гематоксилином и эозином при помощи станции для окраски Gemini AS (Thermo Scientific, США).

Для морфологической обработки полученного материала использовался микроскоп Leica DM 1000 (Leica Biosystems, Германия), объективы  $\times 4$ ,  $\times 10$ ,  $\times 20$ ,  $\times 40$ , окуляр —  $\times 10$  (рисунок 53).

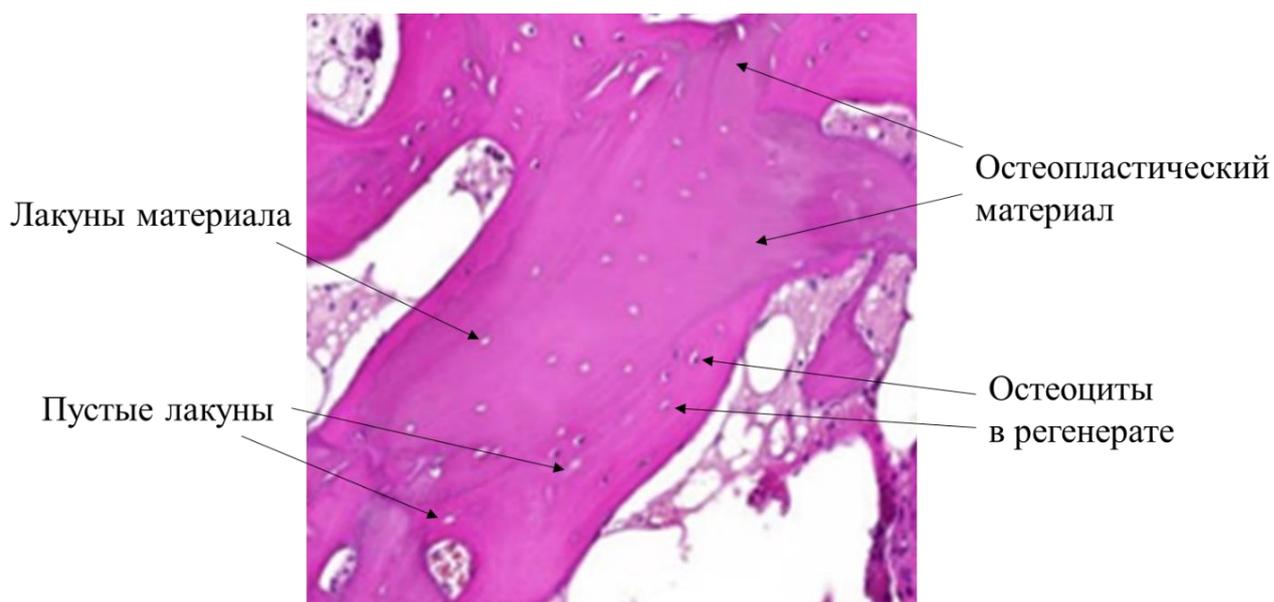


**Рисунок 53** – Микроскоп Leica DM 1000

Визуализация объектов проводилась на цифровом сканирующем микроскопе 3DHISTECH PANNORAMIC MIDI (Carl Zeiss, Венгрия) в режиме светлого поля в диапазоне увеличения  $\times 200$  –  $\times 400$  с использованием системы автоматизированного анализа изображений (рисунок 54). Выполнялся подсчет площади столбика костной ткани и остеопластического материала, относительной площади материала (MatS/CS). Методом выделения в объекте проводилось вычисление количества остеоцитов и лакун в 10 полях зрения на увеличении  $\times 400$  (рисунок 55). Далее проводился перерасчет числа остеоцитов и лакун на  $1 \text{ мм}^2$  костного столбика.



**Рисунок 54** – Цифровой сканирующий микроскоп 3DHISTECH PANNORAMIC MIDI

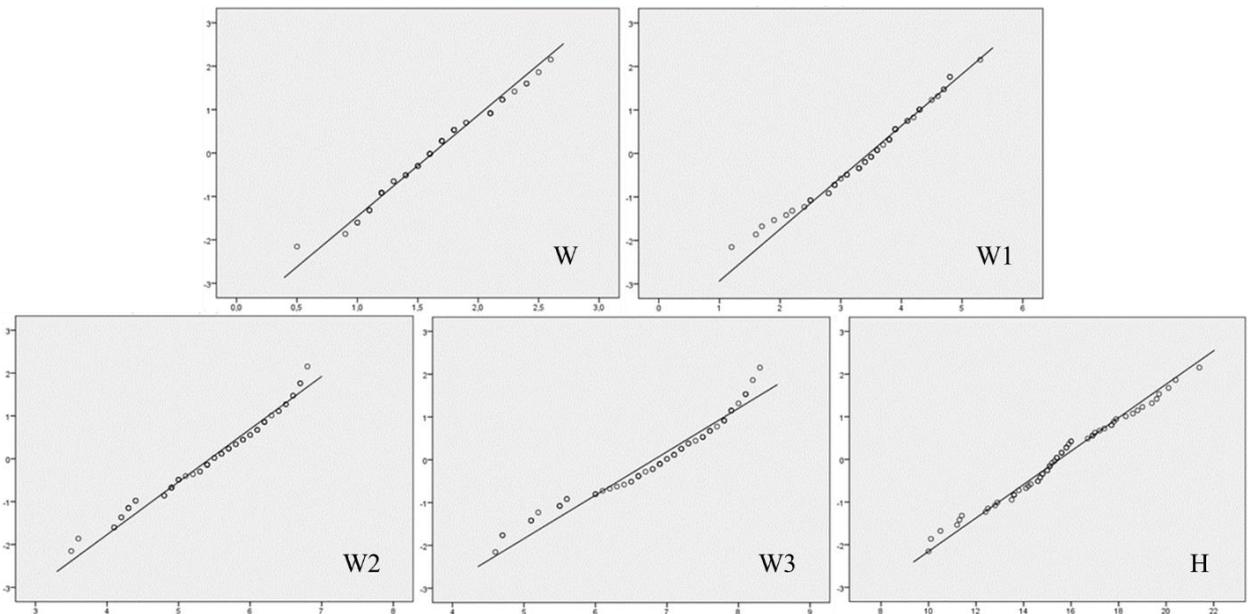


**Рисунок 55** – Гистоморфометрическое исследование, увеличение x400

Контрольная группа была включена в исследование в связи с тем, что иногда в процессе подготовки образцов костной ткани происходит формирование артефактов, а также выпадение некоторых остеоцитов из лакун. Все искусственные изменения, обнаруженные на препаратах группы контроля, были расценены как артефакты в препаратах группы изучения.

## 2.8 Методы статистической обработки результатов

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Excel и SPSS Statistics 22. Сначала проводилась проверка принадлежности выборок к нормальному распределению [9]. Для этого для общей выборки изучаемой группы ( $n=127$ ) использовались критерий Колмогорова-Смирнова и графики квантилей (Q-Q plot) (рисунок 56). Для малых выборок внутри группы в зависимости от зоны дефекта (первый премоляр ( $n=12$ ), второй премоляр ( $n=33$ ), первый моляр ( $n=53$ ), второй моляр ( $n=29$ )), а также для данных, касающихся гистоморфометрического исследования, применялся критерий Шапиро-Уилка.



**Рисунок 56** – Графики квантилей (Q-Q plot) нормально распределенных данных выборок

Предварительная проверка данных радиологического метода исследования выявила соответствие выборок нормальному распределению, расчёты для них осуществлялись с помощью параметрических критериев [10]. Сравнение показателей, получаемых по полу и 4-м возрастным группам, проводилось с помощью t-критерия Стьюдента для двух независимых выборок и однофакторного дисперсионного анализ (ANOVA – One-Way Analysis Of Variance) соответственно. При этом выполнялся тест Левена на равенство дисперсий.

Определение статистически значимых различий нормально распределенных данных при сравнении классической схемы измерений параметров альвеолярного гребня и разработанного персонафицированного алгоритма оценки проводилось с помощью t-критерия Стьюдента для двух независимых выборок. Предварительно выполнялся тест Левена на гомогенность дисперсий.

Для выявления статистически значимых различий нормально распределенных данных при сравнении параметров альвеолярного гребня до и через 6 месяцев после костной пластики, полученных клиническим методом и с помощью разработанного персонафицированного алгоритма, применялся t-тест Стьюдента для двух независимых выборок. Сравнение показателей прироста костной ткани по ширине на разных уровнях в зависимости от типа дефекта (включенный/ концевой, одиночный/ множественный) осуществлялось с помощью t-критерия Стьюдента для двух независимых выборок с тестом Левена на гомогенность дисперсий. Оценка различий в приросте костной ткани после выполнения реконструкции при сравнении процентного увеличения костной ткани по ширине при группировке в зависимости от уровня измерений (W, W1, W2, W3), а также между группами в зависимости от изучаемого сегмента (первый премоляр, второй премоляр, первый моляр, второй моляр) проводилась с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с предварительным тестом Левена на равенство дисперсий и последующим проведением апостериорного теста (поправки Бонферрони).

При сравнении средних показателей времени, потраченного на выполнении костной пластики с и без направляющего шаблона, использовался t-критерий Стьюдента для двух независимых выборок. Предварительно выполнялся тест Левена на гомогенность дисперсий.

Проведен корреляционный анализ между значением угла наклона альвеолярного гребня и приростом ширины костной ткани на разных уровнях. Мера корреляции рассчитана с помощью коэффициент Пирсона (r) [31]. Сила связи определена в соответствие со шкалой Чеддока. Корреляции продемонстрированы с помощью диаграмм рассеяния.

Для расчета прогнозируемого прироста костной ткани по ширине на всех изучаемых уровнях альвеолярного гребня в зависимости от угла наклона гребня проведен линейный регрессионный анализ методом принудительного включения с определением коэффициентов  $a$  и  $b$  [31]. Степень соответствия между регрессионной моделью и исходными данными определялась с помощью коэффициента детерминации ( $R$ -квадрат). Модель считалась приемлемой при коэффициенте детерминации  $\geq 0,5$ . Для определения зависимой переменной « $y$ », чем являлись показатели прироста костной ткани по ширине на разных уровнях, от значения независимой переменной « $x$ », в качестве которой выступал угол наклона альвеолярного гребня ( $A$ ) составлялось уравнение простой линейной регрессии:

$$y = b \cdot x + a, \quad (1)$$

где  $y$  – зависимая переменная,  $x$  – независимая переменная,  $a$ ,  $b$  – регрессионные коэффициенты.

Для выявления статистически значимых различий при сравнении результатов гистоморфометрического анализа между группами контроля и исследования использовался  $U$ -тест Манна-Уитни для двух независимых выборок.

Для межгруппового анализа параметров альвеолярного гребня (первый премоляр, второй премоляр, первый моляр, второй моляр) на всех этапах лечения применялся однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Для проверки гипотезы о равенстве дисперсий использовался тест Левена на гомогенность дисперсий. В дальнейшем проводился апостериорный тест (поправка Бонферрони).

Оценка различий между четырьмя связанными группами: показатели костной ткани до костной реконструкции, через 6 месяцев после неё, через 3-4 месяца после костной пластики, через 1 год после протезирования, выполнялась с помощью многомерного дисперсионного анализа (MANOVA – Multivariate ANalysis Of VAriance) с последующим проведением апостериорного теста (поправки Бонферрони).

Результаты количественных данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, представлены в виде  $Me [X_{Q1}; X_{Q3}]$ , где  $Me$  – медиана,  $X_{Q1}$  – 25 перцентиль, нижний квартиль,  $X_{Q3}$  – 75 перцентиль, верхний квартиль, участок между  $X_{Q1}$  и  $X_{Q3}$  – межквартильный интервал [8]. Кроме того, указаны значения минимума и максимума [Min - Max].

Результаты количественных нормально распределенных данных представлены в виде  $M \pm Sd$ , где  $M$  – среднее значение,  $Sd$  – стандартное отклонение.

Качественные данные представлены в виде  $p \pm \sigma_p \%$ , где  $p$  – процентная доля,  $\sigma_p$  – стандартное отклонение процентной доли. Для нахождения процентной доли использовалась следующая формула:

$$p = \frac{m}{n} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $p$  – процентная доля,  $m$  – значение,  $n$  – общее количество.

Для вычисления стандартного отклонения процентной доли использовалась формула:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p \cdot (1 - p)}{n}}, \quad (3)$$

где  $\sigma_p$  – стандартное отклонение процентной доли,  $p$  – процентная доля.

Различия считались статистически значимыми при уровне значимости равном или менее 0,05 ( $p \leq 0,05$ ). Для устранения эффекта множественных сравнений при дисперсионном анализе применялась поправка Бонферрони. Новый критический уровень значимости, скорректированный на количество сравнений, составил  $p' \leq 0,008$  ( $0,05 / 6 = 0,008$ ).

### Глава 3

## РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### **3.1 Сравнительный анализ результатов радиологического метода исследования беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при использовании классической схемы измерений и разработанного персонифицированного алгоритма**

Правильная интерпретация данных КЛКТ-исследования беззубых альвеолярных гребней является ключевым фактором в определении необходимости проведения костно-пластических операций, выборе метода костной аугментации, её направления, оценке прироста кости после её реконструкции, установлении длины и диаметра дентального имплантата, последующем динамическом наблюдении. По результатам проведенного обзора литературы выявлено, что данному вопросу уделяется недостаточно внимания.

В связи с этим, был разработан персонифицированный алгоритм диагностики и динамической оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти, заключающийся в переориентации осей сечения для построения корректного поперечного среза зоны планируемой имплантации, определении надлежащей ортопедически-ориентированной позиции имплантата, проведении замеров в зависимости от оси имплантата.

С целью выявления неточностей классического подхода измерений и доказательства объективности результатов, получаемых при разработанном алгоритме, проведен их сравнительный анализ. Данная работа была выполнена на 12 пациентах в 31 сегменте челюстей до и через 6 месяцев после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники. Для этого всего были исследованы 24 компьютерные томографии, получено 62 поперечных среза, на которых проведены измерения по двум протоколам: 1) классической схеме, 2) разработанному персонифицированному алгоритму. Измерению

подвергались высота альвеолярного гребня (Н), ширина альвеолярного гребня на четырех уровнях: вершине (W), на расстоянии 1 мм от неё (W1), 3 мм от пика гребня (W2) и 5 мм (W3).

### 3.1.1 Результаты оценки исходных параметров альвеолярного гребня

При изучении исходных параметров беззубого альвеолярного гребня нижней челюсти при двух вариантах измерений (таблица 8) выявлены статистически значимые различия в вертикальных средних значениях.

**Таблица 8** – Параметры беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при двух схемах измерений

В миллиметрах

Показатель	Схема измерений	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W (ширина вершины альвеолярного гребня)	Классическая	31	1,706 ± 0,652
	Алгоритм	31	1,6 ± 0,497
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины)	Классическая	31	3,374 ± 1,045
	Алгоритм	31	3,139 ± 0,983
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины)	Классическая	31	5,119 ± 1,196
	Алгоритм	31	5,003 ± 1,099
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины)	Классическая	31	6,506 ± 1,185
	Алгоритм	31	6,345 ± 1,058
Н (высота альвеолярного гребня)	Классическая	31	17,039 ± 2,302
	Алгоритм	31	15,594 ± 2,82

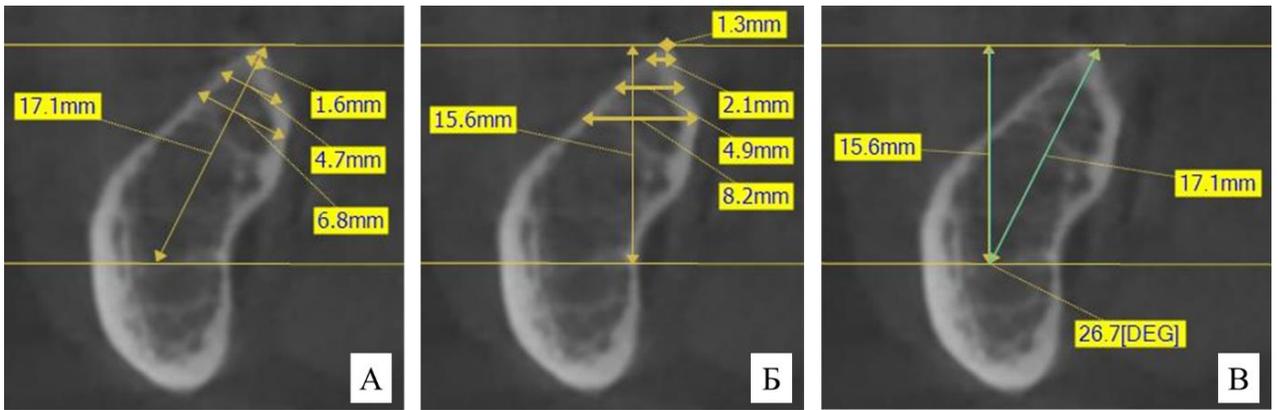
Высота альвеолярного гребня при классическом протоколе, определение которой проводилось вдоль его направления, составила 17,039 ± 2,302 мм, что на

1,445 ± 3,64 мм (9,266 ± 7,343 %) больше, чем показатель высоты при разработанном алгоритме измерений, опирающемся на ось имплантата (таблица 9, рисунки 57, 58).

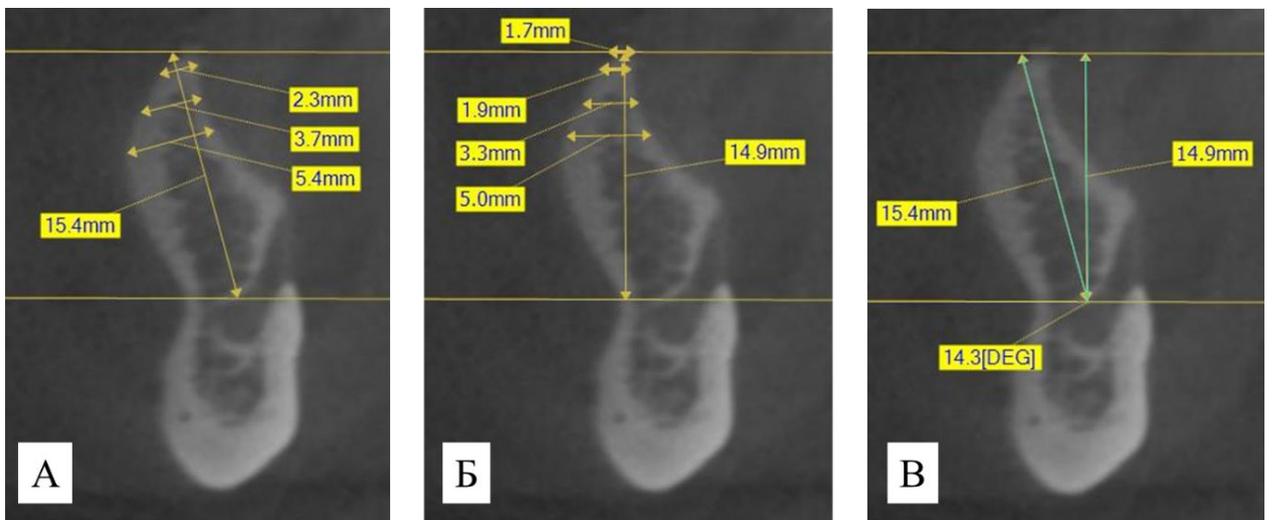
**Таблица 9** – Сравнение параметров альвеолярного гребня при классической схеме измерений и при использовании разработанного алгоритма

В миллиметрах

Показатель	Критерий равенства дисперсий Левена		t-критерий для равенства средних	
	F	Значимость	Значимость	Разность средних
W (ширина вершины альвеолярного гребня)	0,349	0,557	0,472	0,107
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины)	0,022	0,883	0,365	0,236
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины)	0,119	0,732	0,692	0,116
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины)	0,251	0,618	0,574	0,161
H (высота альвеолярного гребня)	1,173	0,283	0,031	1,445*
* $p \leq 0,05$				

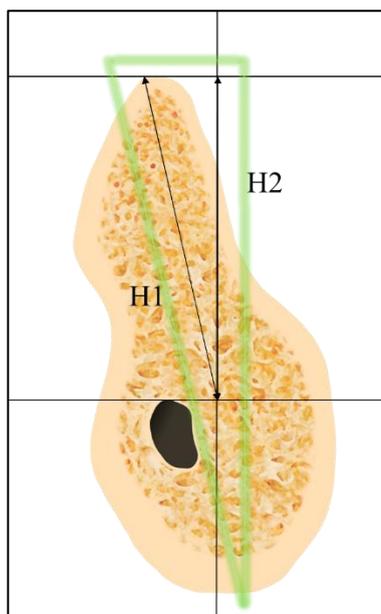


**Рисунок 57** – А – параметры альвеолярного гребня при классической схеме измерений; Б – параметры альвеолярного гребня при разработанном персонализированном алгоритме; В – угол наклона альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти



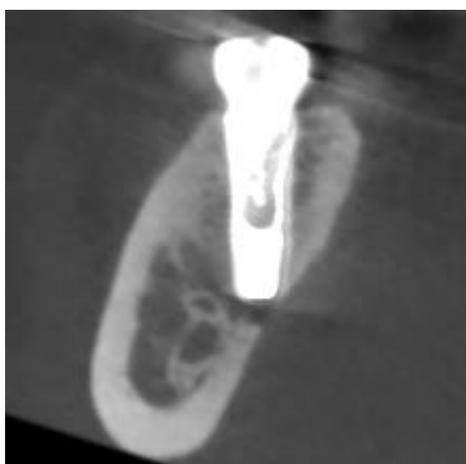
**Рисунок 58** – А – параметры альвеолярного гребня при классической схеме измерений; Б – параметры альвеолярного гребня при разработанном персонализированном алгоритме; В – угол наклона альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти

Получение разных вертикальных параметров при двух схемах измерений обусловлено тем, что в боковых отделах нижней челюсти определяется выраженный наклон альвеолярного гребня в язычную сторону, альвеолярная часть при этом имеет лингвальное поднутрение. При этом измерение высоты альвеолярного гребня вдоль его направления (Н1) представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника, которая всегда неизбежно больше его катета, который образован высотой гребня вдоль оси имплантата (Н2) (рисунок 59).



**Рисунок 59** – Измерение высоты альвеолярного гребня с использованием двух протоколов, где Н1 – высота при классической схеме; Н2 – высота при разработанном персонализированном алгоритме

Таким образом, при использовании классической схемы измерений высота альвеолярного гребня определяется неправильно, что приводит к подбору некорректной длины свёрл и имплантата (больше необходимой), и, как следствие, перфорации в области язычного поднутрения (рисунок 60). Данная ситуация повышает риск повреждения сосудов, формирования гематомы и развития абсцесса подязычного пространства, флегмоны окологлоточного пространства. Кроме того, возможно не только прободение, но и компрессия лингвальной стенки, что может привести к её некротизации и развитию остеомиелита.



**Рисунок 60** – Перфорация лингвальной стенки в области язычного поднутрения

Кроме того, использование классической схемы измерений не даёт возможности определить достаточность костной ткани для проведения имплантации в изучаемом сегменте челюсти, не позволяет провести планирование реконструктивного вмешательства по костной аугментации атрофированного альвеолярного гребня. Предложенный алгоритм разработан с целью устранения данных недостатков.

### **3.1.2 Результаты оценки прироста костной ткани после проведения реконструкции**

По результатам анализа измерений до и через 6 месяцев после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники был проведен расчет увеличения объема костной ткани по ширине при двух вариантах измерений (таблица 10). При классической схеме, в которой учитывалось только направление альвеолярного гребня, прирост костной ткани по вершине альвеолярного гребня ( $W_s - W$ ) составил в среднем  $2,794 \pm 1,302$  мм. На расстоянии 1 мм от его вершины ( $W_{1s} - W_1$ ) –  $3,327 \pm 1,281$  мм. Ширина на высоте 3 мм от пика альвеолярного гребня ( $W_{2s} - W_2$ ) при классических измерениях увеличилась на величину  $3,510 \pm 1,101$  мм, на дистанции 5 мм ( $W_{3s} - W_3$ ) – на  $3,442 \pm 0,953$  мм.

При использовании разработанного алгоритма измерений, учитывающего ось имплантата, при котором все измерения ширины проводились строго на одном уровне по высоте до и через 6 месяцев после костной пластики были получены следующие данные. Вершина альвеолярного гребня ( $W_s - W$ ) увеличилась в среднем на  $1,805 \pm 1,702$  мм. Прирост костной ткани по горизонтали на 1 мм от вершины гребня ( $W_{1s} - W_1$ ) составил  $2,024 \pm 1,812$ , на расстоянии 3 мм ( $W_{2s} - W_2$ ) –  $2,690 \pm 1,266$  мм; на уровне 5 мм ( $W_{3s} - W_3$ ) –  $2,934 \pm 0,898$  мм (таблица 10).

**Таблица 10** – Изменение параметров костной ткани альвеолярного гребня после проведения костной пластики при двух схемах измерений

В миллиметрах

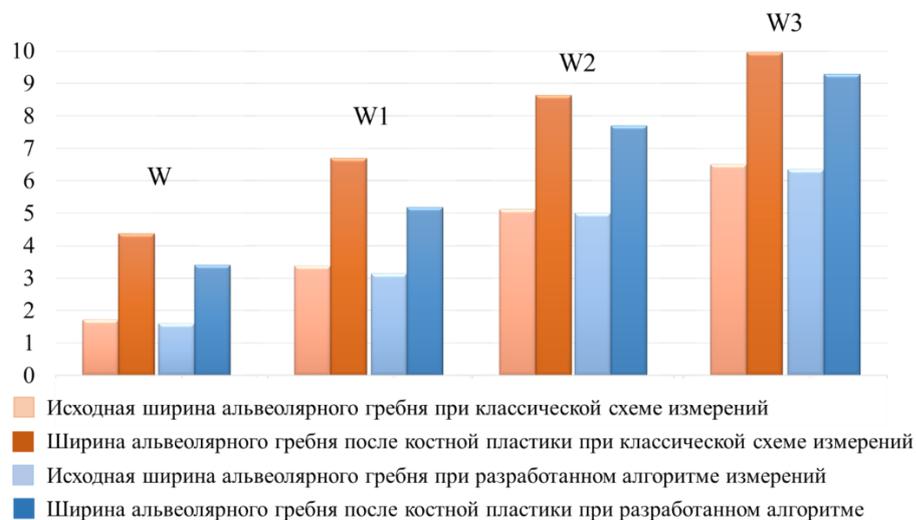
Показатель	Схема измерений	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
Ws – W (прирост по ширине на уровне вершины гребня)	Классическая	31	2,794 ± 1,302
	Алгоритм	19	1,805 ± 1,702
W1s – W1 (прирост по ширине на уровне 1 мм от вершины)	Классическая	31	3,323 ± 1,281
	Алгоритм	25	2,024 ± 1,812
W2s – W2 (прирост по ширине на уровне 3 мм от вершины)	Классическая	31	3,510 ± 1,101
	Алгоритм	31	2,690 ± 1,266
W3s – W3 (прирост по ширине на уровне 5 мм от вершины)	Классическая	31	3,442 ± 0,954
	Алгоритм	31	2,934 ± 0,898
Hs – H (изменение высоты альвеолярного гребня)	Классическая	31	-0,684 ± 1,143
	Алгоритм	31	-0,210 ± 1,153

При сравнении полученного прироста костной ткани при классической схеме измерений и при использовании разработанного алгоритма выявлены статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) на всех уровнях (таблица 11, рисунок 61). Отмечается завышение показателя прироста ширины костной ткани при классическом варианте на  $0,988 \pm 1,86$  мм ( $54,739 \pm 37,049$  %) в области вершины гребня ( $\Delta W$ ), на  $1,299 \pm 2,07$  мм ( $64,18 \pm 33,702$  %) на расстоянии 1 мм от вершины ( $\Delta W1$ ), на  $0,819 \pm 1,678$  мм ( $30,446 \pm 28,058$  %) на дистанции 3 мм от пика гребня ( $\Delta W2$ ), на  $0,503 \pm 1,31$  мм ( $17,144 \pm 22,003$  %) на уровне 5 мм ( $\Delta W3$ ).

**Таблица 11** – Сравнение прироста костной ткани при классической схеме измерений и при использовании разработанного алгоритма

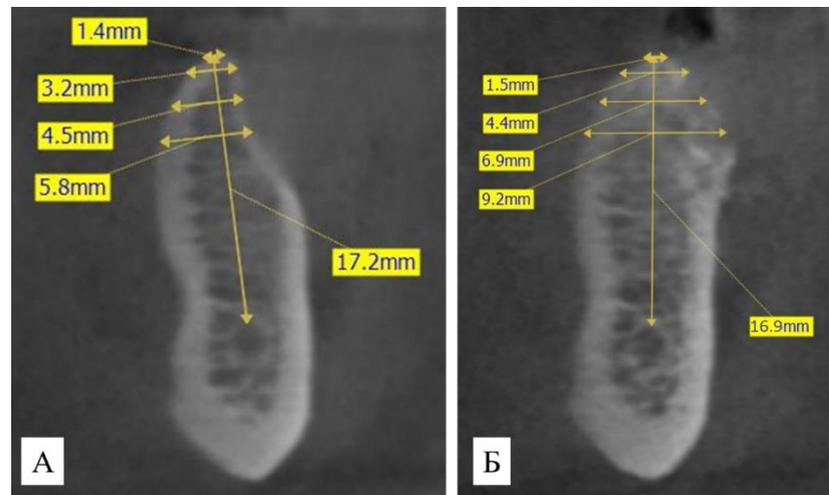
В миллиметрах

Показатель	Критерий равенства дисперсий Левена		t-критерий для равенства средних	
	F	Значимость	Значимость	Разность средних
$\Delta W$ (прирост по ширине на уровне вершины гребня)	3,799	0,057	0,025	0,988*
$\Delta W1$ (прирост по ширине на уровне 1 мм от вершины)	3,921	0,053	0,003	1,299*
$\Delta W2$ (прирост по ширине на уровне 3 мм от вершины)	1,268	0,265	0,009	0,819*
$\Delta W3$ (прирост по ширине на уровне 5 мм от вершины)	0,426	0,516	0,036	0,503*
$\Delta H$ (изменение высоты альвеолярного гребня)	0,096	0,758	0,109	0,474
* $p \leq 0,05$				



**Рисунок 61** – Гистограмма, отражающая сравнение показателей ширины альвеолярного гребня при классической схеме измерений и разработанном персонализированном алгоритме

При сравнении изменения показателя высоты альвеолярного гребня при двух системах измерений выявлена убыль вертикального компонента костной ткани при обоих протоколах: при классическом варианте на  $0,684 \pm 1,143$  мм, при разработанном алгоритме на  $0,210 \pm 1,153$  мм (таблица 10). Бóльшая убыль высоты при классической схеме измерений, что, однако, не было статистически значимым (таблица 11), связана с тем, что после костной пластики уменьшается угол наклона альвеолярного гребня, его вершина незначительно смещается к центру, изменяется направление гребня, а, следовательно, вектор измерения высоты (рисунок 62).



**Рисунок 62** – Классическая схема измерений параметров альвеолярного гребня до (А) и через 6 месяцев после (Б) костной пластики

Таким образом, сравнительный анализ исходных параметров альвеолярного гребня показал завышенные показатели высоты беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при классической схеме измерений на КЛКТ-срезах. Это приводит к неправильному планированию и подбору длины свёрл и имплантата, перфорации язычной стенки в области поднутрения и развитию, как следствие, воспалительных осложнений операции имплантации [207]. Важно проводить измерения высоты и ширины костной ткани, отталкиваясь от оси планируемого к установке имплантата, как диктует персонифицированный алгоритм. Разработанный протокол получения поперечных КЛКТ-срезов и проведения замеров позволяет выявить необходимость выполнения костной

пластики, её метод и вектор, подобрать нужную длину и диаметр имплантата индивидуально в зависимости от конкретной клинической ситуации.

При сравнении полученных показателей прироста костной ткани через 6 месяцев после костной пластики методом модифицированного двухэтапной сплит-техники важно выделить тот факт, что при классической схеме измерений определяются завышенные показатели увеличения ширины костной ткани. Через 6 месяцев в виду смещения вершины альвеолярного гребня в центральную часть гребня изменялись направление и величина высоты. Таким образом, из-за изменения основной оси, относительно которой проводились все измерения ширины, полученные данные нельзя назвать корректными. Многие исследования не учитывают данный факт [86, 191, 246].

Напротив, разработанный персонифицированный алгоритм измерений, отталкивающийся от будущей позиции имплантата, которая не изменяется до и после костной пластики, является объективным методом оценки. Измерения ширины альвеолярного гребня при данном способе до и после костной пластики проводятся строго на одном уровне, независимо от изменяющегося в большую или меньшую сторону параметра высоты.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что разработанный персонифицированный алгоритм является объективным инструментом диагностики и динамической оценки состояния костной ткани беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах челюстей на этапах имплантологического лечения.

### **3.2 Оценка эффективности модифицированной двухэтапной сплит-техники в боковых отделах нижней челюсти**

Эффективность модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти оценивалась с помощью клинических, радиологического и гистоморфометрического методов исследования. Всего было обследовано 32

пациента на дооперационном этапе, на 1-е, 3-и, 7-е и 14-е сутки после операции костной пластики. Исследованы 64 компьютерные томограммы до и через 6 месяцев после аугментации костной ткани, построены 254 поперечных среза КЛКТ, в каждом из которых проведены измерения согласно разработанному персонализированному алгоритму.

### 3.2.1 Результаты клинических методов исследования

#### Клинические измерения ширины альвеолярного гребня

При первичном обследовании пациентов проводилось измерение ширины вершины альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой оболочки ( $W_m$ ) во всех 127 изучаемых сегментах. Зафиксировано минимальное значение  $W_m$ , равное 4 мм, максимальное – 7 мм, в общем 5 [5,127; 5,456] мм (таблица 12). Средние исходные показатели ширины вершины альвеолярного гребня ( $W_c$ ), измеренные клинически во время операции костной пластики с помощью пародонтального зонда после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов составили  $1,642 \pm 0,534$  мм. Изначальная ширина альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины, полученная с помощью микрометра, составила  $3,311 \pm 0,888$  мм (таблица 12).

**Таблица 12** – Клинические измерения ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики

В миллиметрах

Показатель	Количество	Значение
$W_m$ (исходная ширина вершины альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой)	127	5 [5,127; 5,456]
$W_c$ (исходная ширина вершины альвеолярного гребня после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов)	127	$1,642 \pm 0,534$

## Продолжение таблицы 12

В миллиметрах

Показатель	Количество	Значение
W1c (исходная ширина гребня на высоте 3 мм от его вершины после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов)	127	3,311 ± 0,888
Wcs (ширина вершины альвеолярного гребня без учета слизистой после костной пластики)	127	3,945 ± 1,311
W1cs (ширина гребня на высоте 3 мм от его вершины без учета слизистой после костной пластики)	127	5,989 ± 1,361

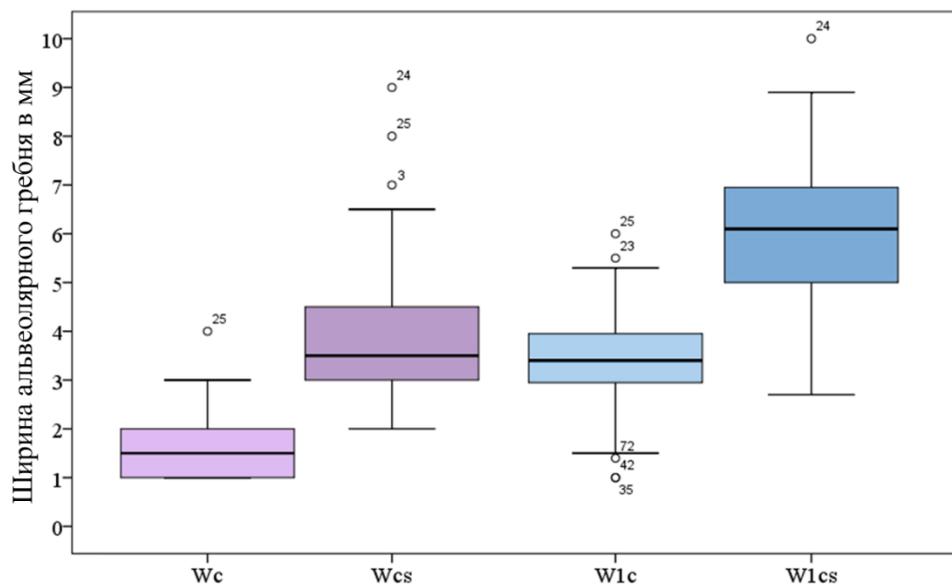
Через 6 месяцев после проведения костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники на этапе операции имплантации после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов получены показатели ширины вершины альвеолярного гребня и на уровне 3 мм от пика, средние значения которых представлены в таблице 12.

Выявлен клинический прирост ширины вершины альвеолярного гребня без учета слизистой оболочки ( $Wcs - Wc$ ) на  $2,303 \pm 1,241$  мм ( $140,256 \pm 58,639$  %) ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 13, рисунок 63). На расстоянии 3 мм от пика гребня клиническое увеличение ширины ( $W1cs - W1c$ ) произошло на  $2,678 \pm 1,313$  мм ( $80,882 \pm 21,611$  %) ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 13, рисунок 63).

**Таблица 13** – Парное сравнение клинических изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики

В миллиметрах

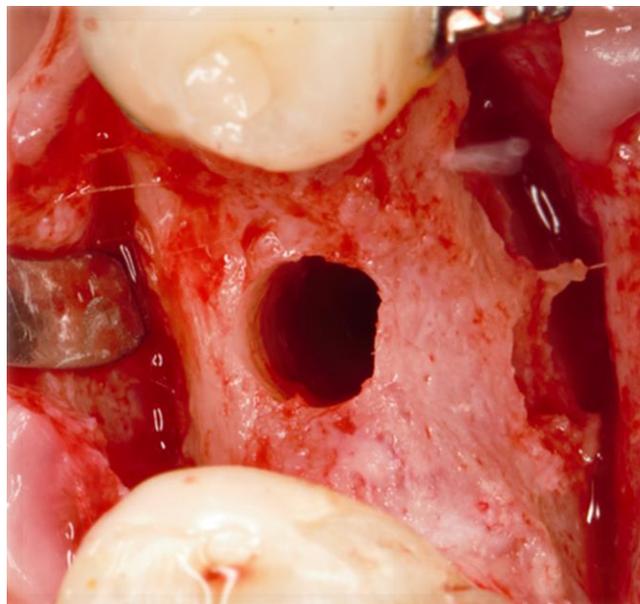
Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Wcs – Wc (прирост ширины на уровне вершины гребня)	2,303 ± 1,241*	2,085	2,521	< 0,001
W1cs – W1c (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	2,678 ± 1,313*	2,447	2,909	< 0,001
* p ≤ 0,05				



**Рисунок 63** – Динамика клинических изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики, где Wc – ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики, Wcs – ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики, W1c – ширина на высоте 3 мм от вершины гребня до костной пластики, W1cs – ширина на высоте 3 мм от вершины гребня после костной пластики

Костная ткань альвеолярного гребня, полученная через 6 месяцев после реконструкции, состояние которой оценивалось во время подготовки ложа для

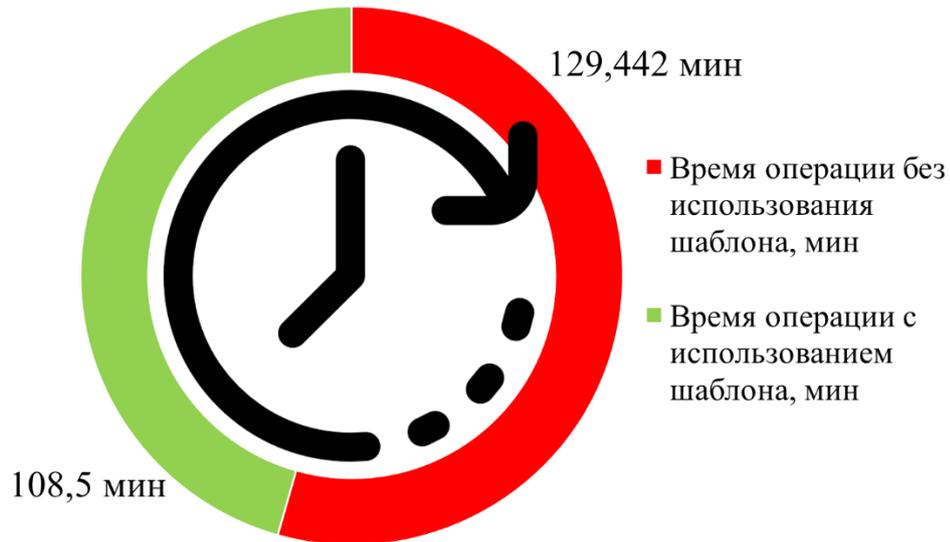
установки дентального имплантата, характеризовалась как кровотокающая плотная субстанция, что клинически доказывает хорошую васкуляризацию и качество сформированного регенерата (рисунок 64).



**Рисунок 64** – Внутриворотная фотография, окклюзионный вид, клиническая оценка состояния костной ткани в зоне реконструкции при подготовке ложа для имплантата

### **Оценка скорости выполнения операции костной пластики**

Для сравнения скорости проведения операции модифицированной двухэтапной сплит-техники с использованием разработанного индивидуального направляющего шаблона и без него проведено измерение времени операции от момента местной анестезии до завершения наложения последнего шва. Интраоперационное время, потраченное на выполнение операции расщепления альвеолярного гребня без применения шаблона, составило  $129,442 \pm 12,297$  мин, с использованием направляющего хирургического шаблона –  $108,5 \pm 10,475$  мин, что на  $16,179 \pm 3,237$  % меньше (рисунок 65). Выявлены статистически значимые различия в продолжительности операции между двумя данными группами ( $p \leq 0,05$ ). Это доказывает то, что использование хирургических направляющих шаблонов ускоряет проведение реконструкции альвеолярного гребня.



**Рисунок 65** – Сравнение показателей интраоперационного времени при проведении двухэтапного расщепления альвеолярного гребня с и без шаблона

Чем меньше время, потраченное на операцию, тем меньше костная ткань остаётся открытой, что снижает степень инфицирования раны, а, следовательно, сокращает риск развития воспалительных осложнений. Кроме того, при этом требуется меньшее количество местного анестетика с вазоконстриктором, что снижает ишемию тканей в реконструируемой области, а значит, усиливает их регенераторный потенциал.

### **Показатели раннего послеоперационного периода**

Для изучения течения послеоперационного периода после проведения модифицированной двухэтапной сплит-техники были проведены осмотры пациентов на 1-е, 3-и, 7-е и 14-е сутки после операции, на которых определялись: интенсивность боли по числовой рейтинговой шкале от 1 до 10, выраженность коллатерального отёка мягких тканей в баллах от 1 до 3, наличие гематомы, осложнений (нарушения чувствительности, расхождения швов, экспонирования зоны костной реконструкции, нагноения в реконструируемой области).

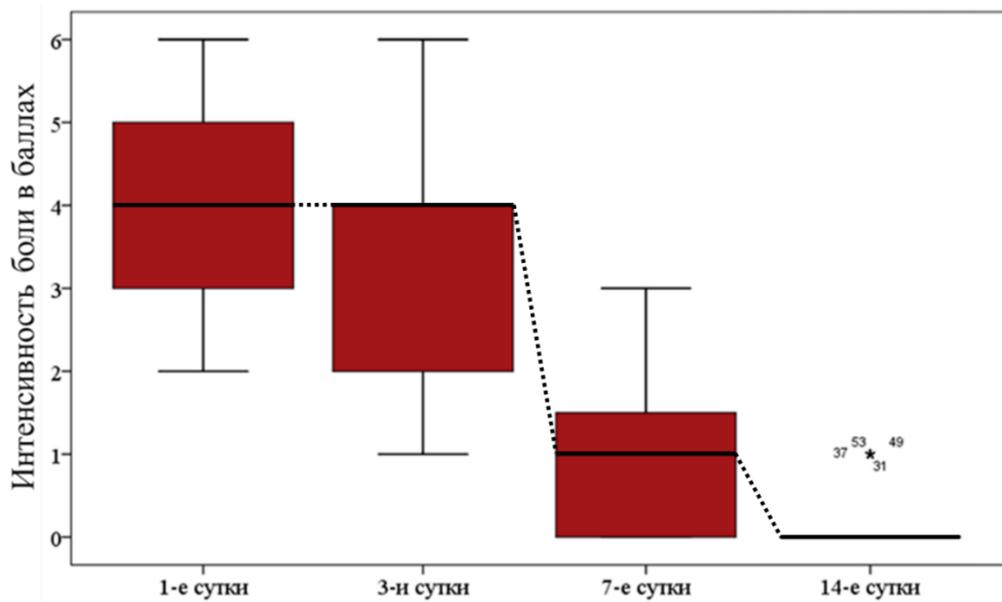
В первые дни после операции костной пластики пациенты предъявляли жалобы на боль разной интенсивности. У большинства пациентов определялась умеренная боль – 4 [3; 5] балла на первые сутки после реконструкции, которая

лишь незначительно уменьшалась к 3-м суткам – 4 [2; 4] балла, практически исчезала на 7-е сутки – 1 [0; 2] балл, и полностью проходила через 2 недели после вмешательства – 0 [0; 0] баллов (таблица 14, рисунок 66).

**Таблица 14** – Оценка интенсивности боли в раннем послеоперационном периоде

В баллах

Значение	1-е сутки	3-и сутки	7-е сутки	14-е сутки
Медиана (Me)	4	4	1	0
Нижний квартиль	3	2	0	0
Верхний квартиль	5	4	2	0
Минимум	2	1	0	0
Максимум	6	6	3	1



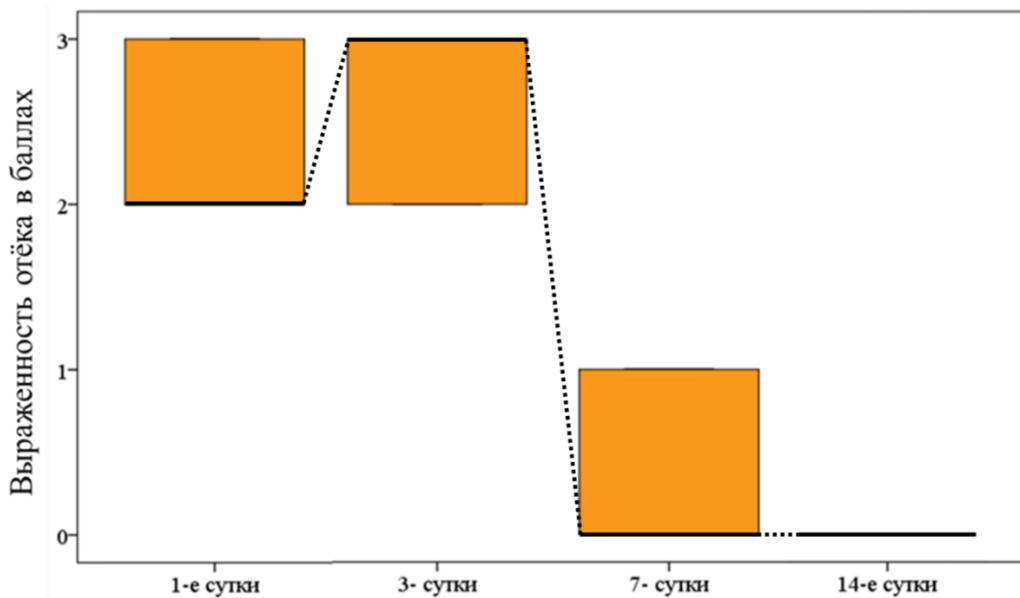
**Рисунок 66** – Интенсивность боли в баллах в раннем послеоперационном периоде

В 1-е сутки после костной аугментации у всех пациентов определялся коллатеральный отёк мягких тканей в щёчной, подчелюстной областях, который был достаточно выраженным – 2 [2; 3] балла. На 3-и сутки после операции отёк нарастал и был довольно сильным – 3 [2; 3] балла. На 7-е сутки отёк практически полностью спадал – 0 [0; 1] баллов, а через 2 недели и вовсе ни у кого не определялся (таблица 15, рисунок 67).

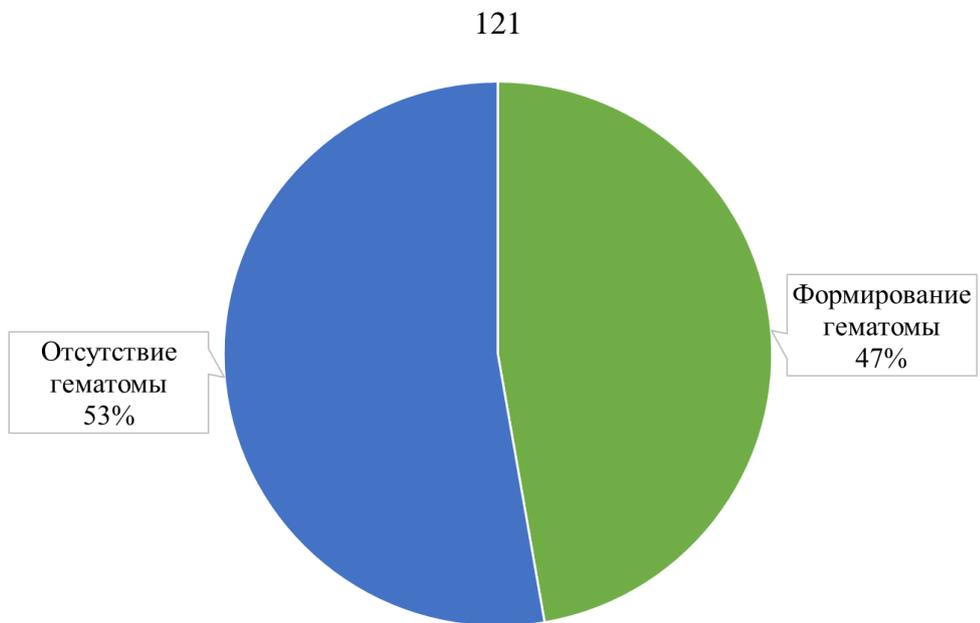
**Таблица 15** – Оценка выраженности отёка в раннем послеоперационном периоде

В баллах

Значение	1-е сутки	3-и сутки	7-е сутки	14-е сутки
Медиана (Ме)	2	3	0	0
Нижний квартиль	2	2	0	0
Верхний квартиль	3	3	1	0
Минимум	2	2	0	0
Максимум	3	3	1	0

**Рисунок 67** – Выраженность отёка в баллах в раннем послеоперационном периоде

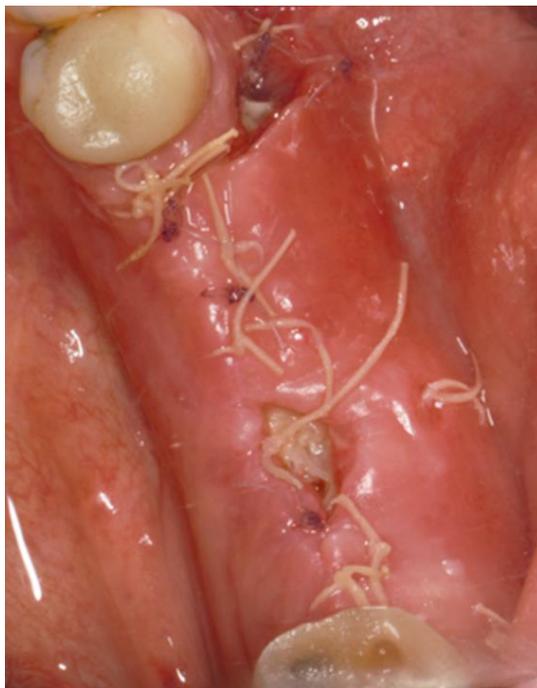
В 26 операций из 55 ( $47,273 \pm 6,732$  %) отмечалось формирование гематомы у пациентов (рисунок 68). В одном случае ( $1,818 \pm 1,802$  %) определялось осложнение – расхождение швов на 7-е сутки после операции костной пластики (рисунки 69, 70). Рана в данном случае заживала вторичным натяжением. Признаков инфицирования аугментата не отмечалось.



**Рисунок 68** – Частота развития гематомы после операции костной пластики



**Рисунок 69** – Частота развития осложнений после операции костной пластики



**Рисунок 70** – Расхождение швов на 7-е сутки после операции костной пластики

Таким образом, прирост ширины альвеолярного гребня, определяемый клинически с помощью пародонтального зонда и микрометра без учета слизистой оболочки, после отслойки слизисто-надкостничных лоскутов, в области вершины составил  $2,303 \pm 1,241$  мм ( $140,256 \pm 58,639$  %), на уровне 3 мм от пика гребня –  $2,678 \pm 1,313$  мм ( $80,882 \pm 21,611$  %). При этом во время операции имплантации определялась клинически зрелая и хорошо кровоснабжаемая костная ткань.

При оценке скорости проведения костной реконструкции альвеолярного гребня методом его расщепления выявлено, что использование цифрового направляющего шаблона ускоряет выполнение операции на  $16,179 \pm 3,237$  %, что может влиять на послеоперационное течение.

В результате анализа полученных данных раннего послеоперационного периода при проведении костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники выявлено, что пациенты отмечали болевые ощущения умеренной интенсивности, сильно выраженный отёк в первые трое суток с формированием гематомы в половине процентов случаев, которые уменьшались к 7-м суткам после операции. Осложнения определялись очень редко, лишь у одного пациента ( $1,818 \pm 1,802$  %). Всё это доказывает, что реконструкция

костной ткани методом расщепления альвеолярного гребня, которая проводится местно, в пределах одного операционного поля, является малотравматичной операцией, хорошо предсказуемой в раннем послеоперационном периоде.

### 3.2.2 Результаты радиологического метода исследования

#### Описание параметров беззубого альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти

При изучении параметров костной ткани в области 127 беззубых сегментов челюстей на основе КЛКТ-измерений, проведенных в ортопедически-ориентированном имплантозависимом направлении с помощью разработанного персонифицированного алгоритма, выявлено, что средняя ширина вершины альвеолярного гребня (W) составила  $1,557 \pm 0,503$  мм, на расстоянии 1 мм от пика (W1) –  $3,248 \pm 0,872$  мм, 3 мм (W2) –  $5,07 \pm 0,984$  мм, 5 мм (W3) –  $6,402 \pm 1,132$  мм (таблица 16). Средняя высота альвеолярного гребня от его вершины до верхней границы нижнечелюстного канала равна  $15,459 \pm 2,647$  мм. Параметры костной ткани в зависимости от принадлежности к беззубому участку при исходной ситуации и через 6 месяцев после реконструкции представлены в таблицах 16, 17.

Таблица 16 – Параметры альвеолярного гребня при исходной ситуации

В миллиметрах

Показатель	W (ширина вершины альвеолярного гребня)	W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины)	W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины)	W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины)	H (высота альвеолярно- го гребня)
Среднее значение (M ± Sd)	$1,557 \pm 0,503$	$3,248 \pm 0,872$	$5,07 \pm 0,984$	$6,402 \pm 1,132$	$15,459 \pm 2,647$
Минимум	0,5	1,0	2,4	3,4	10,0

## Продолжение таблицы 16

В миллиметрах

Показатель	W (ширина вершины альвеолярно- го гребня)	W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины)	W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины)	W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины)	H (высота альвеолярно- го гребня)
Максимум	2,6	5,3	6,9	8,3	21,4
Среднее значение в области первых премоляров	$1,208 \pm 0,306$	$2,758 \pm 0,712$	$4,108 \pm 0,785$	$5,408 \pm 1,108$	$16,242 \pm 2,654$
Среднее значение в области вторых премоляров	$1,67 \pm 0,622$	$3,382 \pm 0,894$	$4,636 \pm 0,909$	$5,758 \pm 0,94$	$16,091 \pm 2,876$
Среднее значение в области первых моляров	$1,543 \pm 0,504$	$3,089 \pm 0,875$	$5,043 \pm 0,835$	$6,389 \pm 0,906$	$15,528 \pm 2,339$
Среднее значение в области вторых моляров	$1,597 \pm 0,344$	$3,590 \pm 0,77$	$6,010 \pm 0,583$	$7,569 \pm 0,653$	$14,290 \pm 2,642$

Таблица 17 – Параметры альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики

В миллиметрах

Показатель	Ws (ширина вершины альвеолярно- го гребня)	W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины)	W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины)	W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины)	Hs (высота альвеолярно- го гребня)
Среднее значение (M ± Sd)	3,635 ± 1,497	5,365 ± 1,731	7,824 ± 1,304	9,325 ± 1,15	15,277 ± 2,815
Минимум	1,5	1,6	3,4	6,5	10,0
Максимум	6,5	8,6	11,1	12,4	21,9
Среднее значение в области первых премоляров	4,1 ± 1,773	5,25 ± 1,343	6,992 ± 1,289	8,375 ± 0,786	15,717 ± 3,543
Среднее значение в области вторых премоляров	3,779 ± 2,004	4,707 ± 2,056	7,688 ± 0,897	9,103 ± 0,774	15,888 ± 3,052
Среднее значение в области первых моляров	3,458 ± 1,309	5,459 ± 1,701	7,606 ± 1,430	9,079 ± 1,178	15,34 ± 2,488
Среднее значение в области вторых моляров	3,67 ± 1,257	5,897 ± 1,341	8,721 ± 1,018	10,421 ± 0,806	14,286 ± 2,655

При сравнении параметров альвеолярного гребня в зависимости от принадлежности к сегменту челюсти статистически значимые различия ( $p \leq 0,008$ ) выявлены только между показателями ширины костной ткани на уровнях 3 и 5 мм от вершины гребня в области второго моляра по сравнению с другими беззубыми участками.

### **Оценка изменений параметров альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики**

Для оценки горизонтального прироста костной ткани альвеолярного гребня после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники проведены парные сравнения средних показателей ширины до и через 6 месяцев после реконструкции, полученных с помощью разработанного персонифицированного алгоритма без конкретизации сегмента исследования (таблица 18). Выявлен прирост костной ткани в области вершины гребня ( $W_s - W$ ) в размере  $2,016 \pm 1,466$  мм ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 19, рисунок 71), что составило  $124,534 \pm 43,441$  %. При этом, сравнение происходило только в области 80 сегментов из 127, так как в 47 случаев отмечалась незначительная убыль высоты костной ткани, и данные в аналогичных точках сравнить не удалось.

**Таблица 18** – Показатели параметров альвеолярного гребня до и после костной пластики

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
W (ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики)	80	$1,619 \pm 0,452$
$W_s$ (ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики)	80	$3,635 \pm 1,497$
$W_1$ (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	115	$3,297 \pm 0,848$

## Продолжение таблицы 18

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	115	5,365 ± 1,731
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	127	5,07 ± 0,984
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	127	7,824 ± 1,304
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	127	6,402 ± 1,132
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	127	9,325 ± 1,15
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	127	15,459 ± 2,647
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	127	15,277 ± 2,815

Прирост горизонтальных параметров альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины (W1s – W1) в 115 из 127 изучаемых участков составил  $2,068 \pm 1,611$  мм ( $62,724 \pm 26,63$  %) (таблица 19, рисунок 71). Изучение изменений ширины гребня на уровнях 3 и 5 мм от его пика проводилось во всех 127 сегментах, так как не было выявлено случаев уменьшения высоты костной ткани после костной пластики более, чем на 3 мм. Положительная разница на уровне 3 мм (W2s – W2) составила  $2,754 \pm 1,1$  мм ( $54,32 \pm 22,123$  %), 5 мм (W3s – W3) –  $2,924 \pm 1,02$  мм ( $45,673 \pm 19,687$  %) (таблица 19, рисунок 71).

Таблица 19 – Парное сравнение изменений костной ткани до и после костной пластики

В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Ws – W (прирост ширины на уровне вершины гребня)	2,016 ± 1,466*	1,69	2,342	< 0,001
W1s – W1 (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	2,068 ± 1,611*	1,77	2,365	< 0,001
W2s – W2 (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	2,754 ± 1,1*	2,56	2,947	< 0,001
W3s – W3 (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	2,924 ± 1,02*	2,745	3,103	< 0,001
Hs – H (изменение высоты альвеолярного гребня)	-0,182 ± 0,715*	-0,308	-0,056	0,005
* p ≤ 0,05				

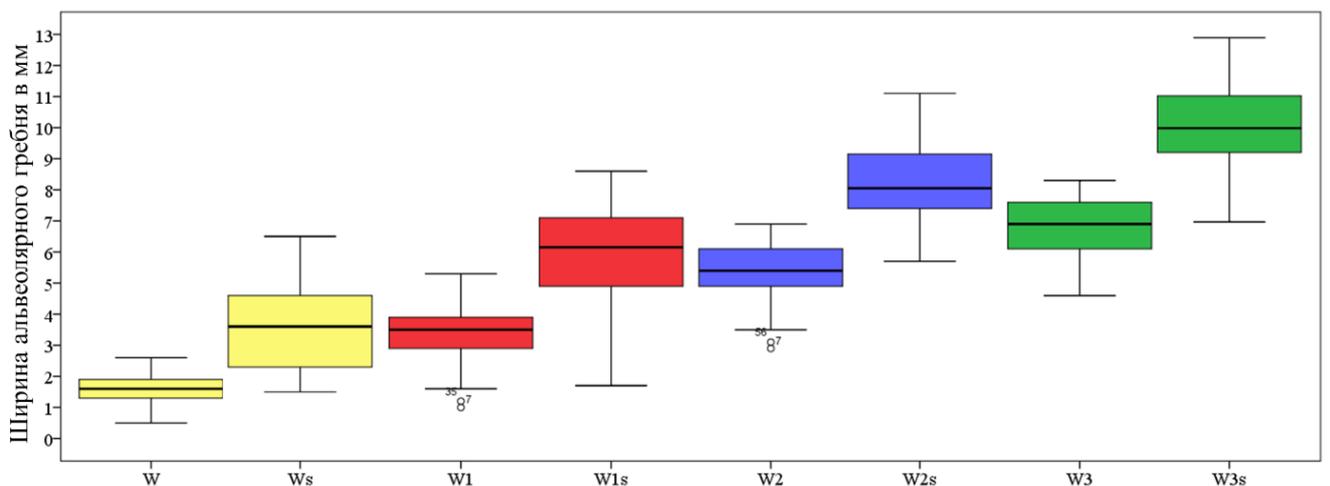
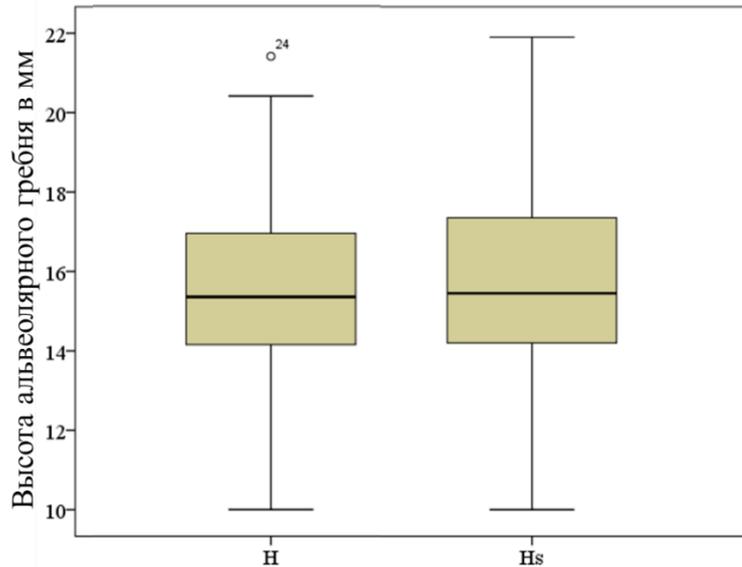


Рисунок 71 – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики на уровнях W, W1, W2 и W3

Наблюдается среднее уменьшение высоты альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики (Hs – H) на  $0,182 \pm 0,715$  мм ( $1,178 \pm 2,743$  %) (таблица 19, рисунок 72).



**Рисунок 72** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики

Сравнение показателей прироста костной ткани по ширине в зависимости от типа дефекта (включенный/ концевой, одиночный/ множественный) выявило статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ), демонстрирующие большее увеличение ширины костной ткани на уровнях 3 мм от вершины гребня (W2) и 5 мм от пика гребня (W3) при концевых дефектах, чем при включенных, а также при множественных, чем одиночных. Полученные данные определяют одно из показаний для метода модифицированной двухэтапной сплит-техники – множественные концевые дефекты нижней челюсти.

При сравнении показателей процентного увеличения ширины костной ткани на разных уровнях альвеолярного гребня выявлен статистически значимый ( $p \leq 0,008$ ) больший прирост кости в % в области его вершины (W) по сравнению со всеми остальными точками (W1, W2, W3). Наименьший процентный прирост наблюдался на уровне 5 мм от пика гребня (W3), но статистически значимых различий между группами W1, W2, W3 установлено не было ( $p > 0,008$ ).

Для выявления сегмента челюсти, в котором применение метода двухэтапного расщепления альвеолярного гребня было бы наиболее эффективным, проведено изучение изменений показателей альвеолярного гребня отдельно в каждой зоне: первый премоляр, второй премоляр, первый моляр, второй моляр.

При парном сравнении показателей ширины альвеолярного гребня до и через 6 месяцев после костной пластики в области **первых премоляров** (таблица 20) обнаружено среднее увеличение ширины альвеолярного гребня в области его вершины ( $W_s - W$ ) на  $2,74 \pm 2,04$  мм ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 21, рисунок 73), что составило  $201,471 \pm 122,605$  %. При этом, сравнение происходило только в области 5 сегментов из 12, так как в 7 участках установлена убыль высоты альвеолярного гребня.

**Таблица 20** – Показатели параметров альвеолярного гребня до и после костной пластики в области первых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
W (ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики)	5	$1,360 \pm 0,27$
$W_s$ (ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики)	5	$4,1 \pm 1,773$
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	8	$2,813 \pm 0,873$
$W_{1s}$ (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	8	$5,25 \pm 1,343$
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	12	$4,108 \pm 0,785$

Продолжение **таблицы 20**

В миллиметрах

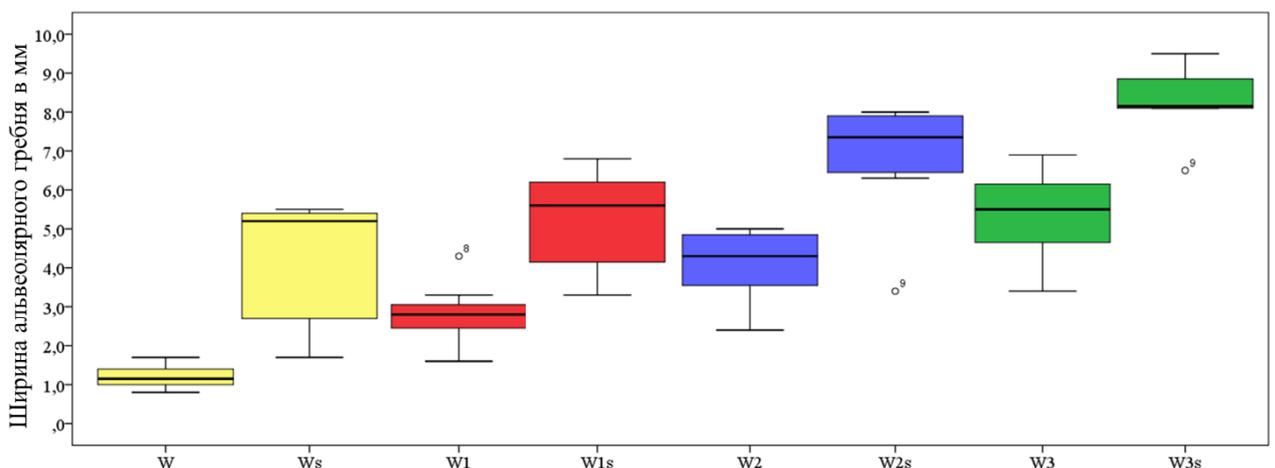
Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	12	6,992 ± 1,289
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	12	5,408 ± 1,108
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	12	8,375 ± 0,786
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	12	16,242 ± 2,654
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	12	15,717 ± 3,543

Прирост ширины костной ткани на уровне 1 мм от пика гребня (W1s – W1) в 8 из 12 исследуемых фрагментов в области первых премоляров составил  $2,438 \pm 1,734$  мм ( $86,669 \pm 20,266$  %) (таблица 21, рисунок 73). Изучение изменений показателя ширины альвеолярного гребня на уровнях 3 и 5 мм от его вершины в области первых премоляров проводилось во всех 12 участках, так как не было выявлено случаев уменьшения вертикального параметра после костной реконструкции более, чем на 3 мм. Увеличение ширины на уровне 3 мм (W2s – W2) составило  $2,883 \pm 1,13$  мм ( $70,18 \pm 22,57$  %), 5 мм (W3s – W3) –  $2,967 \pm 1,243$  мм ( $54,863 \pm 21,399$  %) (таблица 21, рисунок 73).

**Таблица 21** – Парное сравнение изменений костной ткани до и после костной пластики в области первых премоляров

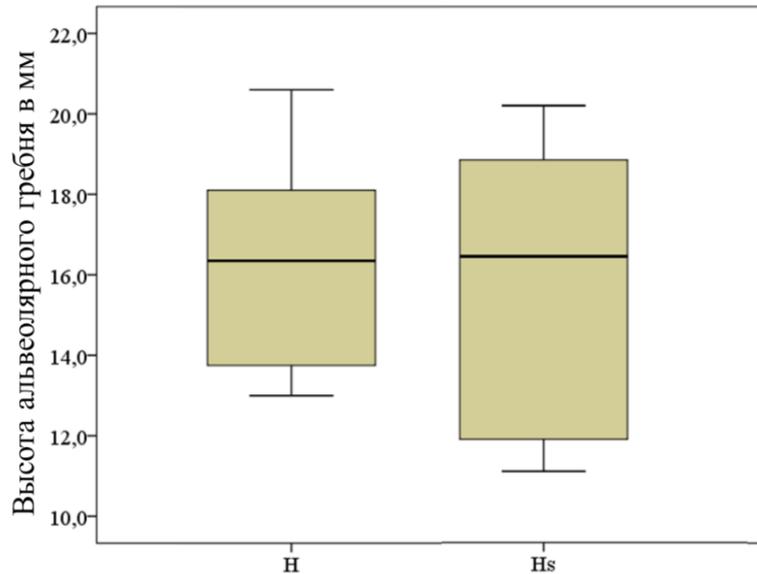
В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Ws – W (прирост ширины на уровне вершины гребня)	2,74 ± 2,04*	0,207	5,273	0,04
W1s – W1 (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	2,438 ± 1,734*	0,988	3,887	0,005
W2s – W2 (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	2,883 ± 1,13*	2,165	3,602	< 0,001
W3s – W3 (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	2,967 ± 1,243*	2,177	3,757	< 0,001
Hs – H (изменение высоты альвеолярного гребня)	-0,525 ± 1,204	-1,29	0,24	0,159
* p ≤ 0,05				



**Рисунок 73** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики на уровнях W, W1, W2 и W3 в области первых премоляров

В 4 сегментах в области первых премоляров через 6 месяцев после костной реконструкции наблюдался прирост высоты альвеолярного гребня, в 7 участках выявлена её убыль, в одном фрагменте вертикальный параметр не изменился. Средний показатель изменений высоты альвеолярного гребня ( $H_s - H$ ) в области первых премоляров составил  $-0,525 \pm 1,204$  мм ( $-3,232 \pm 4,388$  %) (таблица 21, рисунок 74), что не является статистически значимым различием.



**Рисунок 74** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области первых премоляров

При парном сравнении параметров ширины альвеолярного гребня до и через 6 месяцев после аугментации костной ткани в области **вторых премоляров** (таблица 22) установлен средний прирост костной ткани в области вершины альвеолярного гребня ( $W_s - W$ ) на  $1,99 \pm 1,825$  мм ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 23, рисунок 75), что составило  $111,235 \pm 26,431$  %. При этом, сравнение происходило только в области 19 участков из 33, так как в 14 сегментах установлена редукция высоты костной ткани.

**Таблица 22** – Показатели параметров альвеолярного гребня до и после костной пластики в области вторых премоляров

В миллиметрах

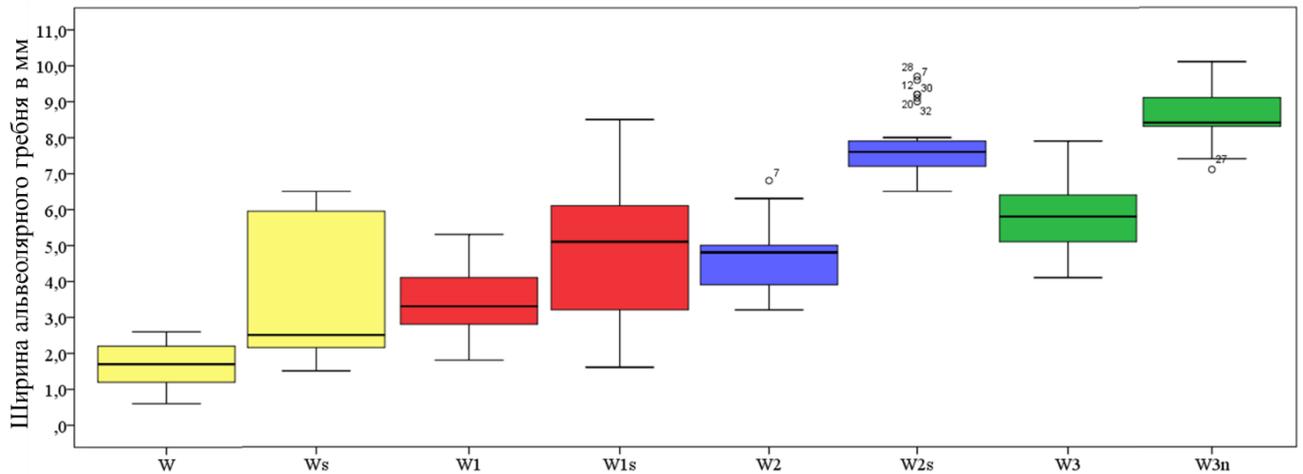
Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W (ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики)	19	1,789 ± 0,53
Ws (ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики)	19	3,779 ± 2,004
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	29	3,397 ± 0,906
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	29	4,707 ± 2,056
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	33	4,636 ± 0,909
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	33	7,688 ± 0,897
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	33	5,758 ± 0,94
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	33	9,103 ± 0,774
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	33	16,091 ± 2,876
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	33	15,888 ± 3,052

Увеличение ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины ( $W1s - W1$ ) в 29 из 33 исследуемых фрагментов в области вторых премоляров составило  $1,31 \pm 1,772$  мм ( $38,563 \pm 26,409$  %) (таблица 23, рисунок 75). Оценка изменений показателя ширины альвеолярного гребня на уровнях 3 и 5 мм от его вершины в области вторых премоляров проводилось во всех 33 сегментах, так как не было выявлено случаев уменьшения высоты костной ткани после её аугментации более, чем на 3 мм. Прирост ширины на уровне 3 мм ( $W2s - W2$ ) составил  $3,052 \pm 0,95$  мм ( $65,832 \pm 22,027$  %), 5 мм ( $W3s - W3$ ) –  $3,346 \pm 0,981$  мм ( $58,11 \pm 20,561$  %) (таблица 23, рисунок 75).

**Таблица 23** – Парное сравнение изменений костной ткани до и после костной пластики в области вторых премоляров

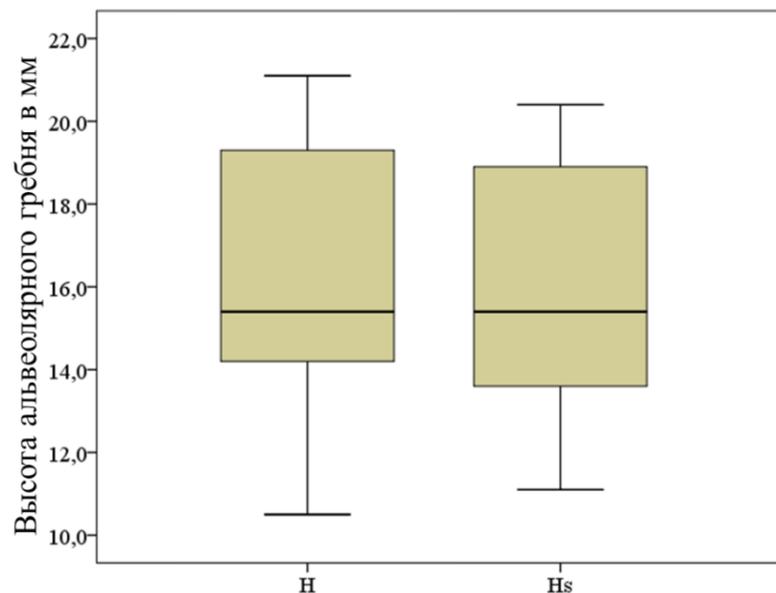
В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность ( $M \pm Sd$ )	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
$Ws - W$ (прирост ширины на уровне вершины гребня)	$1,990 \pm 1,825^*$	1,11	2,869	< 0,001
$W1s - W1$ (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	$1,310 \pm 1,772^*$	0,636	1,984	< 0,001
$W2s - W2$ (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	$3,052 \pm 0,95^*$	2,715	3,388	< 0,001
$W3s - W3$ (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	$3,346 \pm 0,981^*$	2,998	3,694	< 0,001
$Hs - H$ (изменение высоты альвеолярного гребня)	$-0,203 \pm 0,808$	-0,49	0,084	0,159
* $p \leq 0,05$				



**Рисунок 75** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики на уровнях W, W1, W2 и W3 в области вторых премоляров

Обнаружена незначительное среднее уменьшение параметра высоты альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики ( $H_s - H$ ) в области вторых премоляров на  $0,203 \pm 0,808$  мм ( $1,261 \pm 2,782$  %) (таблица 23, рисунок 76), что не является статистически значимым различием. В 10 сегментах в области вторых премоляров наблюдался незначительный прирост костной ткани по высоте, в 15 участках – убыль, в 8 случаях вертикальный параметр гребня не изменился.



**Рисунок 76** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области вторых премоляров

При парном сравнении параметров альвеолярного гребня до и через 6 месяцев после реконструкции (таблица 24) в области **первых моляров** выявлен прирост костной ткани в области вершины гребня ( $W_s - W$ ) в размере  $1,927 \pm 1,383$  мм ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 25, рисунок 77), что составило  $125,948 \pm 46,217$  %. При этом, сравнение происходило только в области 33 сегментов из 53, так как в 20 случаях отмечалась незначительная убыль высоты костной ткани.

**Таблица 24** – Показатели ширины и высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области первых моляров

В миллиметрах

Показатель	N	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
W (ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики)	33	$1,530 \pm 0,479$
$W_s$ (ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики)	33	$3,458 \pm 1,309$
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	49	$3,145 \pm 0,806$
$W_{1s}$ (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	49	$5,459 \pm 1,701$
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	53	$5,043 \pm 0,835$
$W_{2s}$ (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	53	$7,606 \pm 1,43$
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	53	$6,389 \pm 0,906$

## Продолжение таблицы 24

В миллиметрах

Показатель	N	Среднее значение (M ± Sd)
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	53	9,079 ± 1,178
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	53	15,528 ± 2,339
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	53	15,34 ± 2,488

Увеличение ширины гребня в области первых моляров на уровне 1 мм от вершины в 49 из 53 фрагментов (W1s – W1) составило  $2,314 \pm 1,564$  мм ( $p \leq 0,05$ ) ( $73,587 \pm 24,86$  %); в позиции 3 мм от пика гребня в 53 участках (W2s – W2) –  $2,562 \pm 1,24$  мм ( $p \leq 0,05$ ) ( $50,809 \pm 22,262$  %); 5 мм в 53 сегментах (W3s – W3) –  $2,691 \pm 1,079$  мм ( $p \leq 0,05$ ) ( $42,119 \pm 19,534$  %) (таблица 25, рисунок 77).

**Таблица 25** – Парное сравнение изменений костной ткани до и после костной пластики в области первых моляров

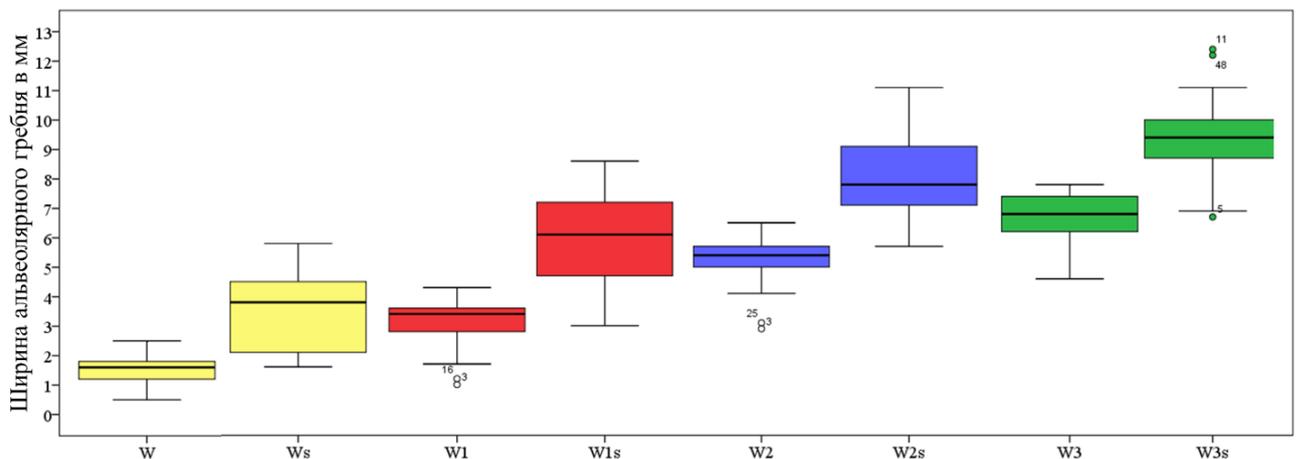
В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Ws – W (прирост ширины на уровне вершины гребня)	$1,927 \pm 1,383^*$	1,437	2,418	< 0,001
W1s – W1 (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	$2,314 \pm 1,564^*$	1,865	2,764	< 0,001

Продолжение таблицы 25

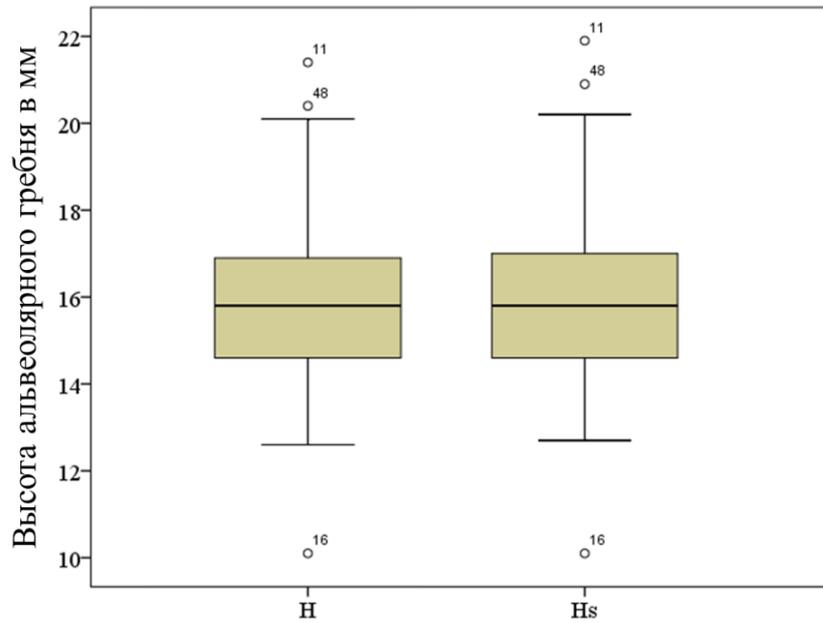
В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2 (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	2,562 ± 1,24*	2,221	2,904	< 0,001
W3s – W3 (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	2,691 ± 1,079*	2,393	2,988	< 0,001
Нs – Н (изменение высоты альвеолярного гребня)	-0,189 ± 0,632*	-0,363	-0,015	0,034
* p ≤ 0,05				



**Рисунок 77** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики на уровнях W, W1, W2 и W3 в области первых моляров

После проведения костной пластики в области первых моляров в 16 из 53 изучаемых сегментах высота альвеолярного гребня не изменилась, в 17 участках произошел прирост костной ткани по вертикали, в 20 – незначительная убыль. Среднее значение изменений показателя Н (Нs – Н) составило  $-0,189 \pm 0,632$  мм ( $p \leq 0,05$ ) ( $-1,217 \pm 2,783$  %) (таблица 25, рисунок 78).



**Рисунок 78** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области первых моляров

При парном сравнении параметров альвеолярного гребня до и через 6 месяцев после реконструкции (таблица 26) в области **вторых моляров** выявлен прирост костной ткани в области вершины гребня ( $W_s - W$ ) в размере  $2,009 \pm 1,149$  мм ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 27, рисунок 79), что составило  $120,951 \pm 39,059$  %. При этом, сравнение происходило только в области 23 сегментов из 29, так как в 6 случаях отмечалась незначительная убыль высоты костной ткани.

**Таблица 26** – Показатели ширины и высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области вторых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
W (ширина вершины альвеолярного гребня до костной пластики)	23	$1,661 \pm 0,319$
$W_s$ (ширина вершины альвеолярного гребня после костной пластики)	23	$3,67 \pm 1,257$

Продолжение таблицы 26

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	29	$3,59 \pm 0,77$
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	29	$5,897 \pm 1,341$
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	29	$6,01 \pm 0,583$
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	29	$8,721 \pm 1,018$
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	29	$7,569 \pm 0,653$
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	29	$10,421 \pm 0,806$
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	29	$14,29 \pm 2,642$
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	29	$14,286 \pm 2,655$

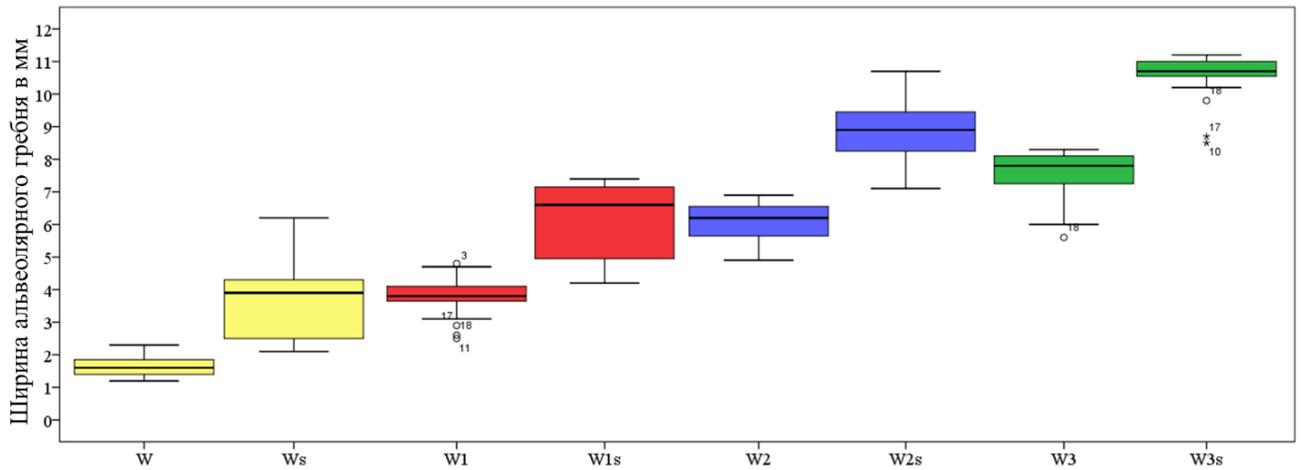
Определение прироста ширины гребня в области вторых моляров на остальных уровнях – 1, 3 и 5 мм от вершины, проводилось во всех 29 сегментах, так не было выявлено уменьшения высоты костной ткани более, чем на 1 мм. Увеличение на уровне 1 мм ( $W1s - W1$ ) составило  $2,307 \pm 1,298$  мм ( $p \leq 0,05$ ) ( $64,262 \pm 25,293$  %); в позиции 3 мм ( $W2s - W2$ ) –  $2,71 \pm 0,933$  мм ( $p \leq 0,05$ )

(45,092 ± 20,297 %); 5 мм (W3s – W3) – 2,852 ± 0,701 мм ( $p \leq 0,05$ ) (37,68 ± 17,614 %) (таблица 27, рисунок 79).

**Таблица 27** – Парное сравнение изменений костной ткани до и после костной пластики в области вторых моляров

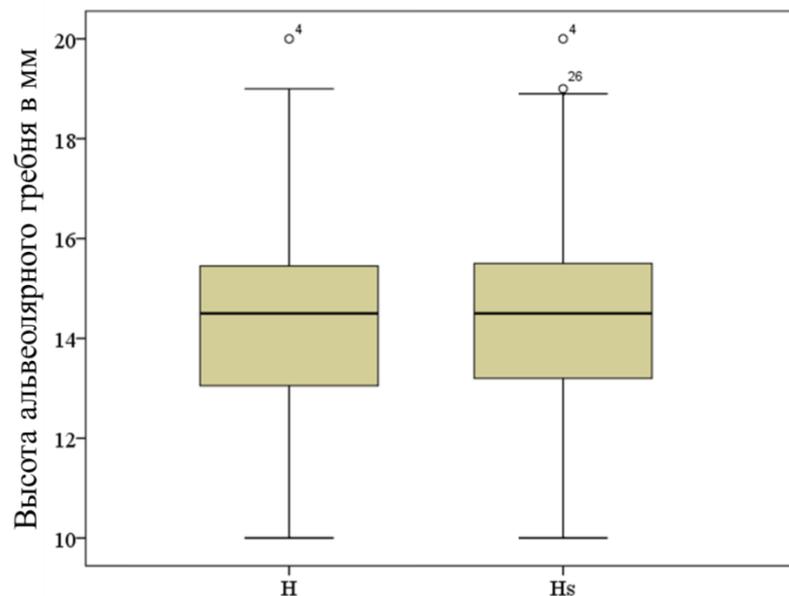
В миллиметрах

Пара	Парное сравнение			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Ws – W (прирост ширины на уровне вершины гребня)	2,009 ± 1,149*	1,512	2,505	< 0,001
W1s – W1 (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	2,307 ± 1,298*	1,813	2,8	< 0,001
W2s – W2 (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	2,71 ± 0,933*	2,355	3,065	< 0,001
W3s – W3 (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	2,852 ± 0,701*	2,585	3,119	< 0,001
Hs – H (изменение высоты альвеолярного гребня)	-0,003 ± 0,4	-0,156	0,149	0,963
* $p \leq 0,05$				



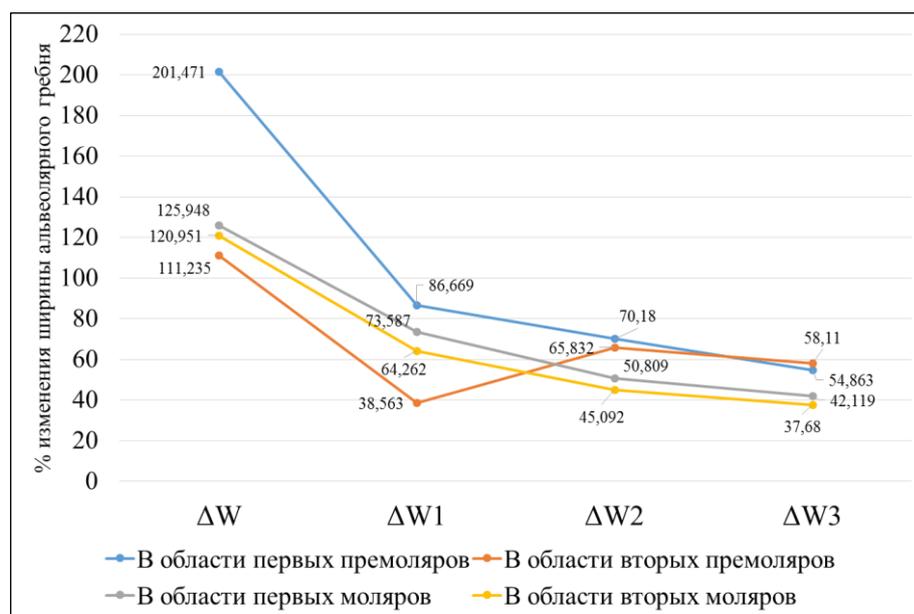
**Рисунок 79** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня до и после костной пластики на уровнях W, W1, W2 и W3 в области вторых моляров

После проведения костной пластики в области вторых моляров в 13 из 29 изучаемых сегментах высота альвеолярного гребня не изменилась, в 10 участках произошел прирост костной ткани по вертикали, в 6 – незначительная убыль. Среднее значение изменений показателя Н ( $H_s - H$ ) составило  $-0,003 \pm 0,4$  мм ( $-0,024 \pm 0,408$  %) (таблица 27, рисунок 80), что не является статистически значимым различием.



**Рисунок 80** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня до и после костной пластики в области вторых моляров

Проведение однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) показало отсутствие статистически значимых различий в приросте костной ткани после выполнения реконструкции методом двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня между группами по изучаемому сегменту: первый премоляр, второй премоляр, первый моляр, второй моляр ( $p > 0,008$ ). При этом при построении графиков процентного прироста ширины альвеолярного гребня в точках W, W1, W2, W3 в зависимости от сегмента изучения выявлены более стабильные и равномерные результаты в области моляров нижней челюсти (рисунок 81). Стоит также отметить, что в области премоляров происходит бóльшая потеря высоты альвеолярного гребня после проведения костной пластики, что делает невозможным проведение измерений в некоторых точках, чаще всего в области W и W1. Зачастую это может быть связано с тем, что вершина альвеолярного гребня в области премоляров в некоторых случаях представлена преимущественно кортикальной костной тканью с невыраженным губчатым слоем. Как известно, трабекулярная кость является хорошо кровоснабжаемой и имеет большой регенераторный потенциал, чем компактное вещество [181]. В связи с этим, при расщеплении кортикальной костной ткани вследствие дефицита кровоснабжения может происходить её убыль.



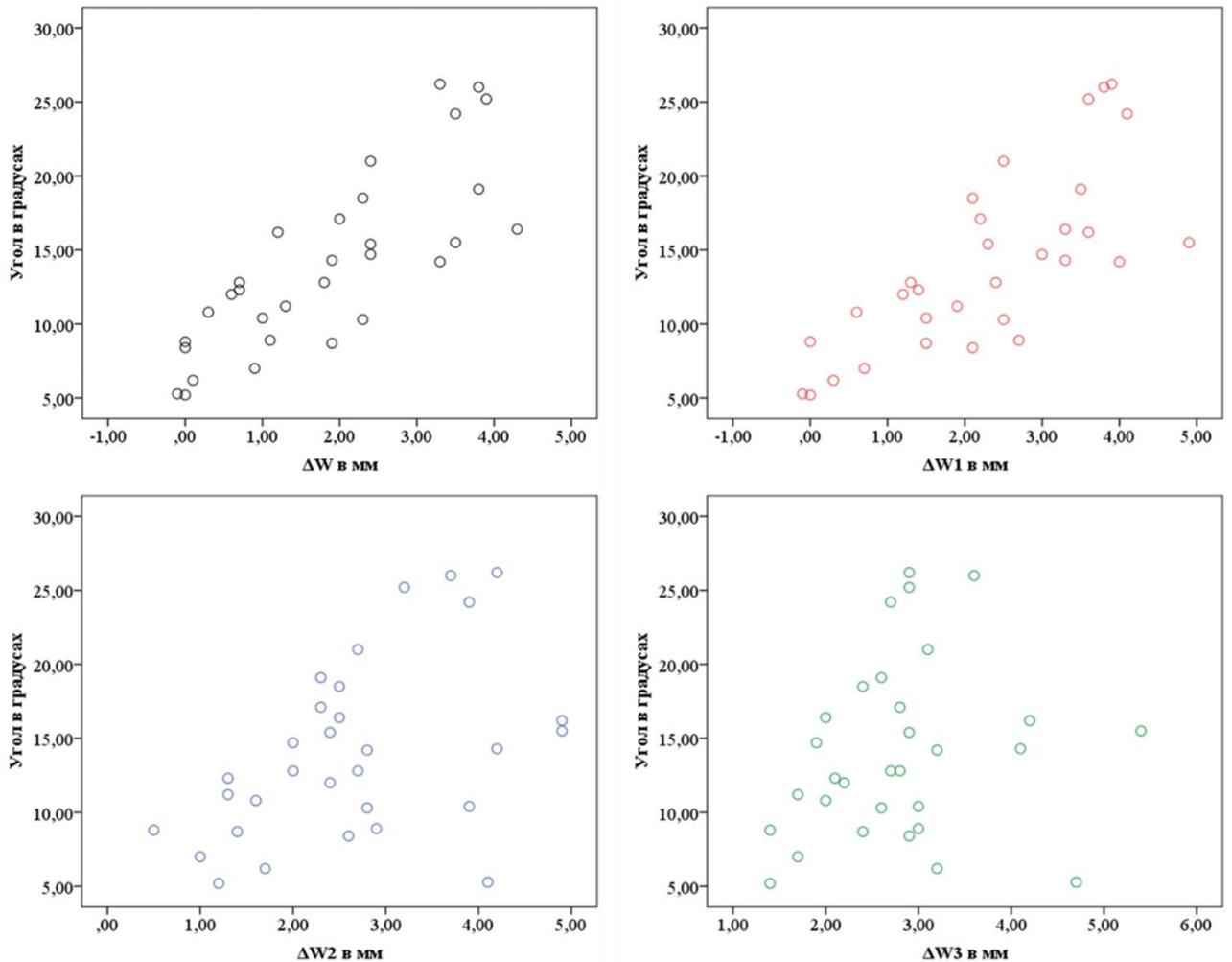
**Рисунок 81** – График процентного прироста ширины альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики

При анализе результатов прироста костной ткани была выявлена тенденция, что чем больше угол наклона альвеолярного гребня в язычную сторону, что наиболее часто встречается в области моляров, тем на большую величину увеличивается ширина альвеолярного гребня после костной пластики методом сплит-техники. Для доказательства данного утверждения был проведен корреляционный анализ, представленный ниже.

### **Зависимость прироста костной ткани по ширине от угла наклона альвеолярного гребня**

Для определения зависимости горизонтального прироста костной ткани от угла наклона альвеолярного гребня ( $A$ ) применен коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ). Для данного исследования проведено измерение угла между направлением альвеолярного гребня и вертикальной осью, отражающей позицию имплантата, в 31 сегменте челюстей. Коэффициент корреляции между углом наклона альвеолярного гребня и горизонтальным приростом костной ткани рассчитан для каждого уровня измерений ширины: вершины гребня, на расстоянии 1 мм от неё, 3 мм от пика гребня и 5 мм. Для учета редукции вертикального параметра альвеолярного гребня при невозможности проведения измерений в точках  $W$ ,  $W1$ , а иногда и  $W2$  вследствие убыли высоты костной ткани показатель прироста ширины устанавливался равным 0.

Обнаружена сильная положительная связь между углом наклона альвеолярного гребня и приростом ширины костной ткани в области его вершины ( $\Delta W$ ),  $r = 0,806$ ,  $p \leq 0,05$ , и на расстоянии 1 мм от его пика ( $\Delta W1$ ),  $r = 0,753$ ,  $p \leq 0,05$  (рисунок 82). Выявлена слабая корреляция между углом наклона альвеолярного гребня и увеличением костной ткани по горизонтали на уровне 3 мм ( $\Delta W2$ ),  $r = 0,468$ ,  $p \leq 0,05$  (рисунок 82). Статистически значимой связи между углом наклона альвеолярного гребня и приростом костной ткани по ширине на расстоянии 5 мм от его вершины ( $\Delta W3$ ) не установлено,  $r = 0,193$ ,  $p > 0,05$  (рисунок 82).



**Рисунок 82** – Диаграммы рассеяния корреляционной связи между углом наклона альвеолярного гребня и приростом ширины в области его вершины ( $\Delta W$ ), на уровнях 1 ( $\Delta W1$ ), 3 ( $\Delta W2$ ) и 5 мм ( $\Delta W3$ ) от неё

Данный факт можно объяснить тем, что при большем угле наклона альвеолярного гребня его расщепление приводит к восстановлению генетически детерминированной геометрии альвеолярной части. С другой стороны, при меньшем угле, то есть форме гребня на поперечном срезе, приближенной к овалу, костная пластика методом расщепления, изменяя данную геометрию, заканчивается тем, что границы гребня возвращаются к изначальной форме за счёт убыли высоты или меньшего прироста ширины костной ткани.

Выявлено, что при угле наклона альвеолярного гребня более  $15^\circ$  средний прирост ширины альвеолярного гребня в области его вершины ( $\Delta W$ ) составил  $2,858 \pm 0,798$  мм, на уровне 1 мм от пика гребня ( $\Delta W1$ ) –  $2,983 \pm 0,594$  мм, 3 мм

( $\Delta W_2$ ) –  $2,975 \pm 0,608$  мм, 5 мм ( $\Delta W_3$ ) –  $2,992 \pm 0,636$  мм, что значительно больше, чем при угле наклона менее  $15^\circ$  (таблица 28).

**Таблица 28** – Показатели прироста ширины костной ткани после костной пластики в зависимости от угла наклона альвеолярного гребня

В миллиметрах

Показатель	Угол наклона альвеолярного гребня	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
$\Delta W$ (прирост ширины на уровне вершины гребня)	Менее $15^\circ$	$1,068 \pm 0,968$
	Более $15^\circ$	$2,858 \pm 0,798$
$\Delta W_1$ (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	Менее $15^\circ$	$1,6 \pm 1,181$
	Более $15^\circ$	$2,983 \pm 0,594$
$\Delta W_2$ (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	Менее $15^\circ$	$2,321 \pm 0,96$
	Более $15^\circ$	$2,975 \pm 0,608$
$\Delta W_3$ (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	Менее $15^\circ$	$2,642 \pm 0,813$
	Более $15^\circ$	$2,992 \pm 0,636$

При сравнении средних показателей увеличения ширины костной ткани при угле наклона альвеолярного гребня более и менее  $15^\circ$  выявлены статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) на уровнях W, W1, W2.

Для прогнозирования значений прироста костной ткани по ширине после проведения костной пластики в зависимости от угла наклона резидуального альвеолярного гребня (А) был проведен линейный регрессионный анализ с определением коэффициента детерминации (R-квадрат) и расчетом регрессионных коэффициентов а и b (таблица 29).

**Таблица 29** – Регрессионный анализ для расчета прогнозируемого прироста ширины альвеолярного гребня после костной пластики в зависимости от угла наклона альвеолярного гребня

Показатель	Коэффициент регрессии «а»	Коэффициент регрессии «b»	Коэффициент корреляции Пирсона (r)	Коэффициент детерминации (R-квадрат)
$\Delta W$ (прирост ширины на уровне вершины гребня)	-0,745	0,183	0,806*	0,649*
$\Delta W1$ (прирост ширины на уровне 1 мм от вершины)	-0,144	0,171	0,753*	0,567*
$\Delta W2$ (прирост ширины на уровне 3 мм от вершины)	1,381	0,09	0,468*	0,219*
$\Delta W3$ (прирост ширины на уровне 5 мм от вершины)	2,377	0,029	0,193	0,037
* $p \leq 0,05$				

На основании регрессионного анализа выведены уравнения для определения прогнозируемого увеличения ширины альвеолярного гребня на всех уровнях измерений: вершины гребня ( $\Delta W$ ), на расстоянии 1 мм от неё ( $\Delta W1$ ), 3 мм от пика гребня ( $\Delta W2$ ) и 5 мм ( $\Delta W3$ ) в зависимости от угла наклона альвеолярного гребня (A):

$$\Delta W = 0,183 \cdot A - 0,745$$

$$\Delta W1 = 0,171 \cdot A - 0,144$$

$$\Delta W2 = 0,09 \cdot A + 1,381$$

$$\Delta W3 = 0,029 \cdot A + 2,377$$

В связи с тем, что коэффициент детерминации  $\geq 0,5$  в регрессионных моделях для определения  $\Delta W$  и  $\Delta W1$ , только использование первых двух уравнений можно считать приемлемым для расчета прогнозируемого прироста

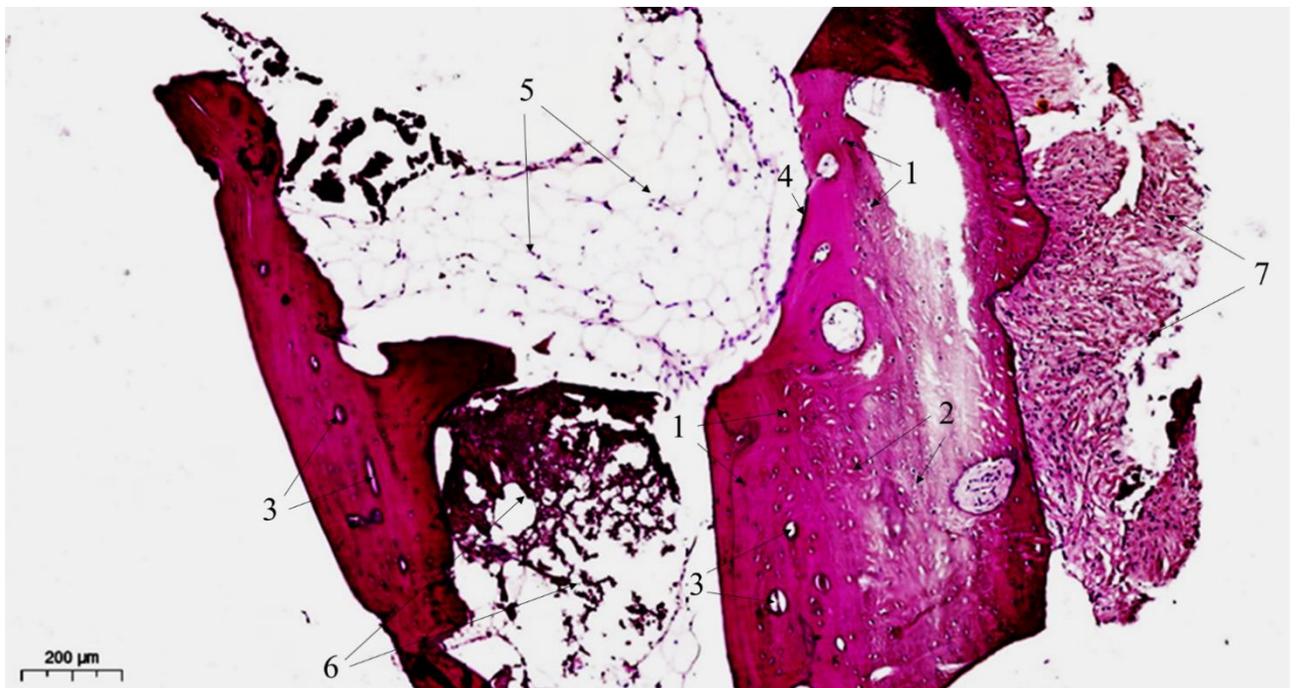
ширины альвеолярного гребня после проведения костной пластики в зависимости от угла наклона альвеолярного гребня. Так, например, при угле наклона альвеолярного гребня (А), равном 18°, прогнозируемое увеличение ширины альвеолярного гребня на уровне его вершины ( $\Delta W$ ) произойдет на величину 2,549 мм ( $0,183 \cdot 18 - 0,745$ ), на уровне 1 мм от пика гребня ( $\Delta W1$ ) – на 2,934 мм ( $0,171 \cdot 18 - 0,144$ ).

Таким образом, чем более выражен угол наклона альвеолярного гребня в язычную сторону, тем большие показатели прироста костной ткани по ширине в его верхней части были выявлены при использовании метода модифицированной двухэтапной сплит-техники. Наиболее значимые различия выявлены при угле более 15°. Из данного утверждения можно сделать вывод, что одним из показаний для двухэтапного расщепления является наклон альвеолярного гребня в лингвальную сторону, что очень часто встречается в области моляров нижней челюсти. Кроме того, используя формулы « $\Delta W = 0,183 \cdot A - 0,745$ » и « $\Delta W1 = 0,071 \cdot A - 0,144$ », можно прогнозировать, насколько произойдет увеличение ширины альвеолярного гребня на уровне его вершины ( $\Delta W$ ) и на уровне 1 мм от неё ( $\Delta W1$ ) после проведения костной пластики изучаемым методом.

### **3.2.3 Результаты гистоморфометрического метода исследования**

Для определения структуры регенерата, определения качества костной ткани, получаемой после проведения операции двухэтапной сплит-техники расширения альвеолярного гребня, проводился забор образцов костной ткани через 6 месяцев после реконструкции на этапе подготовки ложа для имплантата. Всего получено и исследовано 37 препаратов. Кроме того, изучены ещё 37 образцов костной ткани беззубого альвеолярного гребня у пациентов, у которых не предшествовала какая-либо костная пластика, которые составили контрольную группу.

В препаратах из области беззубого атрофированного альвеолярного гребня без проведения предварительных костнопластических операций (группа контроля) определялись зоны компактного строения с равномерно минерализованным матриксом, параллельным расположением коллагеновых волокон, упорядоченным расположением лакун, небольшим количеством остеоцитов, наблюдались Гаверсовы каналы (рисунок 83). Также в препаратах отмечался фокус костной ткани с разволокнением матрикса, скученным расположением остеоцитов, тонким ободком маленьких, вытянутых остеобластов с эозинофильной цитоплазмой и единичным базофильным ядром. В межтрабекулярном пространстве прослеживались участки жирового костного мозга и бесклеточные слабо эозинофильные участки. По периферии часть костных столбиков была покрыта фиброзной тканью. Бесклеточные слабо эозинофильные участки были расценены как искусственные изменения, возникающие либо при взятии материала, либо при изготовлении гистологического препарата. Далее все аналогичные зоны в материале группы изучения были расценены как искусственные изменения.



**Рисунок 83** – Фрагмент костного столбика из зоны беззубого атрофированного альвеолярного гребня до проведения костной пластики (группа контроля). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – остеоциты; 2 – пустые лакуны; 3 – Гаверсовы каналы; 4 – остеобласты; 5 – костный мозг; 6 – искусственные изменения; 7 – фиброзная ткань

При гистологическом исследовании костных трепанобиоптатов изучаемой группы через 6 месяцев после проведения костной пластики методом двухэтапной модифицированной сплит-техники было выявлено, что костная ткань имела компактную и губчатую структуры, в межтрабекулярном пространстве наблюдались элементы костного мозга и небольшое количество обильно васкуляризированной фиброзной ткани.

Компактная кость имела ламеллярное строение с наличием Гаверсовых каналов, вокруг которых концентрически располагались коллагеновые волокна. Лакуны распределялись равномерно и содержали остециты с базофильными ядрами округлой или вытянутой формы.

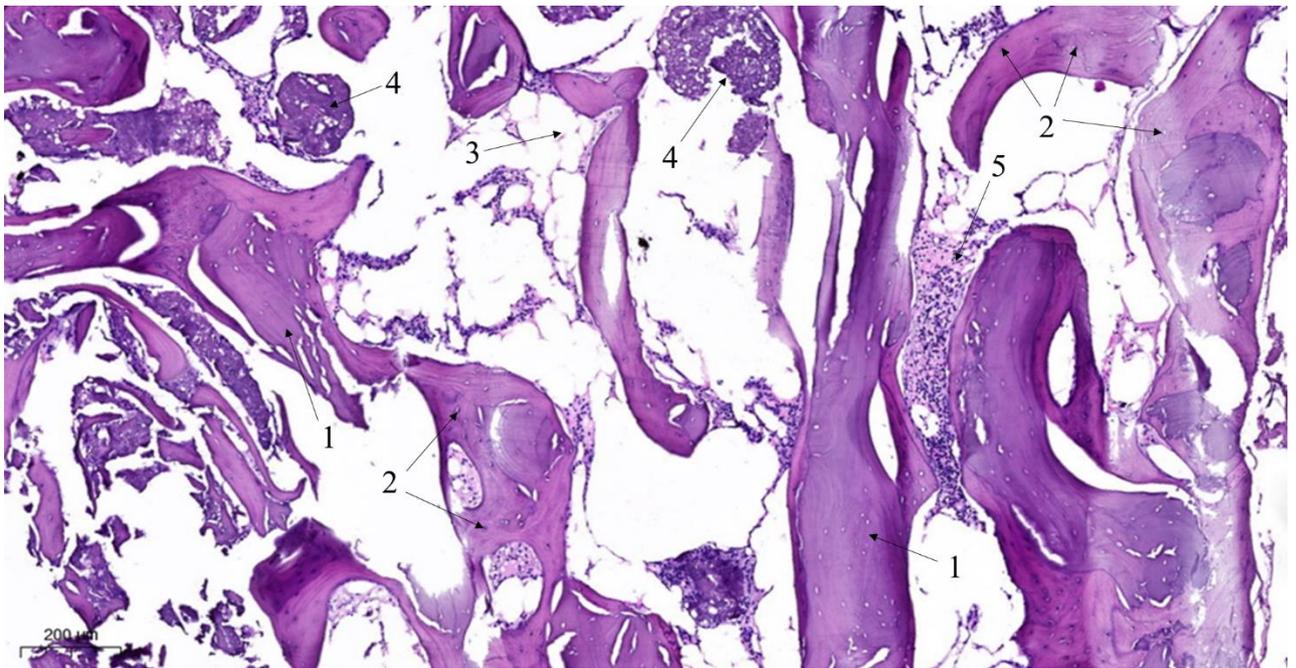
Губчатое вещество было представлено пластинчатой костной тканью с параллельным расположением коллагеновых волокон и небольшим количеством остецитов. Балки включали в себя фрагменты экзогенного наполнителя – остеопластического материала. В межтрабекулярном пространстве прослеживались участки жирового и кроветворного костного мозга.

Также в препарате наблюдались участки костной ткани незрелого строения с неравномерным распределением лакун с зонами скучивания, с увеличенным количеством остецитов с укрупненными ядрами. По периферии этих участков наблюдался тонкий ободок остеобластов, в единичных полях зрения определялись остеокласты.

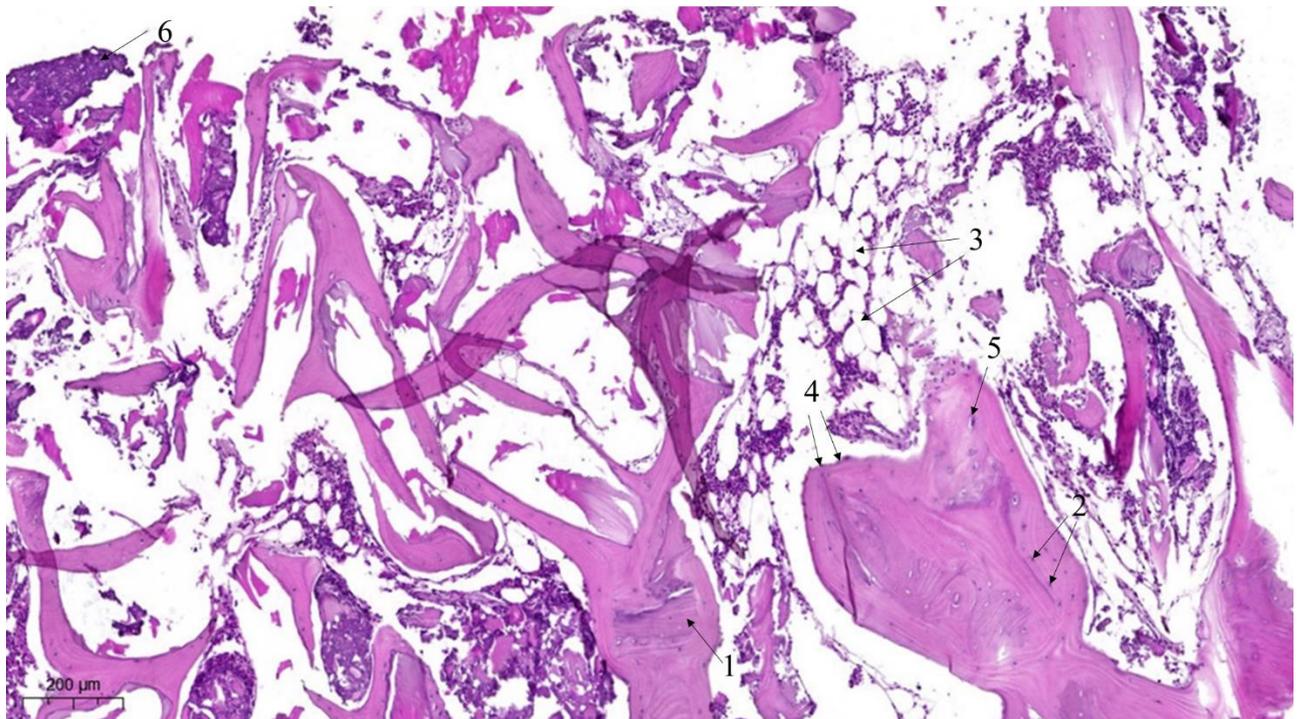
В некоторых образцах на поверхности костного столбика располагалась фиброзная ткань толщиной до 0,5 мм, под которой визуализировалась грубоволокнистая костная ткань, построенная из утолщенных костных балок. Данная ткань была расценена как восстановленная надкостница.

Во всех исследованных образцах признаков гранулематозного воспаления не наблюдалось, гигантских многоядерных клеток инородных тел не выявлено.

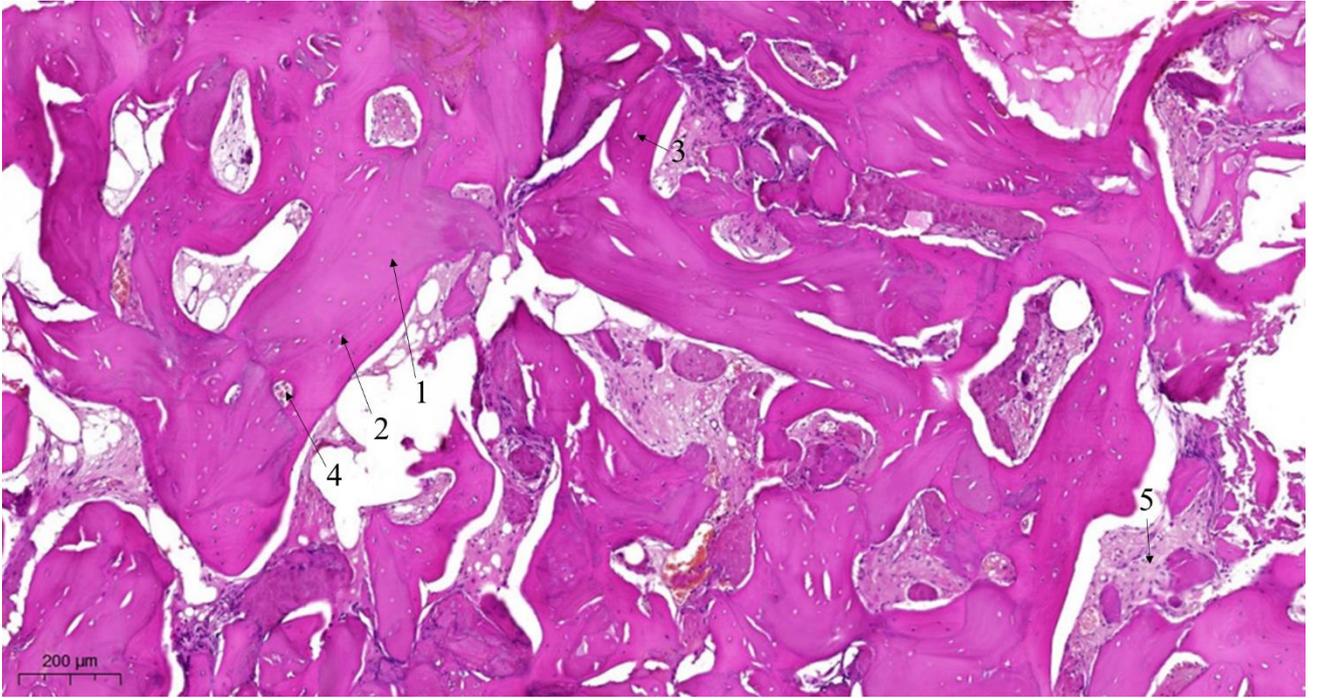
Некоторые образцы костных трепанобиоптатов из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции представлены на рисунках 84 – 87.



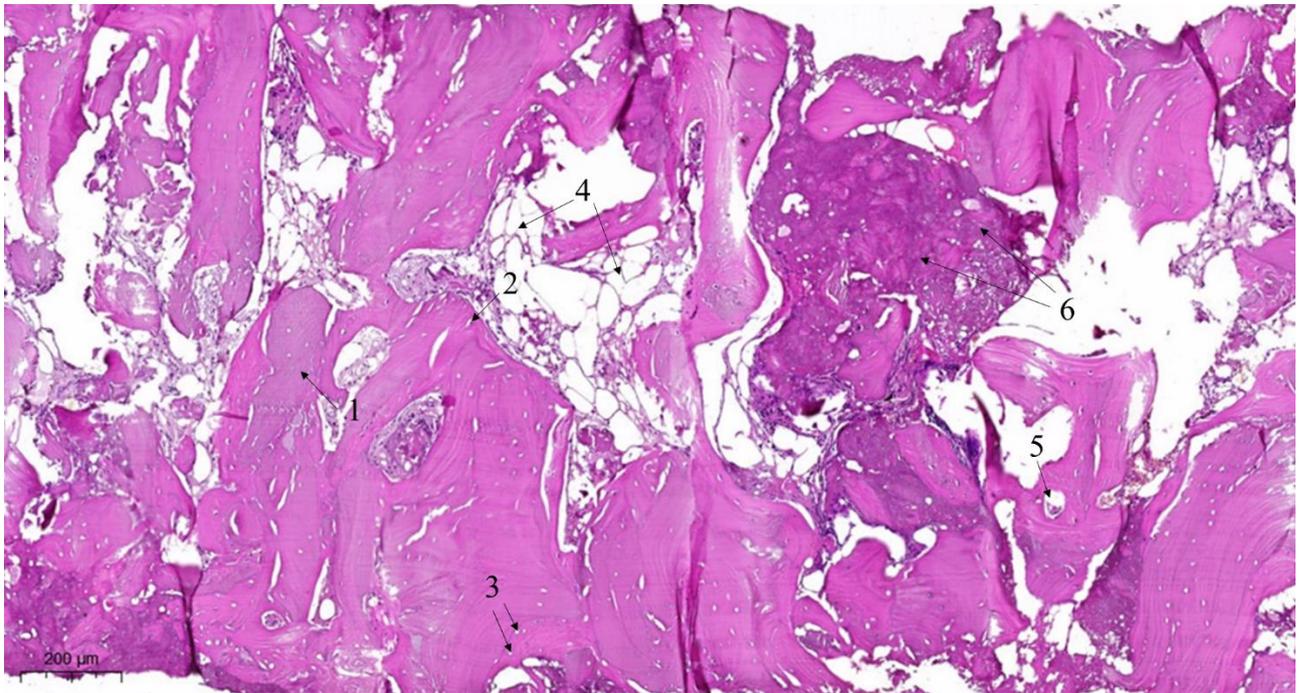
**Рисунок 84** – Костный столбик из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции (группа изучения). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – остеопластический материал; 2 – остеоциты; 3 – костный мозг; 4 – искусственные изменения; 5 – фиброзная ткань



**Рисунок 85** – Костный столбик из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции (группа изучения). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – остеопластический материал; 2 – остеоциты; 3 – костный мозг; 4 – остеобласты; 5 – остеокласт; 6 – искусственные изменения

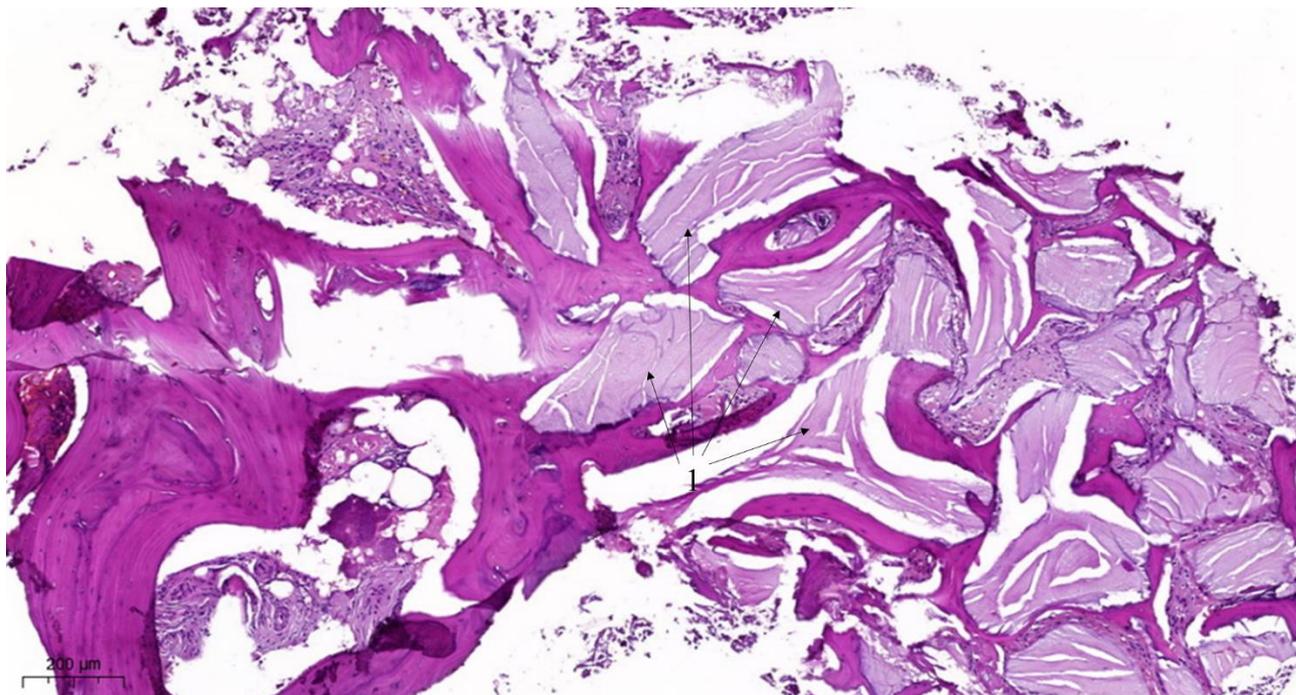


**Рисунок 86** – Костный столбик из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции (группа изучения). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – остеопластический материал; 2 – остеоциты; 3 – пустые лакуны в новообразованной костной ткани; 4 – Гаверсов канал; 5 – фиброзная ткань



**Рисунок 87** – Костный столбик из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции (группа изучения). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – остеопластический материал; 2 – остеоциты; 3 – пустые лакуны в новообразованной костной ткани; 4 – костный мозг; 5 – Гаверсов канал; 6 – искусственные изменения

В одном препарате из группы изучения ( $2,703 \pm 2,666$  %) наблюдалась дезорганизация коллагеновых волокон и отсутствие лакун (рисунок 88) в поверхностной части костного столбика, что может быть расценено как некроз данного участка регенерата. Примечателен тот факт, что данный материал получен у пациента, у которого в раннем послеоперационном периоде наблюдалось расхождение швов.

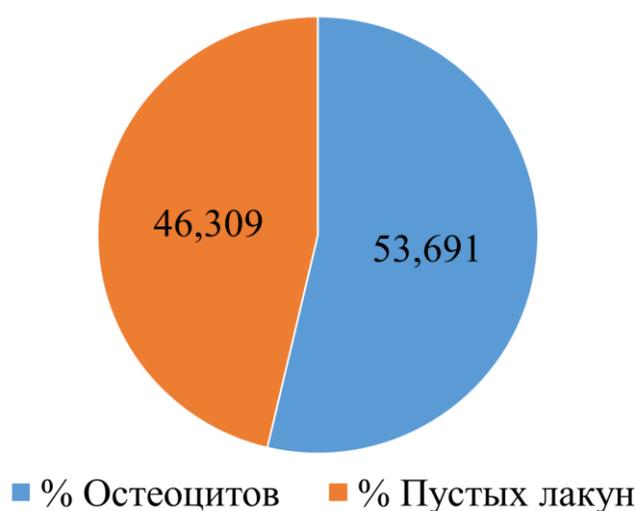


**Рисунок 88** – Костный столбик из зоны через 6 месяцев после костной реконструкции (группа изучения). Окраска гематоксилином и эозином. 1 – дезорганизация коллагеновых волокон и отсутствие лакун

При проведении морфометрического анализа костных столбиков группы контроля выявлены следующие характеристики (таблица 30). Количество витальных остецитов в перерасчёте на  $1 \text{ мм}^2$  костного столбика составило 80 [73; 91] клеток, что соответствует  $53,691 \pm 4,085$  % от общего количества лакун (рисунок 89). Количество пустых лакун в перерасчёте на  $1 \text{ мм}^2$  костного столбика составило 69 [59; 77], что соответствует  $46,309 \pm 4,085$  % от общего количества лакун.

**Таблица 30** – Морфометрическая оценка костных столбиков контрольной группы

Значение	Количество остеоцитов на 1 мм <sup>2</sup> костного столбика	Общее количество лакун на 1 мм <sup>2</sup> костного столбика	Количество пустых лакун на 1 мм <sup>2</sup> костного столбика
Медиана (Me)	80	149	69
Нижний квартиль	73	134	59
Верхний квартиль	91	156	77
Минимум	71	122	51
Максимум	114	161	81

**Рисунок 89** – Процентное распределение витальных остеоцитов и пустых лакун к общему количеству лакун костных столбиков в группе контроля

По результатам морфометрического анализа костных столбиков группы изучения выявлены следующие показатели (таблица 31). Количество витальных остеоцитов в перерасчёте на 1 мм<sup>2</sup> костного столбика составило 29 [21; 37] клеток, что составляет  $74,01 \pm 5,99$  % от общего количества лакун, найденных во вновь сформированной костной ткани без учета пустых лакун в остеопластическом материале (рисунок 90). Количество пустых лакун в перерасчёте на 1 мм<sup>2</sup> вновь образованной костной ткани без учета пустых лакун в остеопластическом материале составило 10 [8; 13], что соответствует  $25,990 \pm 5,990$  %.

**Таблица 31** – Морфометрическая оценка костных столбиков изучаемой группы

Значение	Количество остеоцитов на 1 мм <sup>2</sup> костного столбика	Общее количество лакун на 1 мм <sup>2</sup> костной ткани	Количество пустых лакун на 1 мм <sup>2</sup> костной ткани	Количество пустых лакун на 1 мм <sup>2</sup> остеопластического материала
Медиана (Me)	29	39	10	135
Нижний квартиль	21	32	8	111
Верхний квартиль	37	52	13	191
Минимум	21	27	6	60
Максимум	43	53	15	222

**Рисунок 90** – Процентное распределение витальных остеоцитов и пустых лакун к общему количеству лакун вновь образованной костной ткани без учета пустых лакун в остеопластическом материале в группе исследования

Достаточно большое количество 135 [111; 191] пустых лакун определяется во фрагментах остеопластического материала, который при этом сохраняет организацию коллагеновых волокон и включён в костные балки. Средний процент площади остеопластического материала к площади всего столбика (MatS/CS) составил  $13,659 \pm 6,71$  %.

При проведении U-теста Манна-Уитни по сравнению процентного соотношения витальных остеоцитов и пустых лакун выявлено статистически

значимое различие между группой контроля и исследуемой группой ( $p \leq 0,05$ ). Высокие показатели витальных остеоцитов в группе исследования связаны с тем, что не принималось в расчёт количество пустых лакун во фрагментах остеопластического материала, инкорпорированного в костную ткань. Однако также это может свидетельствовать о том, что в образцах исследуемой группы активно происходят процессы ремоделирования костной ткани, в которых остеоцитам отводится не малая роль. Они продуцируют факторы роста, а также передают сигналы остеобластам, покровным клеткам посредством механотрансдукции, активируя их [63].

### **3.3 Оценка прогнозируемости результатов хирургического лечения методом модифицированной двухэтапной сплит-техники**

#### **3.3.1 Отдаленные результаты клинических методов исследования**

Все 127 имплантатов, установленных после проведения двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня, демонстрировали 100 % выживаемость через 1 год после протезирования. При этом пациенты не предъявляли жалоб на боли или чувствительность при функционировании. Подвижности и экссудации в области имплантатов выявлено не было.

По результатам пародонтального скрининга PSI случаев периимплантита выявлено не было. В области 56 имплантатов ( $44,094 \pm 4,406$  %) индекс PSI = 0; у 23 имплантатов ( $18,11 \pm 3,417$  %) была выявлена кровоточивость при зондировании, индекс PSI = 1, в области 48 коронок на имплантатах ( $37,795 \pm 4,303$  %) выявлены зубные отложения, индекс PSI = 2 (рисунок 91). Карманов при зондировании в области имплантатов не определялось. Всем пациентам с неудовлетворительной гигиеной полости рта была проведена профессиональная гигиена.

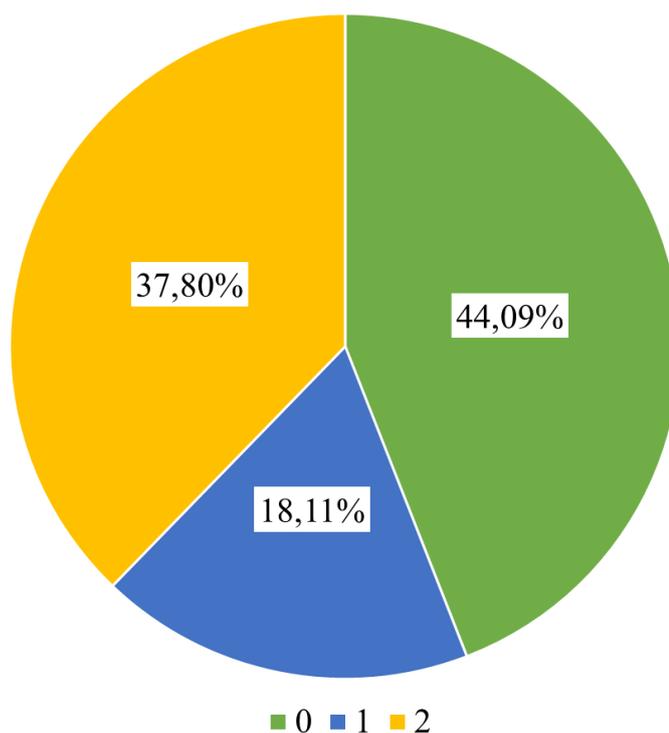


Рисунок 91 – Процентное распределение индекса PSI в отдаленный период

### 3.3.2 Динамическая оценка состояния костной ткани

С целью динамической оценки состояния костной ткани были проведены множественные сравнения параметров альвеолярного гребня с помощью разработанного персонафицированного алгоритма на разных этапах лечения: исходной ситуации, через 6 месяцев после костной пластики, через 3-4 месяца после имплантации, через 1 год после протезирования. Для выполнения данной работы было исследовано 128 компьютерных томограмм, в которых было подготовлено 508 срезов альвеолярного гребня для измерений. Не проводилось определение ширины альвеолярного на уровне его вершины, так как данная точка всегда смещалась апикально после установки дентального имплантата.

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне **1 мм от его вершины** на всех этапах хирургического лечения и после его завершения проводилось в 78 сегментах челюстей из 127 (таблица 32). В остальных 49 сегментах определялась убыль костной ткани по высоте на величину более 1 мм

на каком-либо этапе хирургического лечения или в отдаленный период, в связи с этим в этих срезах проведение измерения W1 было невозможно.

**Таблица 32** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	78	3,363 ± 0,855
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	78	6,003 ± 1,44
W1i (ширина на высоте 1 мм от вершины после имплантации)	78	5,751 ± 1,242
W1n (ширина на высоте 1 мм от вершины через 1 год после протезирования)	78	5,618 ± 1,17

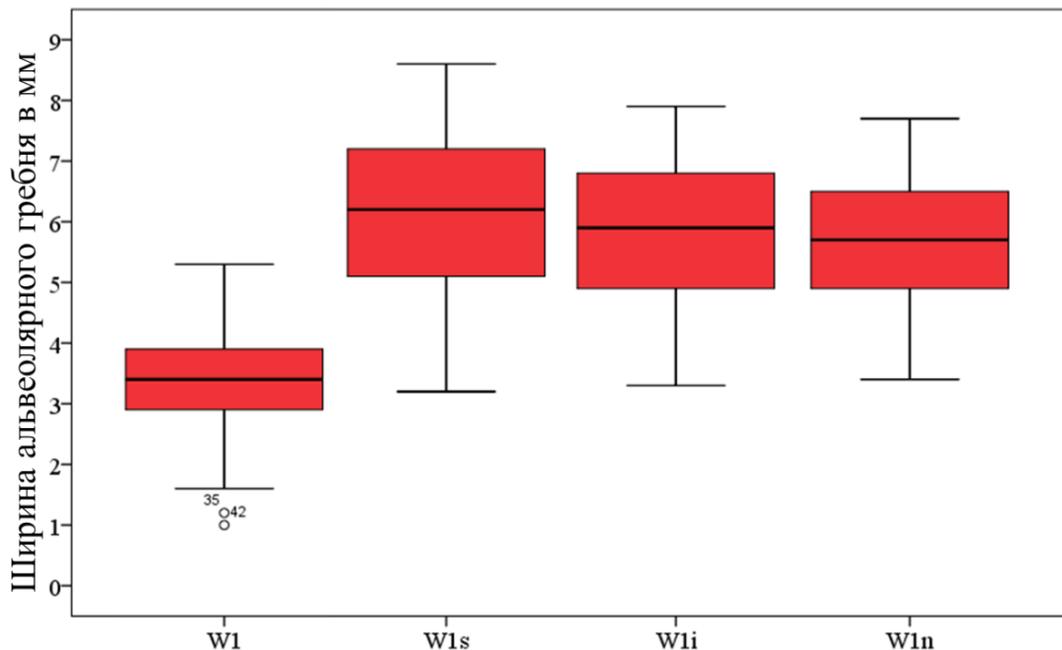
Прирост костной ткани по ширине на уровне 1 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после аугментации (W1s – W1) составил  $2,64 \pm 1,281$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что составляет  $78,501 \pm 22,402$  % (таблица 33, рисунок 92). Через 3-4 месяца после имплантации (W1i – W1s) произошла незначительная усадка регенерата, в среднем на  $0,251 \pm 0,518$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,181 \pm 8,169$  %). Через 1 год после ортопедического этапа лечения (W1n – W1i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,133 \pm 0,171$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $2,313 \pm 6,268$  %).

**Таблица 33** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1s – W1	2,64 ± 1,281*	2,247	3,032	< 0,001
W1i – W1s	-0,251 ± 0,518*	-0,41	-0,092	< 0,001
W1i – W1	2,388 ± 1,141*	2,039	2,738	< 0,001
W1n – W1i	-0,133 ± 0,171*	-0,186	-0,081	< 0,001
W1n – W1s	-0,385 ± 0,476*	-0,531	-0,239	< 0,001
W1n – W1	2,255 ± 1,132*	1,908	2,602	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 92** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения

Множественное сравнение показателей ширины альвеолярного гребня на уровне **3 мм от его вершины** проводилось во всех 127 сегментах челюстей

(таблица 34). Убыли костной ткани по высоте на величину более 3 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте на всех этапах лечения.

**Таблица 34** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	127	5,07 ± 0,984
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	127	7,824 ± 1,304
W2i (ширина на высоте 3 мм от вершины после имплантации)	127	7,388 ± 1,221
W2n (ширина на высоте 3 мм от вершины через 1 год после протезирования)	127	7,24 ± 1,142

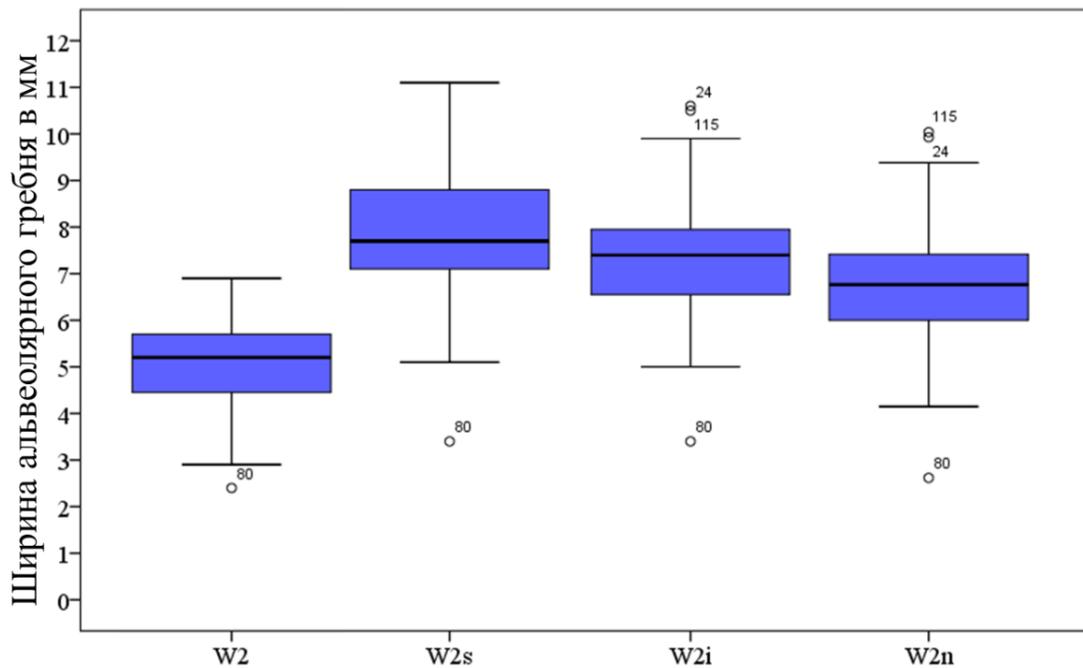
Прирост костной ткани по ширине на уровне 3 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W2s – W2) составил  $2,754 \pm 1,104$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $54,320 \pm 22,123$  % (таблица 35, рисунок 93). Через 3-4 месяца после имплантации (W2i – W2s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,435 \pm 0,351$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,560 \pm 8,192$  %). Через 1 год после протезирования (W2n – W2i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,148 \pm 0,18$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $2,003 \pm 5,155$  %).

**Таблица 35** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2	2,754 ± 1,104*	2,492	3,015	< 0,001
W2i – W2s	-0,435 ± 0,351*	-0,519	-0,352	< 0,001
W2i – W2	2,318 ± 1,017*	2,076	2,56	< 0,001
W2n – W2i	-0,148 ± 0,18*	-0,191	-0,105	< 0,001
W2n – W2s	-0,583 ± 0,421*	-0,684	-0,483	< 0,001
W2n – W2	2,17 ± 0,98*	1,937	2,403	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 93** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне **5 мм от его вершины** на всех этапах лечения и в отдаленный период проводилось также во всех 127 сегментах челюстей (таблица 36).

**Таблица 36** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах лечения

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	127	6,402 ± 1,132
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	127	9,325 ± 1,15
W3i (ширина на высоте 5 мм от вершины после имплантации)	127	8,879 ± 1,111
W3n (ширина на высоте 5 мм от вершины через 1 год после протезирования)	127	8,787 ± 1,109

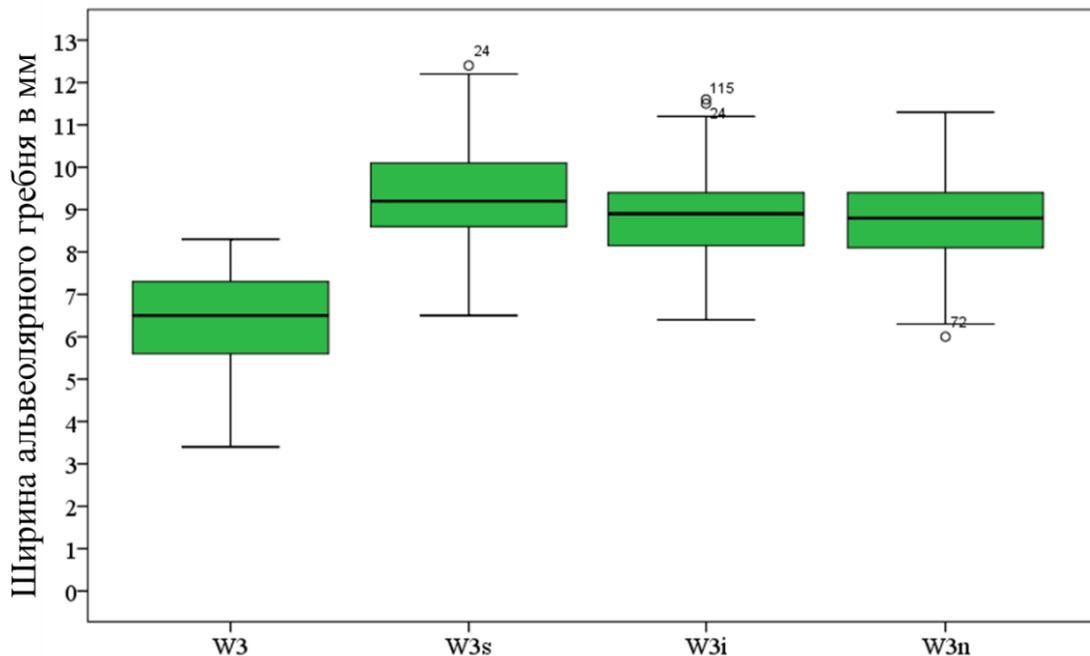
Прирост костной ткани по ширине на уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W3s – W3) составил  $2,924 \pm 1,02$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $45,673 \pm 19,687$  % (таблица 37, рисунок 94). Через 3-4 месяца после имплантации (W3i – W3s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,446 \pm 0,382$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,783 \pm 6,988$  %). Через 1 год после протезирования (W3n – W3i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,092 \pm 0,138$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $1,036 \pm 3,398$  %).

**Таблица 37** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения

В миллиметрах

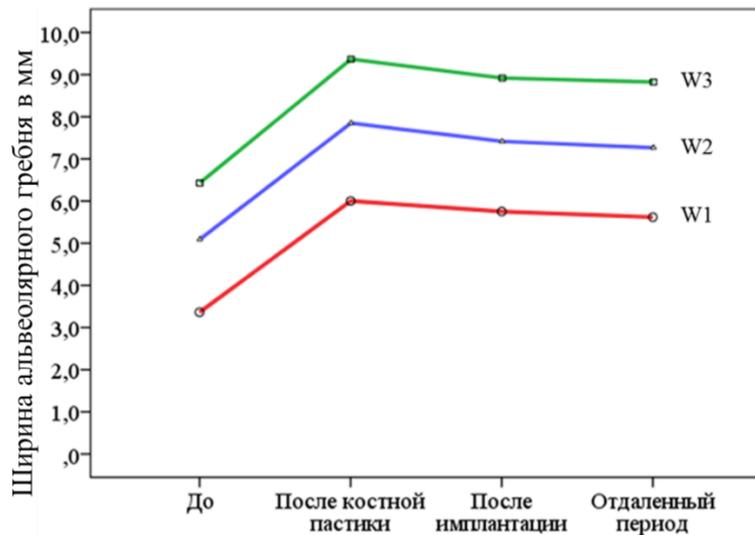
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W3s – W3	2,924 ± 1,02*	2,681	3,166	< 0,001
W3i – W3s	-0,446 ± 0,382*	-0,537	-0,356	< 0,001
W3i – W3	2,477 ± 0,995*	2,241	2,714	< 0,001
W3n – W3i	-0,092 ± 0,138*	-0,125	-0,059	< 0,001
W3n – W3s	-0,539 ± 0,421*	-0,639	-0,438	< 0,001
W3n – W3	2,385 ± 0,992*	2,149	2,621	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 94** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения

График изменений параметров ширины альвеолярного гребня в точках W1, W2, W3 в течение всего периода лечения представлен на рисунке 95.



**Рисунок 95** – График изменений параметров ширины альвеолярного гребня на разных этапах лечения

При множественном сравнении изменений высоты альвеолярного гребня (таблица 38), отмечается незначительная средняя убыль костной ткани на  $0,182 \pm 0,715$  мм ( $p > 0,008$ ) после аугментации по сравнению с исходной ситуацией ( $H_s - H$ ), что составляет  $1,177 \pm 2,743$  % и не является статистически значимым различием (таблица 39, рисунки 96, 97). В дальнейшем также отмечалась средняя убыль вертикального параметра альвеолярного гребня на  $0,71 \pm 0,51$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,648 \pm 5,386$  %), через 3-4 месяца после операции имплантации ( $H_i - H_s$ ) и на  $0,107 \pm 0,138$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $0,735 \pm 2,237$  %), через 1 год после протезирования ( $H_n - H_i$ ).

**Таблица 38** – Показатели высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
H (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	127	$15,459 \pm 2,647$
$H_s$ (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	127	$15,277 \pm 2,815$

Продолжение таблицы 38

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
Hi (высота альвеолярного гребня после имплантации)	127	14,567 ± 2,698
Hn (высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования)	127	14,460 ± 2,65

Таблица 39 – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
Hs – H	-0,182 ± 0,715	-0,352	-0,012	0,029
Hi – Hs	-0,710 ± 0,51*	-0,832	-0,589	< 0,001
Hi – H	-0,892 ± 0,697*	-1,058	-0,726	< 0,001
Hn – Hi	-0,107 ± 0,138*	-0,14	-0,074	< 0,001
Hn – Hs	-0,817 ± 0,553*	-0,949	-0,686	< 0,001
Hn – H	-0,999 ± 0,688*	-1,163	-0,836	< 0,001

\* p ≤ 0,008

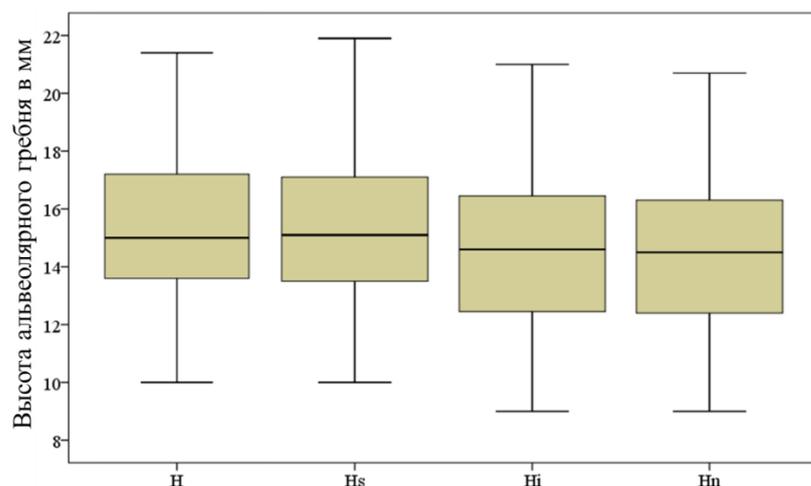
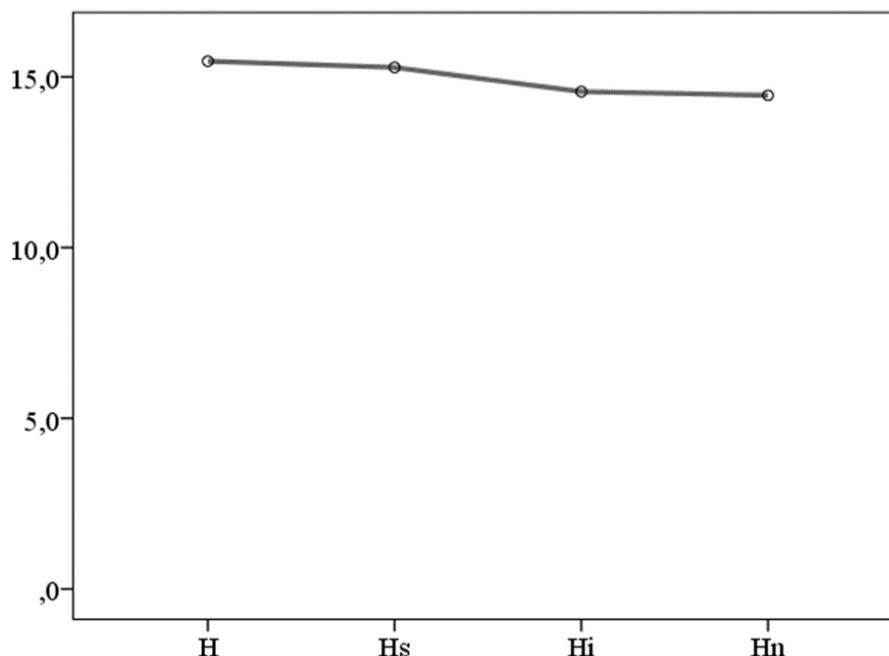


Рисунок 96 – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения



**Рисунок 97** – График изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения

Проведена динамическая оценка параметров костной ткани альвеолярного гребня на разных этапах лечения в каждом конкретном сегменте бокового отдела нижней челюсти.

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины в области **первых премоляров** на разных этапах лечения проводилось в 6 сегментах челюстей из 12 (таблица 40). В остальных 6 сегментах определялась убыль костной ткани по высоте на величину более 1 мм на каком-либо этапе хирургического лечения или в отдаленный период, в связи с этим в этих срезах проведение измерения W1 было невозможно.

**Таблица 40** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	6	2,683 ± 0,991

Продолжение **таблицы 40**

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	6	5,9 ± 0,704
W1i (ширина на высоте 1 мм от вершины после имплантации)	6	5,65 ± 0,609
W1n (ширина на высоте 1 мм от вершины через 1 год после протезирования)	6	5,6 ± 0,62

Прирост костной ткани по ширине на уровне 1 мм от вершины альвеолярного гребня в области первых премоляров через 6 месяцев после аугментации (W1s – W1) составил  $3,217 \pm 1,136$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $119,903 \pm 29,824$  % (таблица 41, рисунок 98). Через 3-4 месяца после имплантации (W1i – W1s) произошла незначительная усадка регенерата, в среднем на  $0,25 \pm 0,281$  мм ( $4,237 \pm 8,293$  %), что не является статически значимым различием. Через 1 год после начала ортопедического лечения (W1n – W1i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,05 \pm 0,055$  мм ( $0,885 \pm 3,94$  %), что также не является статистически значимым различием.

**Таблица 41** – Динамика изменений костной ткани на уровне 1 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

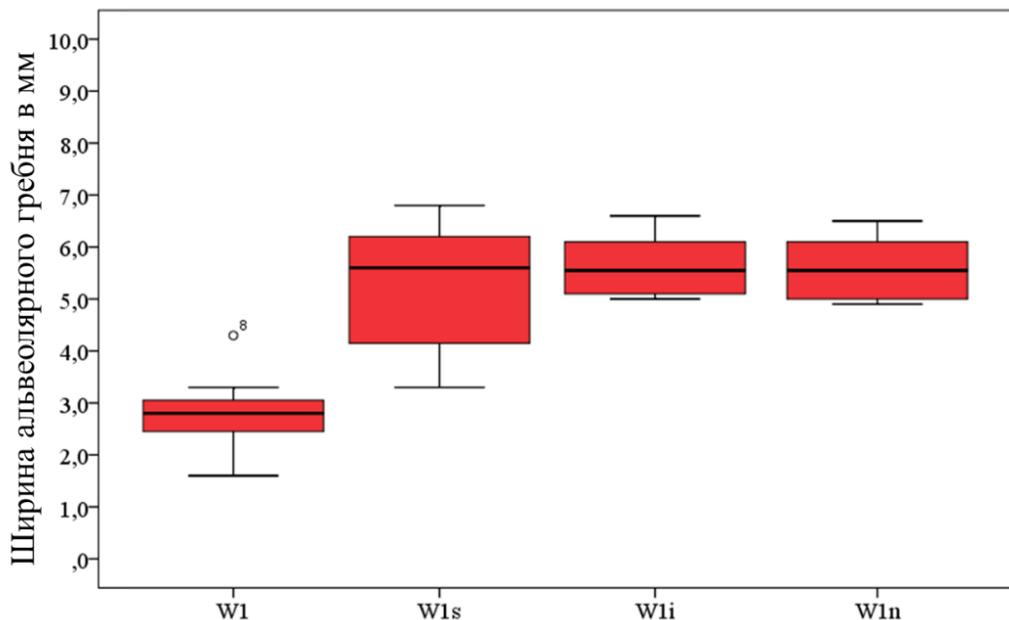
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1s – W1	$3,217 \pm 1,136^*$	1,261	5,173	0,006

Продолжение таблицы 41

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1i – W1s	-0,25 ± 0,281	-0,734	0,234	0,487
W1i – W1	2,967 ± 0,891*	1,431	4,502	0,003
W1n – W1i	-0,05 ± 0,055	-0,144	0,044	0,454
W1n – W1s	-0,3 ± 0,245	-0,722	0,122	0,181
W1n – W1	2,917 ± 0,945*	1,288	4,545	0,004

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 98** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области первых премоляров на уровне 3 мм от его вершины на всех этапах лечения и в отдаленный период проводилось во всех 12 сегментах челюстей (таблица 42). Убыли костной ткани по высоте на величину более 3 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте.

**Таблица 42** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	12	4,108 ± 0,785
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	12	6,992 ± 1,289
W2i (ширина на высоте 3 мм от вершины после имплантации)	12	6,425 ± 1,173
W2n (ширина на высоте 3 мм от вершины через 1 год после протезирования)	12	6,325 ± 1,167

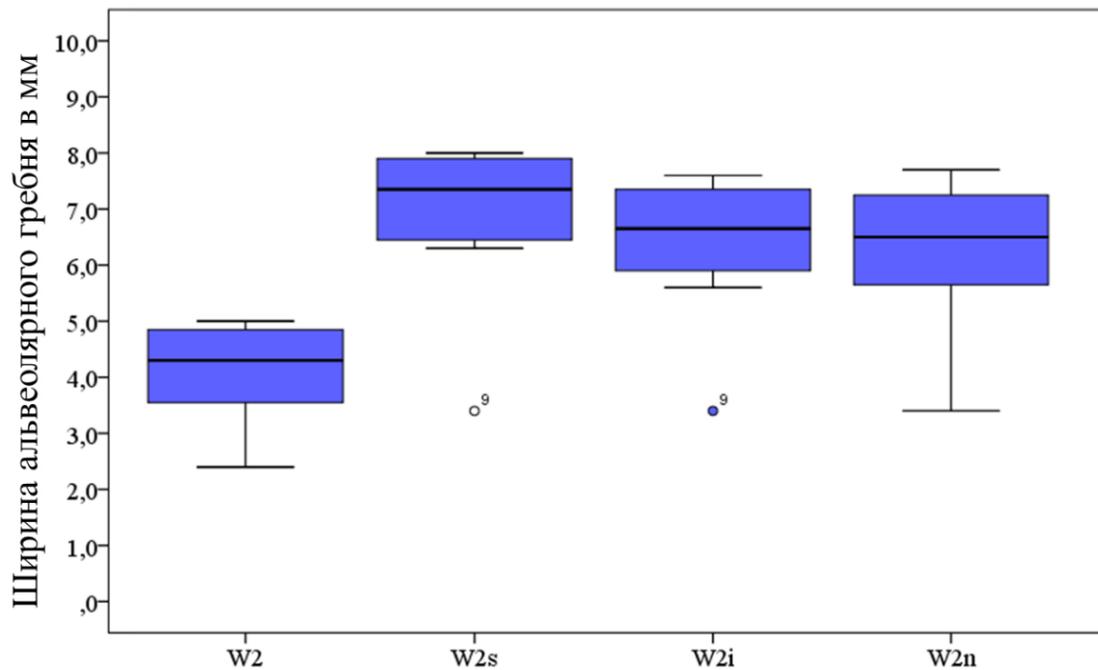
Прирост костной ткани по ширине на уровне 3 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W2s – W2) составил  $2,883 \pm 1,130$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $70,18 \pm 22,571$  % (таблица 43, рисунок 99). Через 3-4 месяца после имплантации (W2i – W2s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,567 \pm 0,287$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $8,109 \pm 10,323$  %). Через 1 год после протезирования (W2n – W2i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,1 \pm 0,135$  мм ( $1,556 \pm 4,883$  %), что не является статически значимым различием.

**Таблица 43** – Динамика изменений костной ткани на уровне 3 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2	2,883 ± 1,13*	1,836	3,93	< 0,001
W2i – W2s	-0,567 ± 0,287*	-0,833	-0,301	< 0,001
W2i – W2	2,317 ± 1,06*	1,335	3,298	< 0,001
W2n – W2i	-0,1 ± 0,135	-0,225	0,025	0,157
W2n – W2s	-0,667 ± 0,303*	-0,947	-0,387	< 0,001
W2n – W2	2,217 ± 1,067*	1,229	3,205	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 99** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области первых премоляров на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах хирургического лечения и после протезирования проводилось во всех 12 сегментах челюстей

(таблица 44). Убыли костной ткани по высоте на величину более 5 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте.

**Таблица 44** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	12	5,408 ± 1,108
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	12	8,375 ± 0,786
W3i (ширина на высоте 5 мм от вершины после имплантации)	12	7,908 ± 0,844
W3n (ширина на высоте 5 мм от вершины через 1 год после протезирования)	12	7,808 ± 0,778

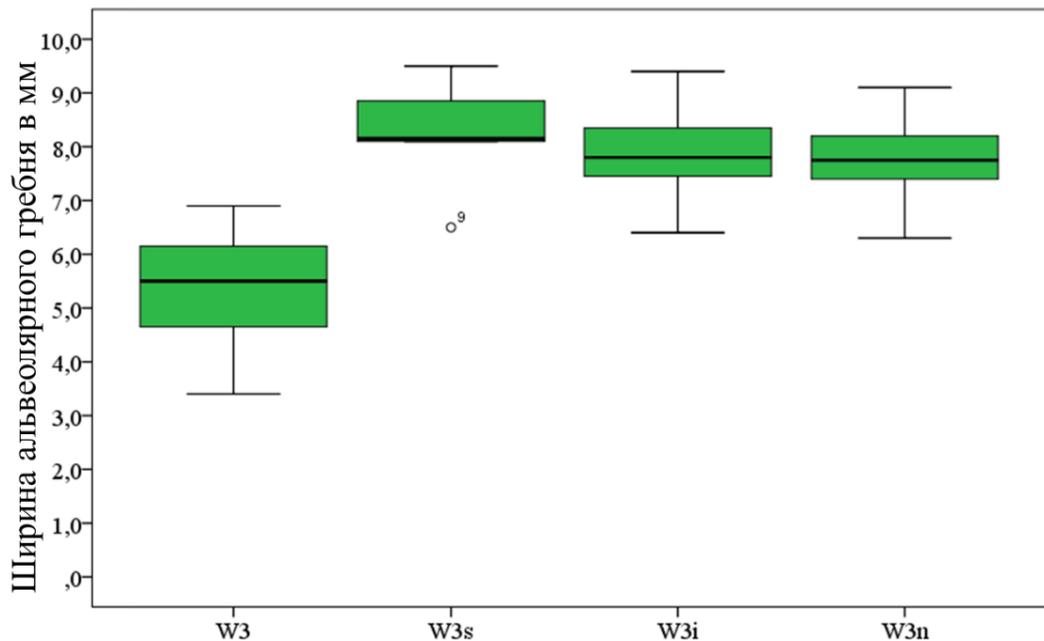
Увеличение ширины костной ткани на уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной аугментации (W3s – W3) составило  $2,967 \pm 1,243$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $54,863 \pm 21,399$  % (таблица 45, рисунок 100). Через 3-4 месяца после имплантации (W3i – W3s) произошла незначительная редукция аугментата, в среднем на  $0,467 \pm 0,326$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,576 \pm 7,929$  %). Через 1 год после протезирования (W3n – W3i) произошла ещё незначительная усадка объема, в среднем на  $0,1 \pm 0,113$  мм ( $1,265 \pm 3,973$  %), что не является статически значимым различием.

**Таблица 45** – Динамика изменений костной ткани на уровне 5 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

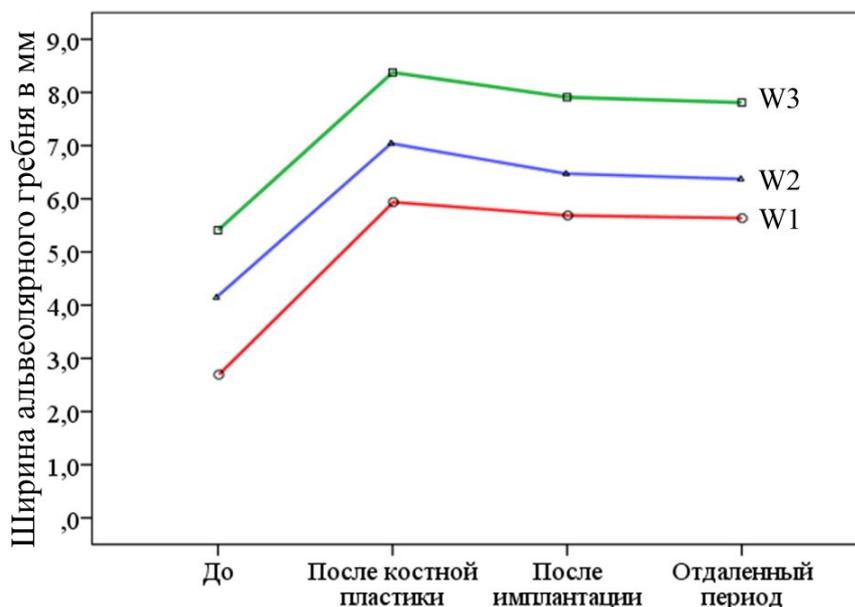
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W3s – W3	2,967 ± 1,243*	1,815	4,118	< 0,001
W3i – W3s	-0,467 ± 0,326*	-0,768	-0,165	0,003
W3i – W3	2,5 ± 1,3*	1,296	3,704	< 0,001
W3n – W3i	-0,1 ± 0,113	-0,204	0,004	0,064
W3n – W3s	-0,567 ± 0,274*	-0,821	-0,313	< 0,001
W3n – W3	2,4 ± 1,253*	1,239	3,561	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 100** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых премоляров

График изменений параметров ширины альвеолярного гребня в области первых премоляров в точках W1, W2, W3 в течение всего периода лечения продемонстрирован на рисунке 101.



**Рисунок 101** – График изменений параметров ширины альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

При множественном сравнении изменений высоты альвеолярного гребня в области первых премоляров (таблица 46), отмечается незначительная средняя убыль костной ткани на  $0,525 \pm 1,204$  мм ( $p > 0,008$ ) после аугментации по сравнению с исходной ситуацией ( $H_s - H$ ), что составляет  $3,232 \pm 4,388$  % и не является статистически значимым различием (таблица 47, рисунки 102, 103). В дальнейшем также отмечалась средняя убыль вертикального параметра альвеолярного гребня, в среднем на  $0,658 \pm 0,608$  мм ( $p > 0,008$ ) ( $4,187 \pm 5,052$  %), через 3-4 месяца после операции имплантации ( $H_i - H_s$ ) и на  $0,075 \pm 0,075$  мм ( $p > 0,008$ ) ( $0,498 \pm 1,814$  %), через 1 год после протезирования ( $H_n - H_i$ ), что также не является статистически значимыми различиями.

**Таблица 46** – Показатели высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

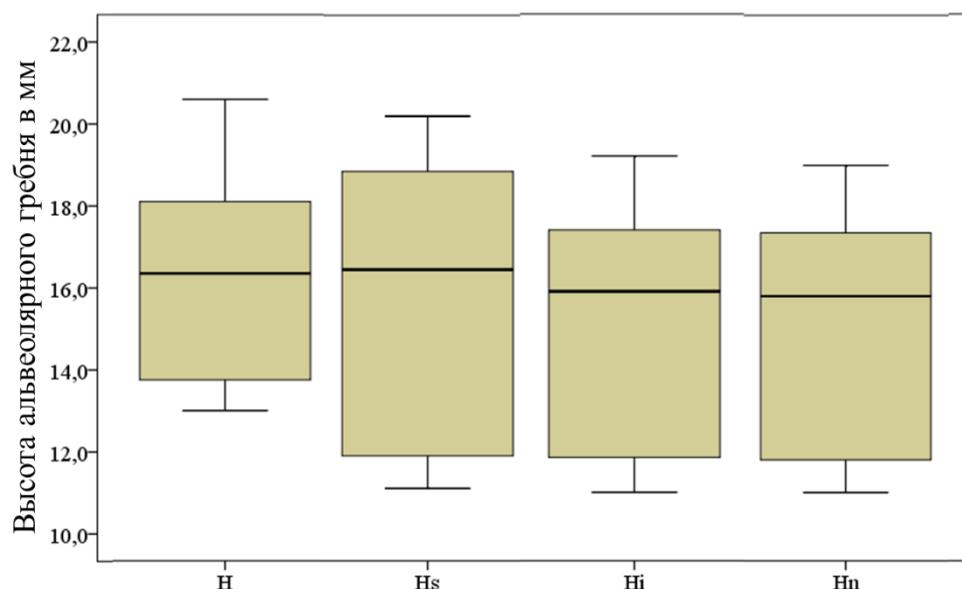
В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение, мм (M ± Sd)
Н (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	12	16,242 ± 2,654
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	12	15,717 ± 3,543
Hi (высота альвеолярного гребня после имплантации)	12	15,058 ± 3,049
Hn (высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования)	12	14,983 ± 2,992

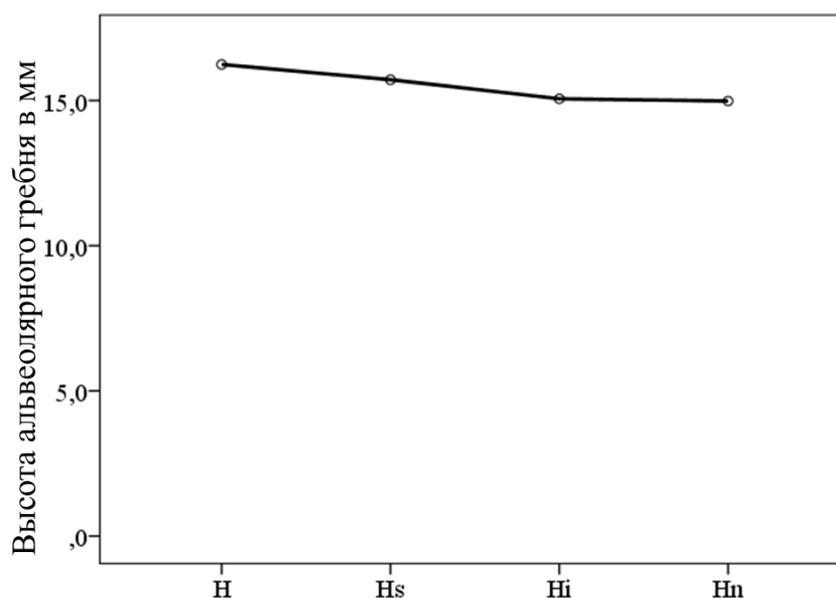
**Таблица 47** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения		Значимость	
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя		Верхняя
Hs – H	-0,525 ± 1,204	-1,64	0,59	0,954
Hi – Hs	-0,658 ± 0,608	-1,222	-0,095	0,019
Hi – H	-1,183 ± 0,74*	-1,868	-0,498	0,001
Hn – Hi	-0,075 ± 0,075	-0,145	-0,005	0,033
Hn – Hs	-0,733 ± 0,641	-1,327	-0,139	0,013
Hn – H	-1,258 ± 0,727*	-1,931	-0,585	0,001
* p ≤ 0,008				



**Рисунок 102** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров



**Рисунок 103** – График изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых премоляров

Многомерный дисперсионный анализ по сравнению показателей ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины в области **вторых премоляров** на всех этапах лечения проводился в 16 участках челюстей из 33 (таблица 48). В остальных 17 сегментах определялась убыль костной ткани по высоте на величину более 1 мм на каком-либо этапе хирургического лечения или

в отдаленный период, в связи с этим в этих срезах проведение измерения W1 было невозможно.

**Таблица 48** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	16	3,544 ± 1,014
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	16	6,081 ± 1,566
W1i (ширина на высоте 1 мм от вершины после имплантации)	16	6,044 ± 0,93
W1n (ширина на высоте 1 мм от вершины через 1 год после протезирования)	16	5,806 ± 0,851

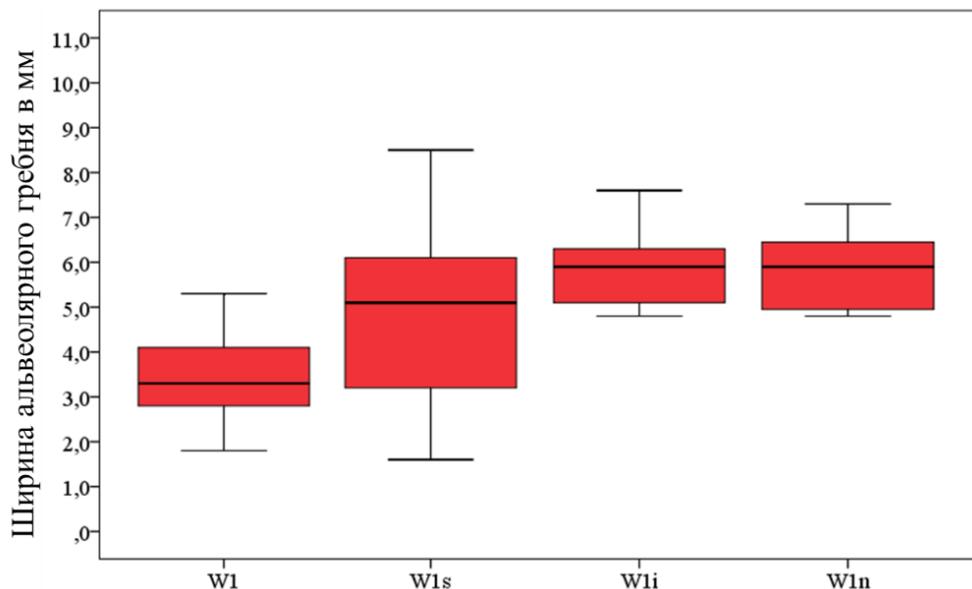
Прирост костной ткани по ширине на уровне 1 мм от вершины альвеолярного гребня в области вторых премоляров через 6 месяцев после костной пластики (W1s – W1) составил  $2,538 \pm 1,049$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $71,614 \pm 23,95$  %) (таблица 49, рисунок 104). Через 3-4 месяца после имплантации (W1i – W1s) произошла незначительная убыль, в среднем на  $0,037 \pm 1,046$  мм ( $0,608 \pm 3,154$  %), что не является статически значимым различием. Через 1 год после протезирования (W1n – W1i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,237 \pm 1,13$  мм ( $3,921 \pm 7,895$  %), что также не является статистически значимым различием.

**Таблица 49** – Динамика изменений костной ткани на уровне 1 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1s – W1	2,538 ± 1,049*	1,741	3,334	< 0,001
W1i – W1s	-0,037 ± 1,046	-0,831	0,756	1,000
W1i – W1	2,5 ± 0,618*	2,031	2,969	< 0,001
W1n – W1i	-0,237 ± 1,13	-0,452	-0,023	0,026
W1n – W1s	-0,275 ± 0,892	-0,952	0,402	1,000
W1n – W1	2,263 ± 0,603*	1,805	2,72	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 104** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области вторых премоляров на уровне 3 мм от его вершины на всех этапах лечения проводилось во всех 33 сегментах челюстей (таблица 50). Убыли костной ткани по высоте на величину более 3 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте.

**Таблица 50** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	33	4,636 ± 0,909
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	33	7,688 ± 0,897
W2i (ширина на высоте 3 мм от вершины после имплантации)	33	7,233 ± 0,813
W2n (ширина на высоте 3 мм от вершины через 1 год после протезирования)	33	7,097 ± 0,773

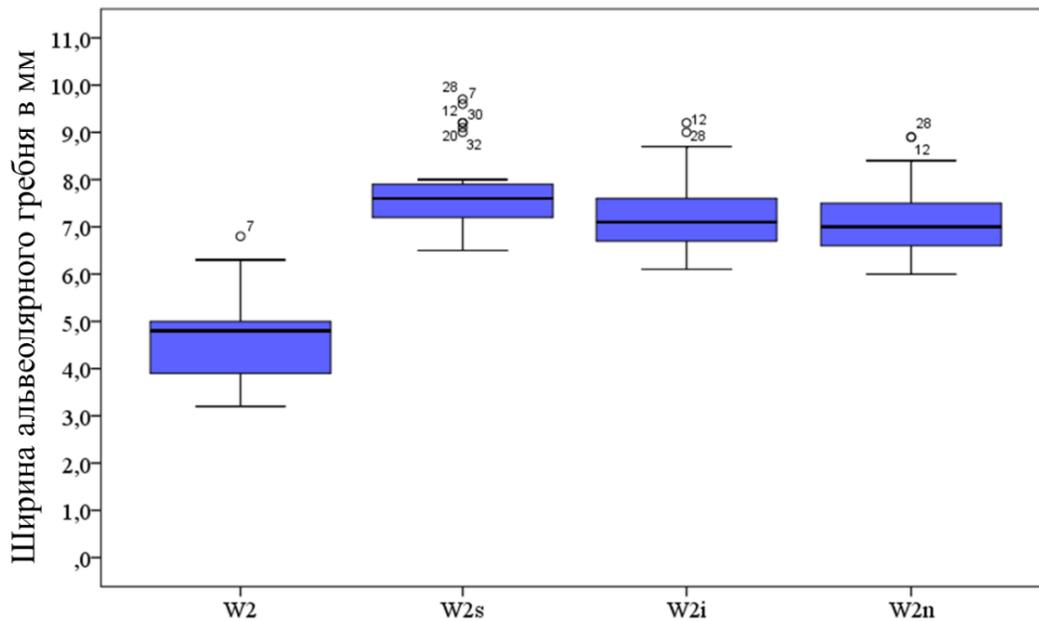
Прирост ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины через 6 месяцев после реконструкции (W2s – W2) составил  $3,052 \pm 0,95$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $65,833 \pm 22,027$  %) (таблица 51, рисунок 105). Через 3-4 месяца после имплантации (W2i – W2s) произошла редукция параметра ширины, в среднем на  $0,455 \pm 0,393$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,918 \pm 8,51$  %). Через 1 год после протезирования (W2n – W2i) произошла ещё незначительная убыль, в среднем на  $0,136 \pm 0,23$  мм ( $1,88 \pm 5,05$  %), что не является статически значимым различием.

**Таблица 51** – Динамика изменений костной ткани на уровне 3 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2	3,052 ± 0,95*	2,586	3,517	< 0,001
W2i – W2s	-0,455 ± 0,393*	-0,647	-0,262	< 0,001
W2i – W2	2,597 ± 0,798*	2,206	2,988	< 0,001
W2n – W2i	-0,136 ± 0,23	-0,249	-0,024	0,011
W2n – W2s	-0,591 ± 0,524*	-0,847	-0,334	< 0,001
W2n – W2	2,461 ± 0,857*	2,041	2,88	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 105** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области вторых премоляров на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах хирургического лечения и в период после протезирования проводилось во всех 33 сегментах

челюстей (таблица 52). Убыли костной ткани по высоте на величину более 5 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом участке.

**Таблица 52** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	33	5,758 ± 0,94
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	33	9,103 ± 0,774
W3i (ширина на высоте 5 мм от вершины после имплантации)	33	8,615 ± 0,663
W3n (ширина на высоте 5 мм от вершины через 1 год после протезирования)	33	8,539 ± 0,651

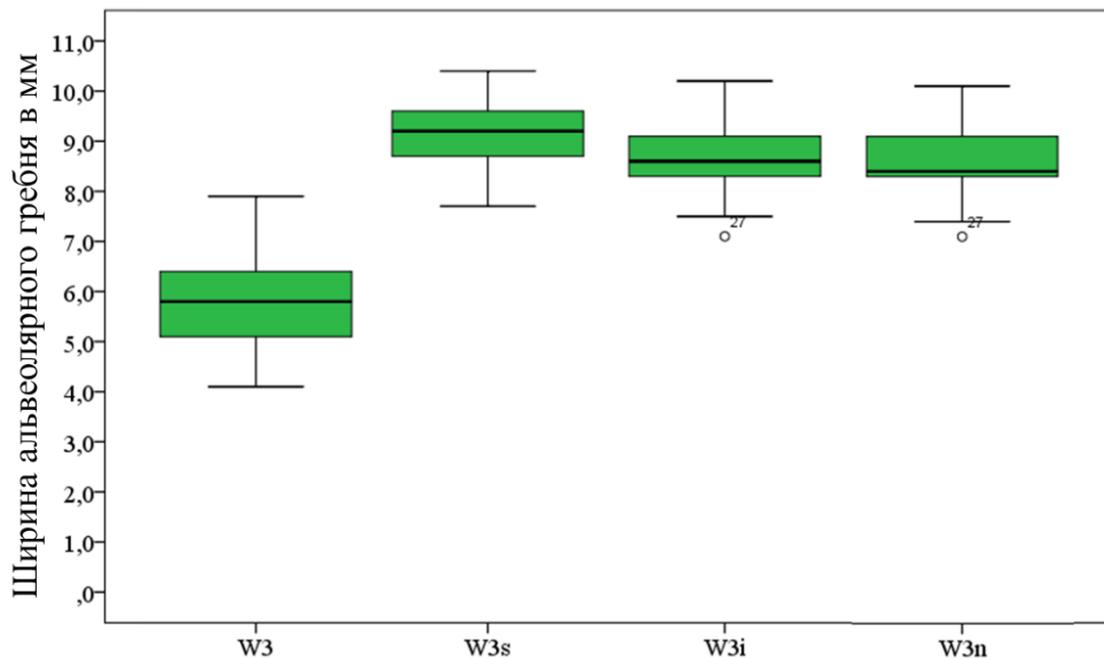
Увеличение ширины костной ткани на уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W3s – W3) составило  $3,345 \pm 0,981$  мм ( $p \leq 0,008$ ), что соответствует  $58,093 \pm 20,562$  % (таблица 53, рисунок 106). Через 3-4 месяца после имплантации (W3i – W3s) произошла незначительная убыль показателя, в среднем на  $0,488 \pm 0,423$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,361 \pm 7,466$  %). Через 1 год после протезирования (W3n – W3i) произошла ещё незначительная редукция ширины, в среднем на  $0,076 \pm 0,079$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $0,882 \pm 3,186$  %).

**Таблица 53** – Динамика изменений костной ткани на уровне 5 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

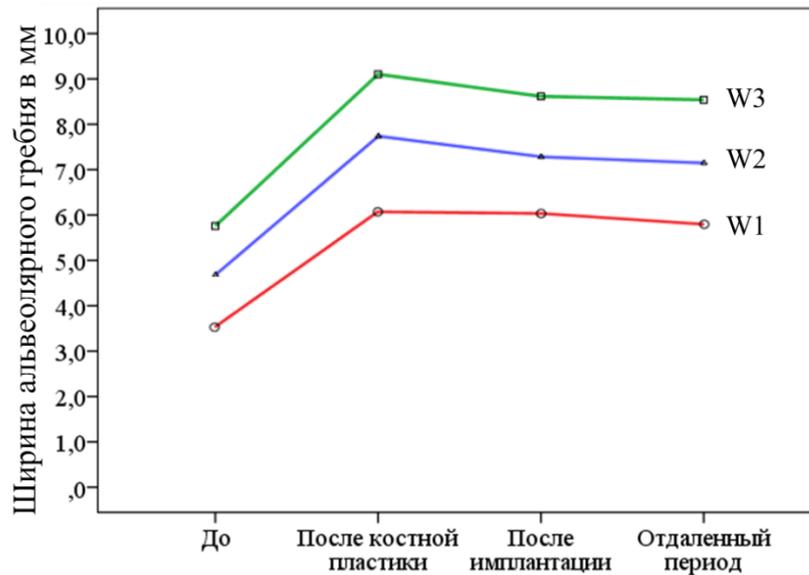
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W3s – W3	3,345 ± 0,981*	2,865	3,826	< 0,001
W3i – W3s	-0,488 ± 0,423*	-0,695	-0,281	< 0,001
W3i – W3	2,858 ± 0,974*	2,381	3,334	< 0,001
W3n – W3i	-0,076 ± 0,079*	-0,115	-0,037	< 0,001
W3n – W3s	-0,564 ± 0,077*	-0,779	-0,348	< 0,001
W3n – W3	2,782 ± 0,964*	2,31	3,254	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 106** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых премоляров

График изменений параметров ширины альвеолярного гребня в области вторых премоляров в точках W1, W2, W3 в течение всего периода лечения отображен на рисунке 107.



**Рисунок 107** – График изменений параметров ширины альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

При множественном сравнении изменений высоты альвеолярного гребня в области вторых премоляров (таблица 54), отмечается незначительная средняя убыль вертикального параметра на  $0,203 \pm 0,808$  мм ( $p > 0,008$ ) через 6 месяцев после костной пластики по сравнению с исходной ситуацией ( $H_s - H$ ), что составляет  $1,262 \pm 2,782$  % и не является статистически значимым различием (таблица 55, рисунки 108, 109). В дальнейшем также отмечалась средняя убыль высоты костной ткани, в среднем на  $0,721 \pm 0,609$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,538 \pm 5,222$  %), через 3-4 месяца после операции имплантации ( $H_i - H_s$ ) и на  $0,136 \pm 0,178$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $0,897 \pm 2,421$  %), через 1 год после протезирования ( $H_n - H_i$ ).

**Таблица 54** – Показатели высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
Н (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	33	$16,091 \pm 2,876$

## Продолжение таблицы 54

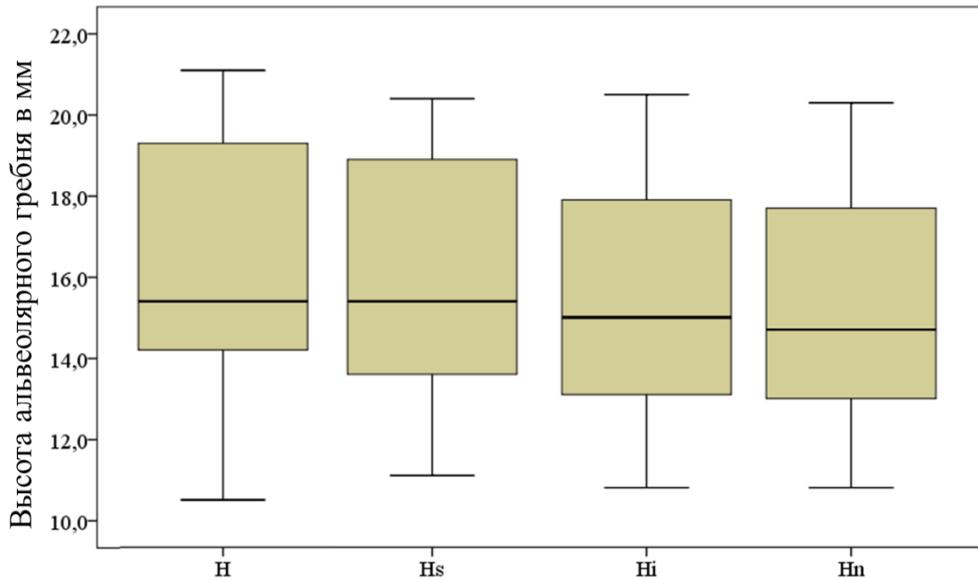
В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
Hs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	33	15,888 ± 3,052
Hi (высота альвеолярного гребня после имплантации)	33	15,167 ± 2,9
Hn (высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования)	33	15,03 ± 2,802

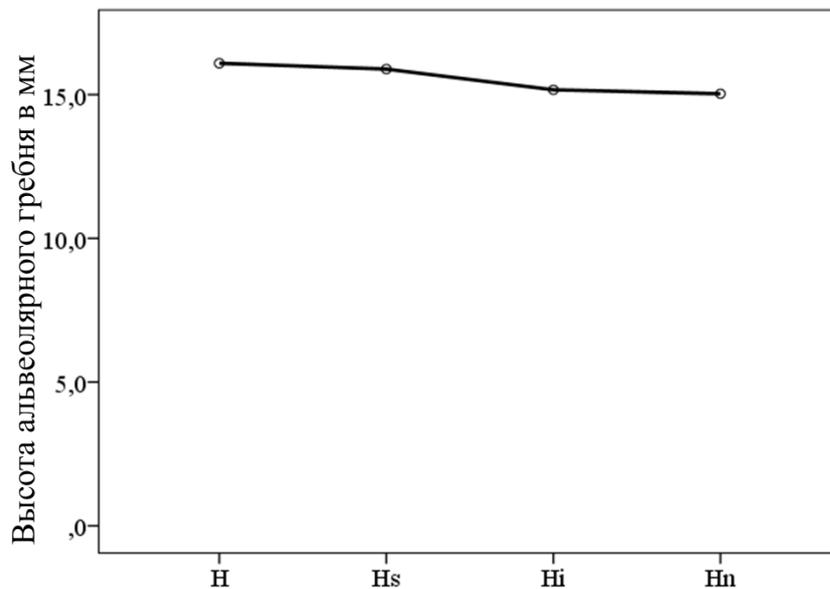
Таблица 55 – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения		Значимость	
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя		Верхняя
Hs – H	-0,203 ± 0,808	-0,599	0,193	0,953
Hi – Hs	-0,721 ± 0,609*	-1,019	-0,423	< 0,001
Hi – H	-0,924 ± 0,818*	-1,325	-0,524	< 0,001
Hn – Hi	-0,136 ± 0,178*	-0,224	-0,049	0,001
Hn – Hs	-0,858 ± 0,68*	-1,19	-0,525	< 0,001
Hn – H	-1,061 ± 0,789*	-1,447	-0,675	< 0,001
* p ≤ 0,008				



**Рисунок 108** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров



**Рисунок 109** – График изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых премоляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области **первых моляров** на уровне 1 мм от его вершины на всех этапах хирургического лечения и через 1 год после протезирования проводилось в 34 сегментах челюстей из 53 (таблица 56). В остальных 19 сегментах определялась убыль костной ткани по высоте на величину более 1 мм на каком-либо этапе хирургического лечения или

в отдаленный период, в связи с этим в этих срезах проведение измерения W1 было невозможно.

**Таблица 56** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

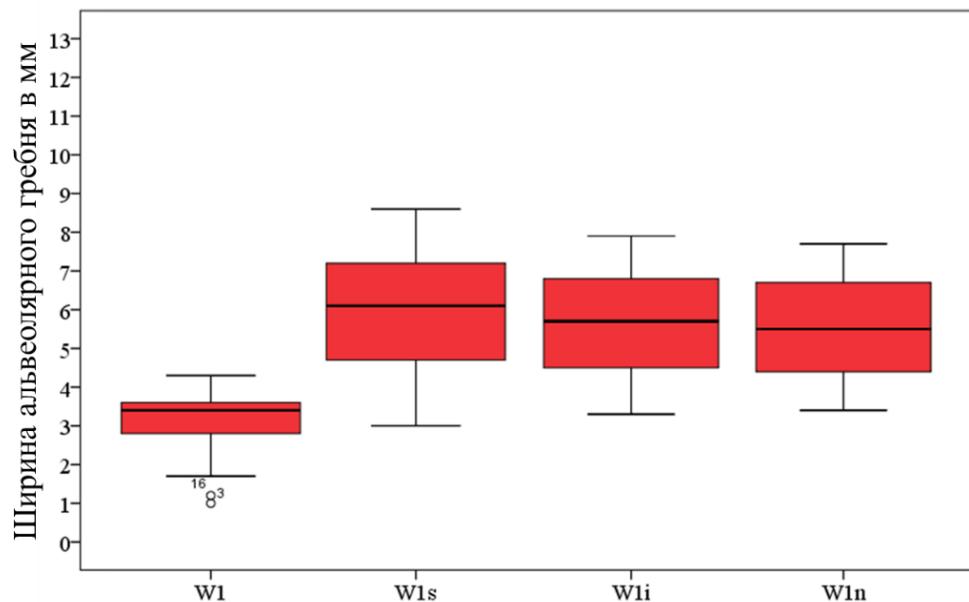
Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	34	3,268 ± 0,735
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	34	5,941 ± 1,587
W1i (ширина на высоте 1 мм от вершины после имплантации)	34	5,653 ± 1,449
W1n (ширина на высоте 1 мм от вершины через 1 год после протезирования)	34	5,544 ± 1,386

При проведении многомерного дисперсионного анализа выявлено, что в 34 изучаемых сегментах в области первого моляра прирост костной ткани по ширине на уровне 1 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после аугментации (W1s – W1) составил  $2,674 \pm 1,461$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $81,824 \pm 21,333$  %) (таблица 57, рисунок 110). Через 3-4 месяца после имплантации (W1i – W1s) произошла незначительная усадка регенерата, в среднем на  $0,288 \pm 0,209$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,848 \pm 8,811$  %). Через 1 год после протезирования (W1n – W1i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,109 \pm 0,122$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $1,928 \pm 5,784$  %).

**Таблица 57** – Динамика изменений костной ткани на уровне 1 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первого моляра

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1s – W1	2,674 ± 1,461*	1,97	3,377	< 0,001
W1i – W1s	-0,288 ± 0,209*	-0,389	-0,188	< 0,001
W1i – W1	2,385 ± 1,341*	1,74	3,031	< 0,001
W1n – W1i	-0,109 ± 0,122*	-0,167	-0,05	< 0,001
W1n – W1s	-0,397 ± 0,271*	-0,528	-0,266	< 0,001
W1n – W1	2,276 ± 1,305*	1,648	2,905	< 0,001
* p ≤ 0,008				



**Рисунок 110** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых моляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на всех этапах лечения и в отдаленный период проводилось во всех 53 сегментах челюстей в области первых моляров (таблица 58). Убыли костной

ткани по высоте на величину более 3 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте.

**Таблица 58** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на всех этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	53	5,043 ± 0,835
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	53	7,606 ± 1,43
W2i (ширина на высоте 3 мм от вершины после имплантации)	53	7,249 ± 1,32
W2n (ширина на высоте 3 мм от вершины через 1 год после протезирования)	53	7,121 ± 1,225

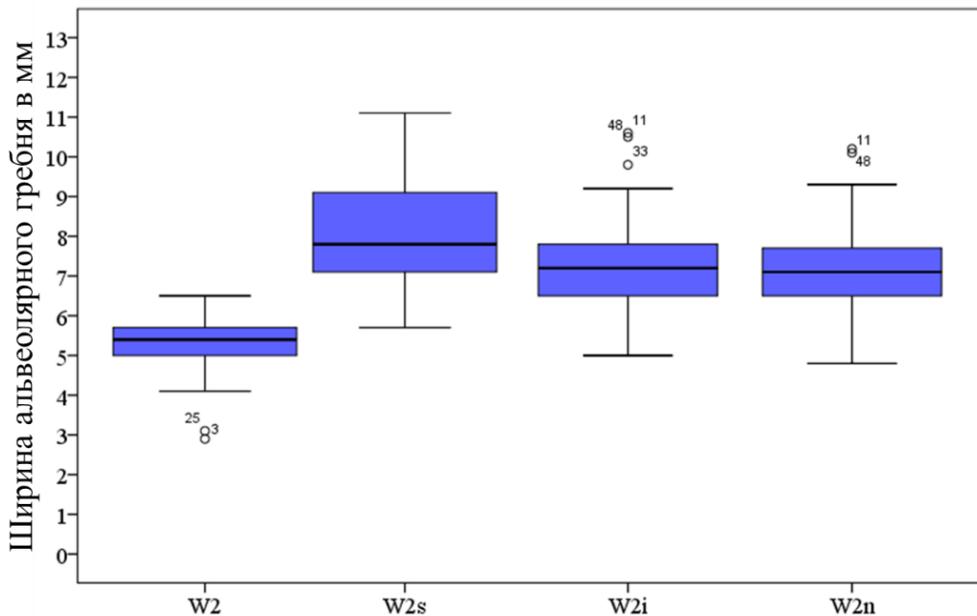
Прирост костной ткани по ширине на уровне 3 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W2s – W2) составил  $2,562 \pm 1,24$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $50,809 \pm 22,262$  %) (таблица 59, рисунок 111). Через 3-4 месяца после имплантации (W2i – W2s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,357 \pm 0,289$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,694 \pm 7,669$  %). Через 1 год после завершения ортопедического этапа (W2n – W2i) выявлена ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,128 \pm 0,149$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $1,766 \pm 4,892$  %).

**Таблица 59** – Динамика изменений костной ткани на уровне 3 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2	2,562 ± 1,24*	2,095	3,029	< 0,001
W2i – W2s	-0,357 ± 0,289*	-0,466	-0,248	< 0,001
W2i – W2	2,206 ± 1,156*	1,77	2,641	< 0,001
W2n – W2i	-0,128 ± 0,149*	-0,184	-0,072	< 0,001
W2n – W2s	-0,485 ± 0,338*	-0,612	-0,357	< 0,001
W2n – W2	2,077 ± 1,067*	1,675	2,479	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 111** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых моляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах лечения и в отдаленный период проводилось также во всех 53 сегментах челюстей в области первых моляров (таблица 60).

**Таблица 60** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	53	6,389 ± 0,906
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	53	9,079 ± 1,178
W3i (ширина на высоте 5 мм от вершины после имплантации)	53	8,708 ± 1,094
W3n (ширина на высоте 5 мм от вершины через 1 год после протезирования)	53	8,617 ± 1,106

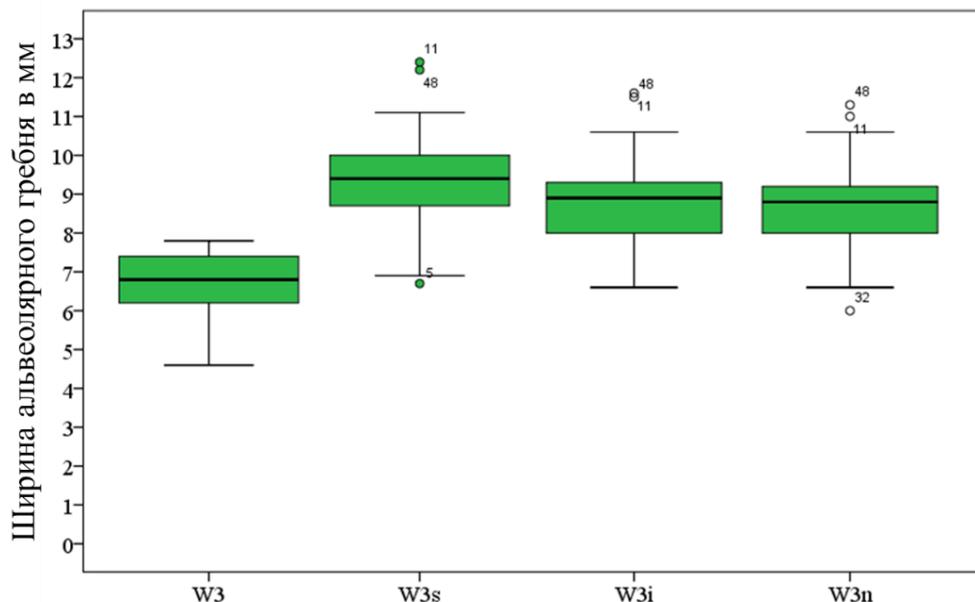
Прирост костной ткани по ширине на уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W3s – W3) в области первых моляров составил  $2,691 \pm 1,079$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $42,119 \pm 19,534$  %) (таблица 61, рисунок 112). Через 3-4 месяца после имплантации (W3i – W3s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,372 \pm 0,342$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,097 \pm 6,579$  %). В отдаленный период, через 1 год после протезирования имплантатов, произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,091 \pm 0,180$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $1,045 \pm 3,445$  %).

**Таблица 61** – Динамика изменений костной ткани на уровне 5 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

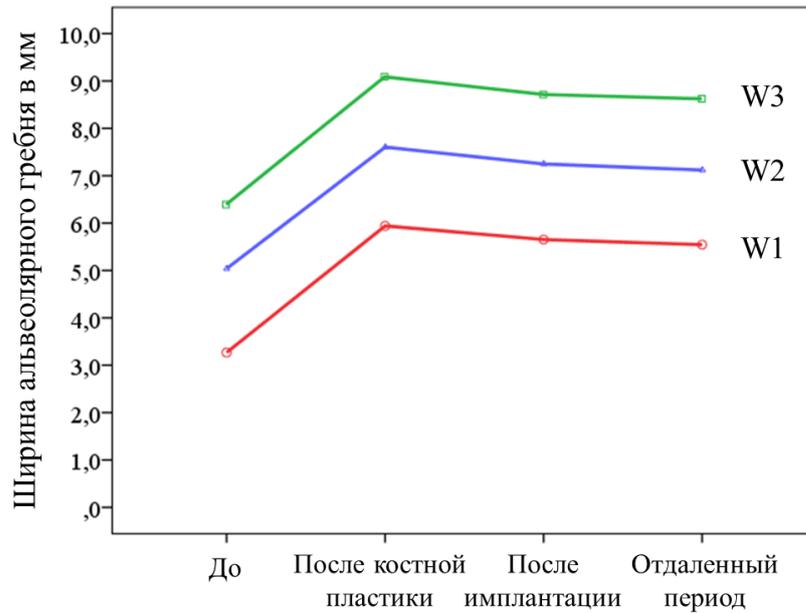
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W3s – W3	2,691 ± 1,079*	2,284	3,097	< 0,001
W3i – W3s	-0,372 ± 0,342*	-0,5	-0,243	< 0,001
W3i – W3	2,319 ± 0,967*	1,955	2,683	< 0,001
W3n – W3i	-0,091 ± 0,18*	-0,158	-0,023	0,004
W3n – W3s	-0,462 ± 0,415*	-0,619	-0,306	< 0,001
W3n – W3	2,228 ± 0,961*	1,866	2,590	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 112** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области первых моляров

График изменений параметров ширины альвеолярного гребня в области первых моляров в точках W1, W2, W3 в течение всего периода лечения представлен на рисунке 113.



**Рисунок 113** – График изменений ширины альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых моляров

При множественном сравнении изменения высоты альвеолярного гребня в области первых моляров (таблица 62), отмечается незначительная средняя убыль костной ткани на  $0,189 \pm 0,632$  мм ( $p > 0,008$ ) после аугментации по сравнению с исходной ситуацией ( $H_s - H$ ), что составляет  $1,217 \pm 2,783$  % и не является статистически значимым различием (таблица 63, рисунки 114, 115). В дальнейшем также отмечалась средняя убыль вертикального параметра альвеолярного гребня на  $0,76 \pm 0,489$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,954 \pm 5,540$  %) через 3-4 месяца после операции имплантации ( $H_i - H_s$ ) и на  $0,083 \pm 0,103$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $0,569 \pm 1,97$  %) через 1 год после ортопедического этапа лечения ( $H_n - H_i$ ).

**Таблица 62** – Показатели высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
Н (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	53	$15,528 \pm 2,339$

## Продолжение таблицы 62

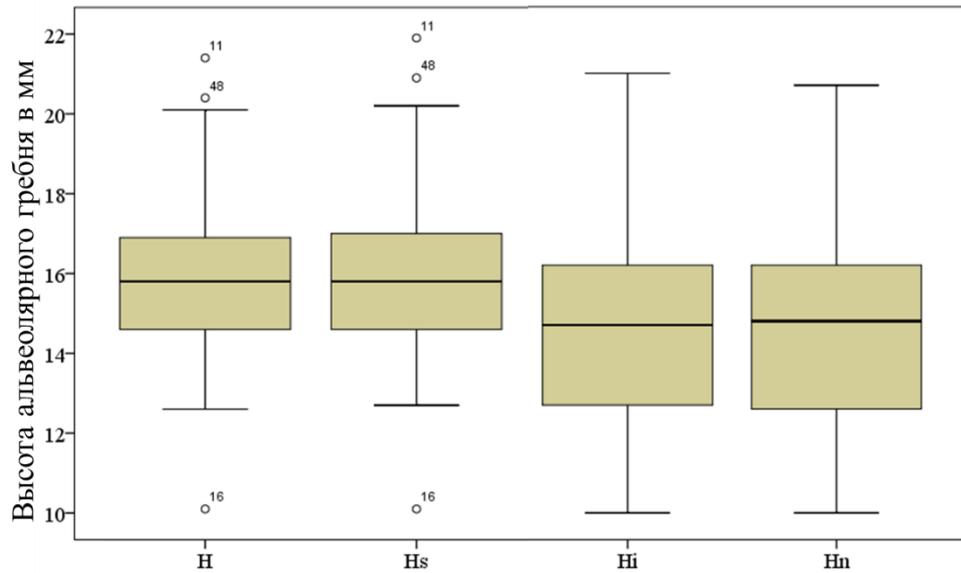
В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
Нs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	53	15,34 ± 2,488
Нi (высота альвеолярного гребня после имплантации)	53	14,579 ± 2,489
Нn (высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования)	53	14,496 ± 2,479

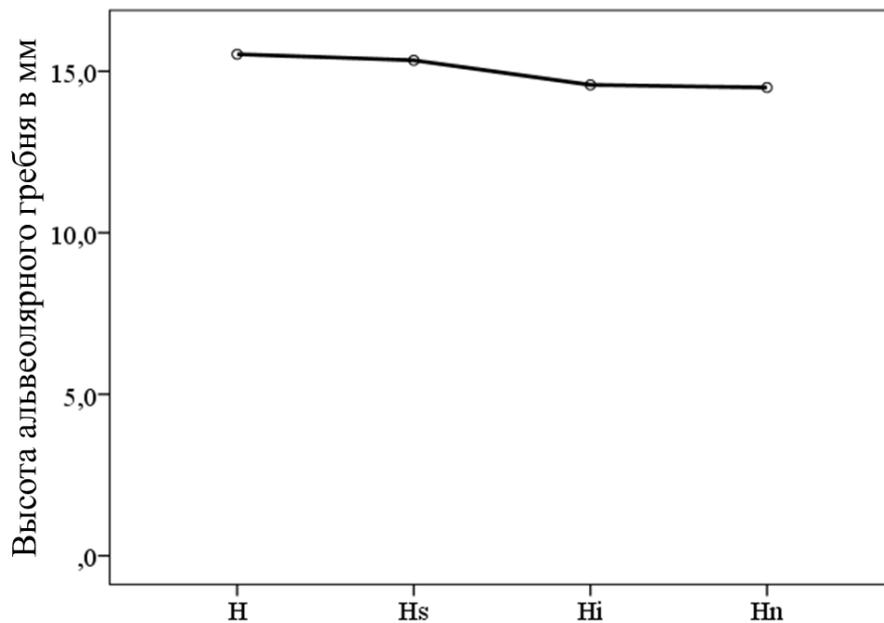
**Таблица 63** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых моляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения		Значимость	
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя		Верхняя
Нs – Н	-0,189 ± 0,632	-0,427	0,049	0,206
Нi – Нs	-0,76 ± 0,489*	-0,945	-0,576	< 0,001
Нi – Н3	-0,949 ± 0,682*	-1,206	-0,692	< 0,001
Нn – Нi	-0,083 ± 0,103*	-0,122	-0,044	< 0,001
Нn – Нs	-0,843 ± 0,498*	-1,031	-0,656	< 0,001
Нn – Н3	-1,032 ± 0,664*	-1,282	-0,782	< 0,001
* p ≤ 0,008				



**Рисунок 114** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первых моляров



**Рисунок 115** – График изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области первого моляра

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня в области **вторых моляров** на уровне 1 мм от его вершины на всех этапах лечения и через 1 год после протезирования проводилось в 22 сегментах челюстей из 29 (таблица 64). В остальных 7 сегментах определялась убыль костной ткани по высоте на величину

более 1 мм на каком-либо этапе имплантации или в отдаленный период, в связи с этим в этих срезах проведение измерения W1 было невозможно.

**Таблица 64** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины до костной пластики)	22	3,564 ± 0,806
W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины после костной пластики)	22	6,068 ± 1,324
W1i (ширина на высоте 1 мм от вершины после имплантации)	22	5,718 ± 1,251
W1n (ширина на высоте 1 мм от вершины через 1 год после протезирования)	22	5,600 ± 1,262

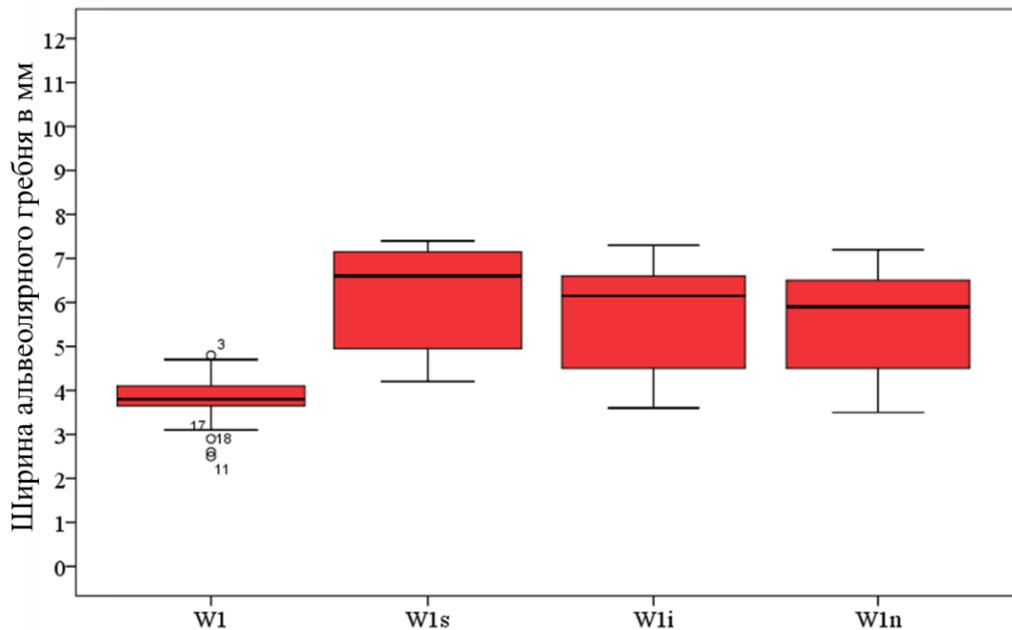
При проведении многомерного дисперсионного анализа выявлено, что в 22 изучаемых сегментах в области второго моляра прирост костной ткани по ширине на уровне 1 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после аугментации (W1s – W1) составил  $2,505 \pm 1,201$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $70,286 \pm 24,207$  %) (таблица 65, рисунок 116). Через 3-4 месяца после имплантации (W1i – W1s) произошла незначительная усадка регенерата, в среднем на  $0,350 \pm 0,265$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,768 \pm 9,464$  %). Через 1 год после протезирования (W1n – W1i) произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,118 \pm 0,122$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $2,064 \pm 5,945$  %).

**Таблица 65** – Динамика изменений костной ткани на уровне 1 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области второго моляра

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W1s – W1	2,505 ± 1,201*	1,759	3,25	< 0,001
W1i – W1s	-0,350 ± 0,256*	-0,515	-0,185	< 0,001
W1i – W1	2,155 ± 1,15*	1,441	2,869	< 0,001
W1n – W1i	-0,118 ± 0,122*	-0,194	-0,042	0,001
W1n – W1s	-0,468 ± 0,34*	-0,679	-0,257	< 0,001
W1n – W1	2,036 ± 1,17*	1,31	2,763	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 116** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 1 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на всех этапах лечения проводилось во всех 29 сегментах челюстей в

области вторых моляров (таблица 66). Убыли костной ткани по высоте на величину более 3 мм не наблюдалось ни в одном изучаемом сегменте.

**Таблица 66** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины до костной пластики)	29	6,01 ± 0,583
W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины после костной пластики)	29	8,721 ± 1,018
W2i (ширина на высоте 3 мм от вершины после имплантации)	29	8,217 ± 1,003
W2n (ширина на высоте 3 мм от вершины через 1 год после протезирования)	29	8,01 ± 0,924

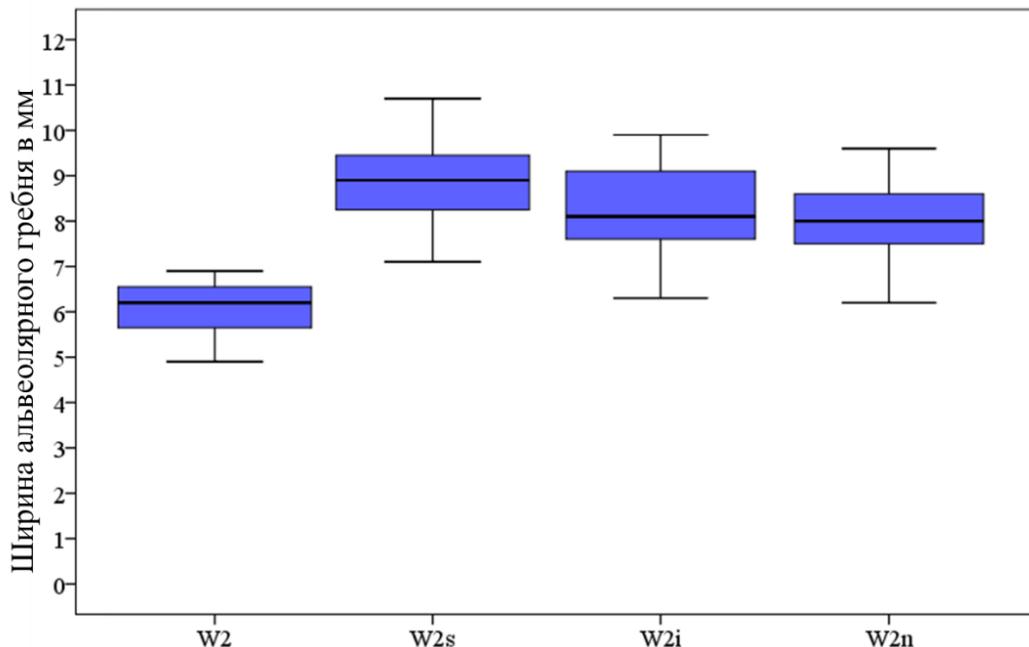
Прирост костной ткани по ширине на уровне 3 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W2s – W2) составил  $2,71 \pm 0,933$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $45,092 \pm 20,297$  %) (таблица 67, рисунок 117). Через 3-4 месяца после имплантации (W2i – W2s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,503 \pm 0,408$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,768 \pm 7,894$  %). Через 1 год после завершения ортопедического этапа (W2n – W2i) выявлена ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,207 \pm 0,227$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $2,519 \pm 5,467$  %).

**Таблица 67** – Динамика изменений костной ткани на уровне 3 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W2s – W2	2,71 ± 0,933*	2,218	3,202	< 0,001
W2i – W2s	-0,503 ± 0,408*	-0,718	-0,289	< 0,001
W2i – W2	2,207 ± 0,934*	1,715	2,699	< 0,001
W2n – W2i	-0,207 ± 0,227*	-0,326	-0,087	< 0,001
W2n – W2s	-0,71 ± 0,475*	-0,961	-0,46	< 0,001
W2n – W2	2 ± 0,889*	1,531	2,469	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 117** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 3 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

Множественное сравнение ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на всех этапах лечения проводилось также во всех 29 сегментах челюстей в области вторых моляров (таблица 68).

**Таблица 68** – Показатели ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
W3 (ширина на высоте 5 мм от вершины до костной пластики)	29	7,569 ± 0,653
W3s (ширина на высоте 5 мм от вершины после костной пластики)	29	10,421 ± 0,806
W3i (ширина на высоте 5 мм от вершины после имплантации)	29	9,893 ± 0,971
W3n (ширина на высоте 5 мм от вершины через 1 год после протезирования)	29	9,783 ± 0,987

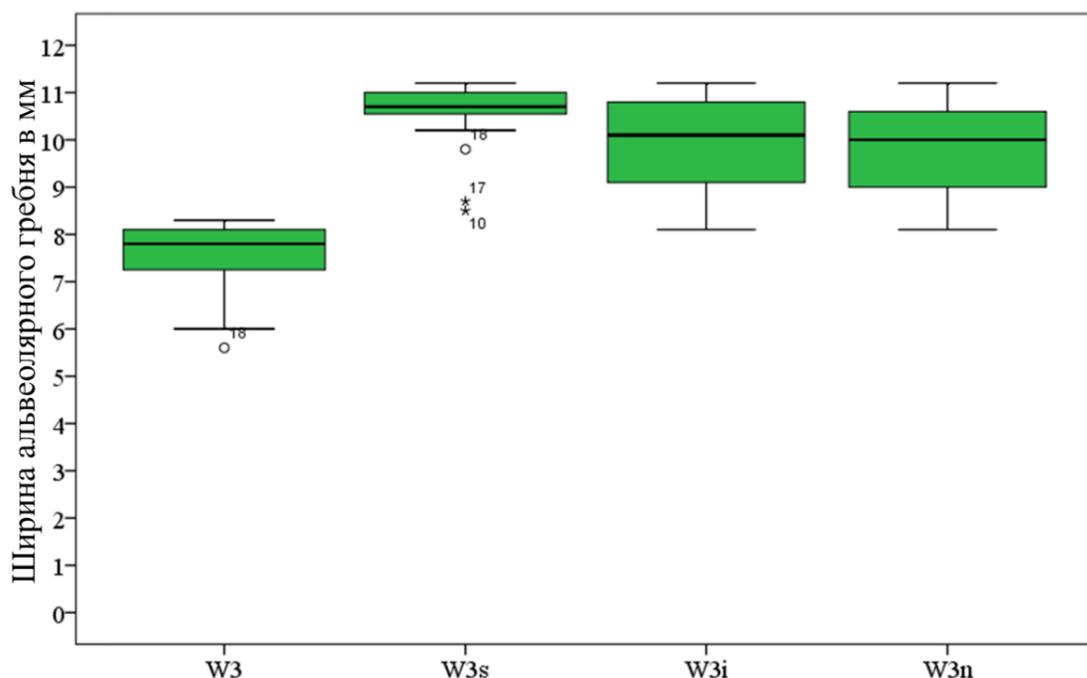
Прирост костной ткани по ширине на уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после реконструкции (W3s – W3) в области первых моляров составил  $2,852 \pm 0,701$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $37,68 \pm 17,614$  %) (таблица 69, рисунок 118). Через 3-4 месяца после имплантации (W3i – W3s) произошла незначительная усадка аугментата, в среднем на  $0,528 \pm 0,418$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $5,067 \pm 6,794$  %). В отдаленный период, через 1 год после протезирования имплантатов, произошла ещё незначительная редукция объема, в среднем на  $0,11 \pm 0,111$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $1,112 \pm 3,334$  %).

**Таблица 69** – Динамика изменений костной ткани на уровне 5 мм от вершины гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

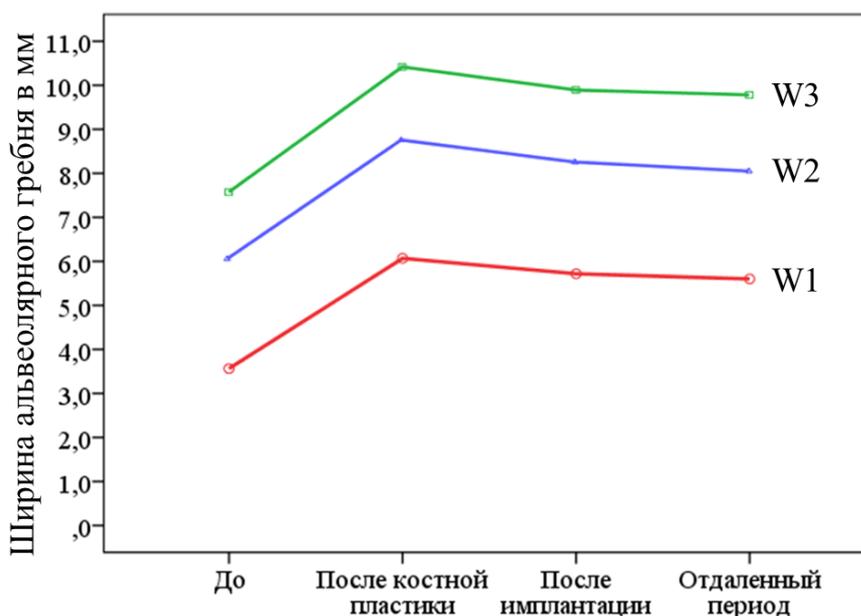
Пара	Множественные сравнения			Значимость
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя	Верхняя	
W3s – W3	2,852 ± 0,701*	2,482	3,221	< 0,001
W3i – W3s	-0,528 ± 0,418*	-0,748	-0,307	< 0,001
W3i – W3	2,324 ± 0,853*	1,874	2,774	< 0,001
W3n – W3i	-0,11 ± 0,111*	-0,169	-0,052	< 0,001
W3n – W3s	-0,638 ± 0,453*	-0,877	-0,399	< 0,001
W3n – W3	2,214 ± 0,878*	1,751	2,677	< 0,001

\* p ≤ 0,008



**Рисунок 118** – Динамика изменений ширины альвеолярного гребня на уровне 5 мм от его вершины на разных этапах лечения в области вторых моляров

График изменений параметров ширины альвеолярного гребня в области вторых моляров в точках W1, W2, W3 в течение всего периода лечения проиллюстрирован на рисунке 119.



**Рисунок 119** – График изменений ширины альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

При множественном сравнении изменений высоты альвеолярного гребня в области вторых моляров (таблица 70), отмечается незначительная средняя убыль костной ткани на  $0,003 \pm 0,4$  мм ( $p > 0,008$ ) после аугментации по сравнению с исходной ситуацией ( $H_s - H$ ), что составляет  $0,021 \pm 0,383$  % и не является статистически значимым различием (таблица 71, рисунки 120, 121). В дальнейшем также отмечалась средняя убыль вертикального параметра альвеолярного гребня на  $0,628 \pm 0,382$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $4,396 \pm 5,424$  %), через 3-4 месяца после операции имплантации ( $H_i - H_s$ ) и на  $0,131 \pm 0,156$  мм ( $p \leq 0,008$ ) ( $0,959 \pm 2,637$  %), через 1 год после ортопедического этапа лечения ( $H_n - H_i$ ).

**Таблица 70** – Показатели высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение ( $M \pm Sd$ )
Н (высота альвеолярного гребня до костной пластики)	29	$14,29 \pm 2,642$

Продолжение **таблицы 70**

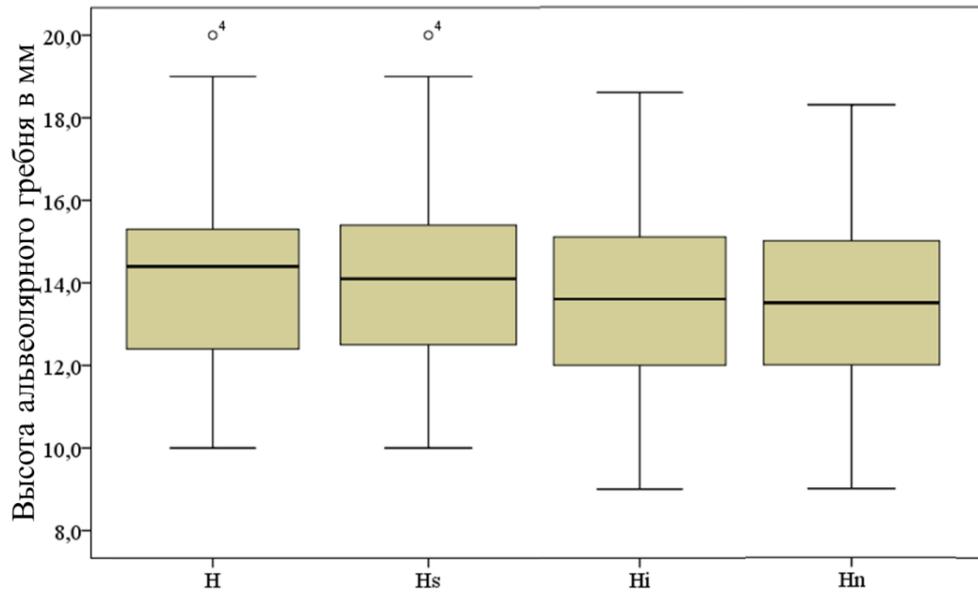
В миллиметрах

Показатель	Количество	Среднее значение (M ± Sd)
Нs (высота альвеолярного гребня после костной пластики)	29	14,286 ± 2,655
Нi (высота альвеолярного гребня после имплантации)	29	13,659 ± 2,568
Нn (высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования)	29	13,528 ± 2,51

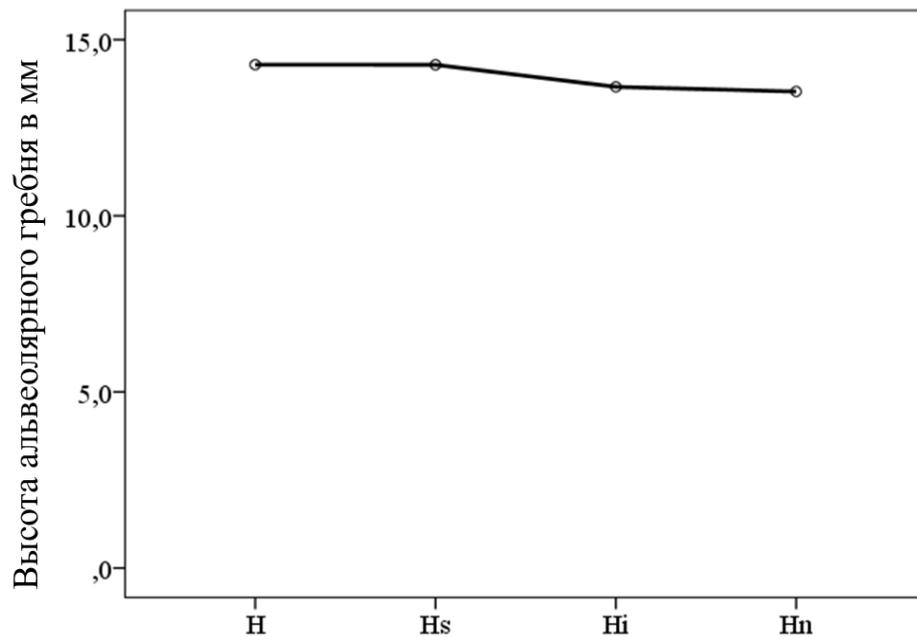
**Таблица 71** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

В миллиметрах

Пара	Множественные сравнения		Значимость	
	Средняя разность (M ± Sd)	95% доверительный интервал для разности		
		Нижняя		Верхняя
Нs – Н	-0,003 ± 0,4	-0,215	0,208	1,000
Нi – Нs	-0,628 ± 0,382*	-0,829	-0,426	< 0,001
Нi – Н3	-0,631 ± 0,48*	-0,884	-0,378	< 0,001
Нn – Нi	-0,131 ± 0,156*	-0,213	-0,049	0,001
Нn – Нs	-0,759 ± 0,466*	-1,004	-0,513	< 0,001
Нn – Н3	-0,762 ± 0,544*	-1,049	-0,475	< 0,001
* p ≤ 0,008				



**Рисунок 120** – Динамика изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

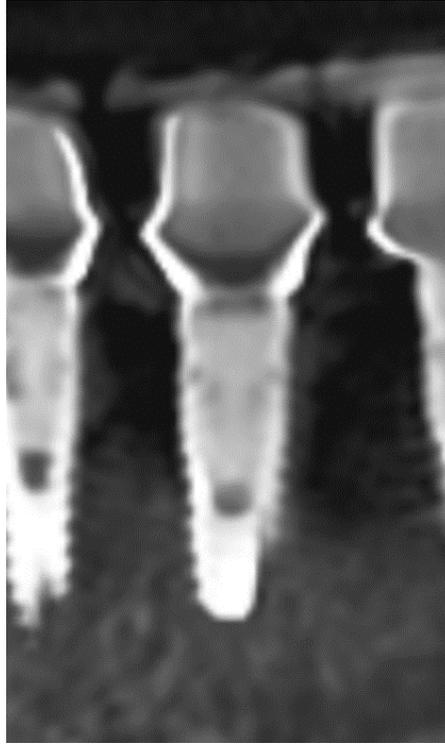


**Рисунок 121** – График изменений высоты альвеолярного гребня на разных этапах лечения в области вторых моляров

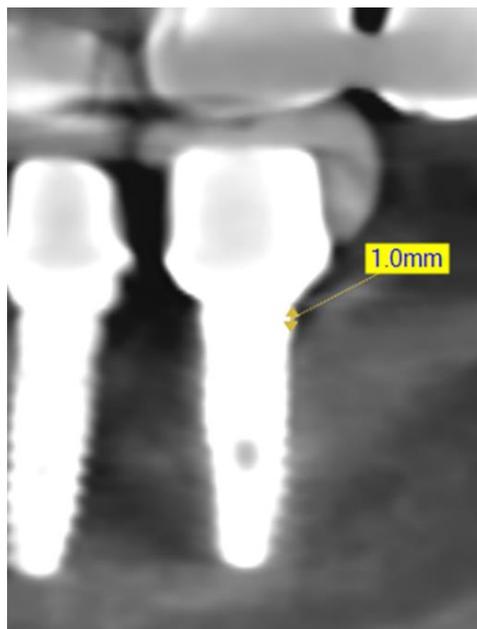
### 3.3.3 Оценка потери маргинальной костной ткани в области имплантата через 1 год после протезирования

По результатам КЛКТ-исследования через 1 год после протезирования, убыль апроксимальной костной ткани мезиально от уровня платформы

имплантата составила 0,1 [0; 0,2] мм, максимум – 0,7 мм. Дистальнее имплантата потеря апроксимальной маргинальной кости произошла на 0,2 [0; 0,4] мм, максимум на 1 мм (рисунки 122, 123).



**Рисунок 122** – Стабильный уровень маргинальной костной ткани апроксимально платформы имплантата через 1 год после протезирования



**Рисунок 123** – Потеря маргинальной костной ткани с дистальной поверхности имплантата на 1 мм через 1 год после протезирования

Следует отметить, что зачастую отличить убыль кости от артефакта КЛКТ в виду присутствия большого количества металлических объектов (имплантат, супраструктура) было затруднительно.

Таким образом, полученные клинико-радиологические результаты через 1 год после протезирования свидетельствуют о стабильном уровне костной ткани в области реконструкции альвеолярного гребня методом модифицированной двухэтапной сплит-техники. 100 % выживаемость имплантатов, стабильный уровень маргинальной костной ткани через 1 год после протезирования позволяют оценить результат проведенного лечения как ранний успех имплантации по Т. Albrektsson и С.Е. Misch [205, 302].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние десятилетия дентальные имплантаты значительно изменили возможности ортопедической реабилитации пациентов с потерей зубов с очень обнадеживающими долгосрочными результатами. Однако первоначальная концепция использования только имеющейся резидуальной альвеолярной кости для установки имплантатов часто приводила к далеко не идеальным результатам с функциональной и эстетической точек зрения [138]. С годами идея ортопедически-ориентированного позиционирования имплантатов завоевала доверие и в настоящее время считается золотым стандартом в имплантологии [188]. Эта концепция особенно важна в ситуациях, когда в результате атрофии альвеолярного гребня, протекающей всегда после удаления зуба в достаточно кратчайшие сроки [102], наблюдается дефицит альвеолярной кости для установки имплантата в надлежащую ортопедическую позицию. В этом случае необходимо воссоздать идеальные условия с точки зрения объема и качества костной ткани и окружающих мягких тканей после предварительного планирования всего лечения.

Для восполнения недостающих горизонтальных параметров альвеолярного гребня существует большое количество методик костной реконструкции. Особенно данная проблема актуальна в боковых отделах нижней челюсти [110], отличающихся наличием важных анатомических образований, повреждение которых может привести к серьёзным осложнениям. Проведенный анализ литературы показал, что нет чётких критериев выбора того или иного способа остеoaугментации при редукции костной ткани [138, 240, 300].

Выбор тактики реабилитации пациентов при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти, а также проведения всего имплантологического лечения, в первую очередь, зависит от грамотного планирования, исходящего от предполагаемой ортопедической финальной конструкции. Большую роль в данном планировании играют правильная клиническая оценка морфологии альвеолярного гребня, как костного, так и мягкотканного компонентов, анализ КЛКТ-исследования, определение объемных

характеристик резидуального альвеолярного гребня. Однако в настоящее время отсутствуют объективные универсальные алгоритмы, применимые для научных исследований и в клинической практике, оценивающие состояние костной ткани на предмет возможности имплантологического лечения, необходимости костной аугментации, дающие информацию о её направлении и способе, а также оценке в динамике на всех этапах имплантологического лечения.

В настоящее время очень часто практикующие врачи предпочитают малоинвазивные методы костной пластики, не требующие продвинутых мануальных навыков, однако иногда уступающие в качестве получаемого аугментата. При этом методики, технически сложные в исполнении, но основанные на биологических принципах регенерации, используются реже. Тем не менее выбор способа костной аугментации должен зависеть от ортопедически-ориентированного планирования, выполняться по показаниям, а не по предпочтениям хирурга. Цифровые технологии, повсеместно используемые в медицине и стоматологии, помогают оптимизировать проведение сложных высокоэффективных способов костной пластики и расширить их применение в клинической практике.

Таким образом, основной целью данной работы явились оптимизация цифрового планирования и хирургического лечения в условиях горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти при использовании модифицированной двухэтапной сплит-техники и оценка её эффективности.

Исследование было проведено на базе стоматологической поликлиники Института Стоматологии, кафедр хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации в период с 2017 по 2022 год и включало 52 пациента в возрасте 50 [26 - 66] лет (Me [Min - Max]), преимущественно женского пола ( $69,231 \pm 6,4$  %) с частичной потерей зубов. Всем пациентам проведено

клиническое и радиологическое обследование, планирование лечения с учётом будущих ортопедических реставраций по разработанному персонифицированному алгоритму. 20 человек из общего количества пациентов, имеющие незначительную горизонтальную атрофию альвеолярного гребня и не требующие предварительной костной аугментации, были выделены как контрольная группа, им проводилась только операция имплантации с забором костных трепанобиоптатов для гистоморфометрического метода исследования (37 образцов). Пациенты из группы изучения прооперированы методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого расширения альвеолярного гребня, через 6 месяцев после которой проведена операция имплантации. На этапе подготовки ложа под имплантат во вновь сформированной костной ткани был проведен забор костного трепанобиоптата. Гистологический материал подвергся специальной обработке, в результате которой было подготовлено 37 образцов регенерата. КЛКТ-исследование проведено при исходной ситуации, через 6 месяцев после костной пластики, через 3-4 месяца после имплантации, через 1 год после протезирования.

В отечественной и зарубежной литературе на этапе диагностики и при оценке эффективности той или иной методики костной пластики часто используются данные КЛКТ [86, 121, 153, 186, 193, 210, 255, 262]. Однако по результатам обзора литературы выявлено, что не существует объективного последовательного алгоритма измерений параметров альвеолярного гребня. Разработан подобный персонифицированный алгоритм для оценки состояния костной ткани в боковых отделах нижней челюсти (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.), который заключается в следующем. После предварительного планирования протетической конструкции и определения трёхмерной ортопедически-ориентированной позиции подлежащего к установке имплантата данные КТ загружаются в программу для просмотра DICOM-файлов с интерактивной системой координат, проводится переориентация осей сечения в реформатах для получения кроссекции в изучаемом сегменте. Визуально, на основе неизменяемых анатомических структур, переносится ортопедически-

ориентированная позиция имплантата. Далее проводятся референсные линии: горизонтальная линия по верхней границе нижнечелюстного канала, горизонтальная линия по вершине альвеолярного гребня, вертикальная линия, параллельная оси имплантата. Измеряются такие параметры, как Н (высота альвеолярного гребня между двумя проведёнными горизонтальными линиями); W (ширина вершины гребня параллельно горизонтальным линиям); W1 (ширина на расстоянии 1 мм от пика гребня); W2 (ширина на расстоянии 3 мм); W3 (ширина на расстоянии 5 мм). При этом через 6 месяцев после костной пластики референсные линии переносятся на данные КЛКТ без изменения направления и расстояния между ними. Таким образом, все измерения ширины гребня проводятся на одном уровне, что и до операции, опираясь от верхней границы нижнечелюстного канала.

Для обоснования объективности получаемых при разработанном алгоритме результатов проведено сравнение исходных параметров альвеолярного гребня, а также прироста костной ткани после проведения реконструкции при алгоритме и классической схеме измерений, опирающейся при проведении замеров на ось гребня, а не ортопедически-ориентированную позицию имплантата и не учитывающую тот факт, что вершина гребня может сместиться после костной пластики в корональном или апикальном направлении, беря за точку отсчёта именно её. Выявлялось некорректное исходное измерение высоты альвеолярного гребня (Н) при классической схеме, завышенное на  $1,445 \pm 3,64$  мм ( $9,266 \pm 7,343$  %). В связи с тем, что альвеолярный гребень в боковых отделах нижней челюсти зачастую имеет выраженный язычный наклон, что коррелирует с данными других авторов [135, 155, 160, 230], измерение его высоты вдоль направления может привести к неправильному выбору длины свёрл и имплантата, перфорации лингвальной стенки в области язычного поднутрения [207], травме сосудов в данной области [135, 275], формированию гематомы [209], развитию абсцессов и флегмон в подъязычном, окологлоточном пространствах [230].

Классическая схема измерений не позволяет оценить достаточность костной ткани для установки имплантата. Напротив, разработанный

персонализированный алгоритм даёт такую возможность за счёт размещения виртуального аналога имплантата на поперечном КЛКТ-срезе. При этом при дефиците костной ткани алгоритм помогает выбрать способ и направление костной аугментации.

При сравнении показателей прироста ширины альвеолярного гребня после проведения костной реконструкции методом двухэтапного расщепления при двух схемах измерений отмечалось завышение показателей при классическом варианте на  $0,988 \pm 1,86$  мм ( $54,739 \pm 37,049$  %) в области вершины гребня ( $\Delta W$ ), на  $1,299 \pm 2,07$  мм ( $64,18 \pm 33,702$  %) на расстоянии 1 мм от неё ( $\Delta W1$ ), на  $0,819 \pm 1,678$  мм ( $30,446 \pm 28,058$  %) на дистанции 3 мм от пика гребня ( $\Delta W2$ ), на  $0,503 \pm 1,31$  мм ( $17,144 \pm 22,003$  %) на уровне 5 мм ( $\Delta W3$ ). Через 6 месяцев в связи со смещением вершины альвеолярного гребня изменялись направление и величина высоты ( $H$ ). Таким образом, в виду перемены основной оси, относительно которой проводились все замеры ширины при классической схеме, полученные данные нельзя назвать корректными. Многие исследования не учитывают данные факты [86, 191, 246]. Напротив, разработанный алгоритм, отталкивающийся от будущей позиции имплантата, которая не меняется в течение всего лечения, является объективным методом оценки. Измерения ширины альвеолярного гребня при данном способе до и после костной пластики проводятся строго на одном уровне, независимо от изменяющегося в большую или меньшую сторону параметра высоты.

Таким образом, на основании полученных данных по сравнению двух схем измерений можно сделать вывод, что разработанный персонализированный алгоритм является объективным средством диагностики и динамической оценки состояния костной ткани на этапах имплантологического лечения. Использование классического варианта замеров не оправдано для определения исходных параметров альвеолярного гребня, а также оценки прироста костной ткани после проведения её реконструкции, а, следовательно, динамического наблюдения.

С целью оптимизации метода модифицированной двухэтапной сплит-техники, которая является достаточно сложной в исполнении, был разработан

цифровой направляющий шаблон (патент РФ № 2779693 С1). Он позволяет выполнить предварительно запрограммированные остеотомии в необходимых направлениях максимально точно, безопасно для таких анатомических структур, как нижнечелюстной канал, ментальное отверстие. Среднее время операции костной пластики с использованием индивидуального шаблона составило  $108,5 \pm 10,475$  мин, что на  $16,179 \pm 3,237$  % меньше, чем без его применения. Таким образом, разработанный индивидуальный шаблон для расщепления альвеолярного гребня позволяет провести атравматичное формирование остеотомий при проведении сплит-техники с минимальной потерей костной ткани, без риска травматизации сосудисто-нервного пучка, сокращает время операции, упрощает проведение вмешательства, оптимизирует данный метод.

Для оценки эффективности операции модифицированной двухэтапной сплит-техники использовались клинические, радиологический и гистоморфометрический методы исследования.

При изучении особенностей раннего послеоперационного периода после проведения костной пластики указанным способом было установлено, что у всех пациентов отмечались боли умеренной интенсивности 4 [3; 5] балла (из 10) на первые сутки. При этом болевые ощущения с течением времени уменьшались и проходили совсем к 14-м суткам после операции. Выявлялся достаточно выраженный коллатеральный отёк мягких тканей, который был максимальным на 3-и сутки после операции – 3 [2; 3] балла (из 3), затем уменьшался и не определялся совсем через 2 недели после вмешательства. В  $47,273 \pm 6,732$  % случаев отмечалось формирование гематомы у пациентов, в  $1,818 \pm 1,802$  % операций определялось осложнение – расхождение швов на 7-е сутки после операции костной пластики. Рана в данном случае заживала вторичным натяжением. Признаков инфицирования аугментата не отмечалось. Оценка признаков раннего послеоперационного периода позволяет сделать вывод, что операция двухэтапного расщепления альвеолярного гребня является малотравматичной, хорошо переносится пациентами.

Клиническая оценка увеличения ширины альвеолярного гребня через 6 месяцев после его расщепления, проводимая после отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов с использованием пародонтального зонда и микрометра, показала, что средний прирост ширины гребня в области его вершины составил  $2,303 \pm 1,241$  мм ( $140,256 \pm 58,639$  %), на уровне 3 мм от пика гребня –  $2,678 \pm 1,313$  мм ( $80,882 \pm 21,611$  %) ( $p \leq 0,05$ ). При этом во время операции имплантации определялась клинически зрелая и хорошо кровоснабжаемая костная ткань. Полученные показатели коррелировали с данными других исследователей. По результатам D.J. Holtzclaw с соавторами (2010) средний прирост ширины альвеолярного гребня при интраоперационных измерениях с помощью пародонтального зонда составил  $4,03 \pm 0,67$  мм после проведения двухэтапного расщепления [197]. При этом при одиночных дефектах показатель ширины увеличился на  $3,38 \pm 0,25$  мм, при множественных –  $4,25 \pm 0,62$  мм.

При измерении исходных КЛКТ-параметров альвеолярного гребня по разработанному персонифицированному алгоритму выявлено, что средняя ширина его вершины (W) составила  $1,557 \pm 0,503$  мм, на расстоянии 1 мм от пика (W1) –  $3,248 \pm 0,872$  мм, 3 мм (W2) –  $5,07 \pm 0,984$  мм, 5 мм (W3) –  $6,402 \pm 1,132$  мм. Средняя высота альвеолярного гребня от его вершины до верхней границы нижнечелюстного канала (H) была равна  $15,459 \pm 2,647$  мм. Статистически значимые различия между группами были выявлены только в области второго моляра по сравнению с другими беззубыми участками на уровнях 3 и 5 мм от вершины гребня (W2, W3). Таким образом, определяются большие показатели ширины альвеолярного гребня на расстоянии ниже 3 мм от его вершины в области вторых моляров. Это связано с наличием такого важного анатомического образования, как наружная косая линия нижней челюсти, представленная, в основном, кортикальной костью [181], что в публикациях отмечают многие учёные, подчёркивая значение этой особенности в костной реконструкции [177, 218].

По результатам анализа КЛКТ до лечения и через 6 месяцев после костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники

контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня по разработанному алгоритму выявлен прирост костной ткани в области вершины гребня ( $W_s - W$ ) в размере  $2,016 \pm 1,466$  мм ( $124,534 \pm 43,441$  %), на уровне 1 мм от его вершины ( $W1_s - W1$ ) –  $2,068 \pm 1,611$  мм ( $62,724 \pm 26,63$  %), 3 мм ( $W2_s - W2$ ) –  $2,754 \pm 1,1$  мм ( $54,320 \pm 22,123$  %), 5 мм ( $W3_s - W3$ ) –  $2,924 \pm 1,02$  мм ( $45,673 \pm 19,687$ ) % ( $p \leq 0,05$ ). Таким образом, наибольший процентный прирост костной ткани наблюдался в области вершины гребня ( $p \leq 0,008$ ), и далее снижался при более апикальных уровнях измерения ( $p > 0,008$ ). Из этого можно сделать вывод, что исследуемый метод костной пластики позволяет восполнить недостающие объемы именно там, где это особенно необходимо – в корональной части альвеолярного гребня. Эта зона является чаще всего дефицитной, но при этом наиболее важной для размещения платформы имплантата в достаточном объеме костной ткани [228].

Наибольшие показатели прироста костной ткани по ширине были выявлены при концевых множественных дефектах по сравнению с остальными ( $p \leq 0,05$ ). При этом более стабильные и равномерные результаты были получены в области моляров нижней челюсти. Выявлена положительная корреляция между углом наклона альвеолярного гребня и получаемым приростом костной ткани по ширине на уровнях вершины гребня ( $\Delta W$ ), 1 мм ( $\Delta W1$ ) и 3 мм ( $\Delta W2$ ) ( $p \leq 0,05$ ). Наибольшие значения увеличения горизонтальных параметров альвеолярного гребня в данных точках определены при угле наклона более  $15^\circ$ . Применяемый статистический метод, а именно регрессионный анализ, позволил определить формулы для расчёта ожидаемого прироста ширины костной ткани после проведения реконструкции изучаемым методом в зависимости от исходного угла наклона альвеолярного гребня. Для прогнозирования увеличения ширины альвеолярного гребня на уровне вершины гребня ( $\Delta W$ ) можно использовать формулу « $\Delta W = 0,183 \cdot A - 0,745$ », на уровне 1 мм от неё ( $\Delta W1$ ) – « $\Delta W1 = 0,071 \cdot A - 0,144$ ».

В некоторых клинических случаях параметр высоты костной ткани ( $H_s - H$ ) оставался неизменным, увеличивался или уменьшался. Среднее изменение

высоты альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики ( $H_s - H$ ) составило  $-0,182 \pm 0,715$  мм ( $1,178 \pm 2,743$  %) ( $p \leq 0,05$ ). Редукция высоты наблюдалась в таких случаях, когда изначально вершина альвеолярного гребня была минимальна по ширине и представлена на значительном расстоянии кортикальной костной тканью. Средняя убыль кости по высоте не была решающей в выборе размера имплантата, это не вызывало нарушений в соотношении «длина имплантата/высота коронки». Большая редукция вертикального параметра альвеолярного гребня после проведения костной реконструкции отмечалась в области премоляров.

Полученные результаты КЛКТ-исследования соответствовали данным других авторов [73, 91, 94, 104, 165, 197], однако объективного сравнения провести достаточно сложно в связи с тем, что в большинстве исследований измерения проводились по аналогичным классической схеме, или алгоритм замеров не указывался вовсе. По данным Н.Ф. Ямурковой (2015) усредненный прирост ширины альвеолярного гребня по данным КТ через 6 месяцев после межкортикальной остеотомии на нижней челюсти составил  $4,37 \pm 0,19$  мм [73]. При одномоментном с имплантацией расщеплении выявлен прирост костной ткани по ширине на  $3,35 \pm 0,34$  мм по результатам Е. Anitua и соавторов (2013), на  $5,17 \pm 0,86$  мм по данным А. Scarano и соавторов (2015) [104, 165]. После проведения трёхэтапного расщепления альвеолярного гребня средний прирост ширины альвеолярного гребня по результатам I. Agabiti с соавторами (2017) составил  $2,7 \pm 0,8$  мм, по данным G.H. Nu с соавторами (2018) –  $3 \pm 0,36$  мм [91, 94].

Таким образом, можно выделить следующие показания для проведения указанного метода костной пластики – множественные концевые горизонтальные дефекты в боковых отделах нижней челюсти, преимущественно в области моляров, с выраженным наклоном альвеолярного гребня в язычную сторону (угле наклона альвеолярного гребня более  $15^\circ$ ), при достаточном вертикальном параметре ( $H \geq 10$  мм) и наличии губчатого вещества минимум 1 мм между кортикальными пластинками.

При гистоморфометрическом исследовании костных трепанобиоптатов, полученных через 6 месяцев из зоны реконструкции, выявлена костная ткань хорошего качества с наличием всех структурных элементов, характеризующих нормальную кость. Определено небольшое количество остеопластического материала, относительная площадь которого составила  $13,659 \pm 6,71 \%$ , сохраняющего организацию коллагеновых волокон и включённого в костные балки. Обнаружено большое относительное количество витальных остеоцитов  $74,01 \pm 5,99 \%$  в изучаемой группе по сравнению с группой контроля  $53,691 \pm 4,085 \%$  ( $p \leq 0,05$ ). В связи с чем можно сделать вывод, что через 6 месяцев после проведения костной пластики методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня была получена жизнеспособная костная ткань. В одном препарате из группы изучения ( $2,703 \pm 2,666 \%$ ) наблюдалась дезорганизация коллагеновых волокон и отсутствие лакун в поверхностной части костного столбика, что является признаками некроза данного участка регенерата. Этот материал был получен у пациента, у которого в раннем послеоперационном периоде наблюдалось расхождение швов. В связи с этим можно сделать вывод, что исследуемый вид костной пластики является требовательным по отношению к дизайну, мобилизации лоскута, герметичному ушиванию раны.

Полученные результаты морфологического исследования коррелировали с результатами других авторов. По данным M.S. Cha и соавторов (2014) гистологическое исследование костного трепанобиоптата, взятого через 4 месяца после проведения двухэтапного расщепления гребня, показало формирование новой костной ткани вокруг остеопластического материала и отсутствие воспалительной реакции [200]. Хотя формирование кости было неполным через четыре месяца после костной аугментации, место регенерации было сочтено подходящим для установки имплантата. Результаты морфологического исследования Н.Ф. Ямурковой (2015) демонстрировали, что в биоптатах, полученных через 6 месяцев после отсроченного расщепления альвеолярного гребня, на долю зрелой костной ткани пришлось  $47,3 \pm 0,9\%$  [73].

Гистоморфометрический анализ, проведённый А. Scarano с соавторами (2015) после одномоментного расщепления гребня, показал  $64 \pm 3,1$  % вновь сформированной костной ткани,  $8 \pm 0,8$  % костного мозга,  $27 \pm 2,6$  % оставшегося остеопластического материала в исследуемых образцах [165]. Вновь образованная костная ткань находилась в близком контакте с участками остеопластического материала без врастания мягких тканей. Воспалительных и гигантских многоядерных клеток обнаружено не было.

Показателем эффективности методики костной пластики служит не только получаемый прирост костной ткани надлежащего качества, но и стабильность полученного результата с течением времени, что позволяет говорить о прогнозируемости выбранного способа. Для определения прогнозируемости метода модифицированной двухэтапной сплит-техники была проведена динамическая оценка, а также анализ отдаленных результатов. При множественном сравнении показателей ширины и высоты альвеолярного гребня до, через 6 месяцев после костной пластики, через 3-4 месяца после имплантации и через 1 год после протезирования выявлен стабильный результат. Так, усадка регенерата на уровне 1 мм от вершины гребня произошла на  $0,251 \pm 0,518$  мм ( $4,181 \pm 8,169$  %) через 3-4 месяца после имплантации ( $W1i - W1s$ ) и на  $0,133 \pm 0,171$  мм ( $2,313 \pm 6,268$  %) через 1 год после протезирования ( $W1n - W1i$ ) ( $p \leq 0,008$ ). На уровне 3 мм от пика гребня редукция костной ткани произошла на  $0,435 \pm 0,351$  мм ( $5,56 \pm 8,192$  %) через 3-4 месяца после имплантации ( $W2i - W2s$ ) и на  $0,148 \pm 0,18$  мм ( $2,003 \pm 5,155$  %) через 1 год после протезирования ( $W2n - W2i$ ) ( $p \leq 0,008$ ). На уровне 5 мм от вершины альвеолярного гребня ширина костной ткани уменьшилась на  $0,446 \pm 0,382$  мм ( $4,783 \pm 6,988$  %) через 3-4 месяца после имплантации ( $W3i - W3s$ ) и на  $0,092 \pm 0,138$  мм ( $1,036 \pm 3,398$  %) через 1 год после протезирования ( $W3n - W3i$ ) ( $p \leq 0,008$ ). Данная усадка является незначительной и не влияет на долгосрочный результат имплантологического лечения.

По данным В. Elnayef с соавторами (2018) через 6 месяцев после реконструкции отмечалась резорбция костной ткани на  $0,75 \pm 0,59$  мм при

использовании аутогенных костных блоков и на  $1,22 \pm 0,28$  мм при направленной костной регенерации [300]. Таким образом, при использовании исследуемого метода костной пластики отмечается меньший объем редукции регенерата по сравнению с некоторыми другими способами.

Все 127 имплантатов, установленных после проведения двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня, демонстрировали 100 % выживаемость через 1 год после протезирования. По результатам пародонтального скрининга PSI случаев периимплантита выявлено не было. По результатам КЛКТ-исследования в отдаленный период убыль апроксимальной костной ткани мезиально от уровня платформы имплантата составила максимум 0,7 мм, дистально – максимум 1 мм. В соответствии с критериями Т. Albrektsson и С.Е. Misch можно констатировать ранний успех проведенного имплантологического лечения [189, 302]. Следует отметить, что полученный успешный результат был достигнут не только благодаря проведению костной пластики в необходимом направлении и объеме, но и аугментации мягких тканей на последующих хирургических этапах лечения.

Полученные данные коррелируют с результатами других исследователей. Большинство авторов отмечали также 100 % выживаемость имплантатов после проведения расщепления альвеолярного гребня [91, 104, 197]. А. Scipioni с соавторами (1994) продемонстрировали 98,8 % успеха 329 имплантатов при расщеплении гребня за 5-летний период наблюдения [278].

Результаты выполненной работы доказывают эффективность и прогнозируемость хирургического лечения методом модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня при горизонтальной атрофии в боковых отделах нижней челюсти.

Таким образом, разработанный персонифицированный алгоритм диагностики и динамической объективной оценки состояния альвеолярной костной ткани, а также предложенный индивидуальный направляющий шаблон для расщепления альвеолярного гребня позволяют оптимизировать цифровое планирование и хирургическое лечение в условиях горизонтальной атрофии в

боковых отделах нижней челюсти, обосновать высокую эффективность модифицированной двухэтапной сплит-техники, что подтверждено результатами клинических, радиологического и гистоморфометрического методов исследования в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения.

Предложения по результатам диссертационного исследования, а именно «Персонализированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения»; «Способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона» внедрены в лечебную практику стоматологической поликлиники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; поликлиники № 2 стоматологической федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Приволжский окружной медицинский центр» Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации; общества с ограниченной ответственностью «Центр развития стоматологии «Садко». Материалы диссертации внесены в лекции и практические занятия, проводимые со студентами стоматологического, лечебного факультетов, факультета международного медицинского образования, в занятия с обучающимися на постдипломных программах на базе кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан персонифицированный алгоритм диагностики и объективной динамической оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти (заявка на патент № 2022108683 от 31.03.2022 г.), основанный на виртуальном моделировании предполагаемой ортопедической конструкции, определении протетически-заданной 3D-позиции имплантата, переориентации осей сечений для построения КЛКТ-реформатов сегмента челюсти в индивидуальной системе координат, проведении референсных не изменяемых на всех этапах лечения линий на кроссекциональном изображении, измерении параметров альвеолярного гребня в зависимости от ортопедически-ориентированной позиции имплантата.

2. Проведенный сравнительный анализ полученных результатов при классической схеме и разработанном персонифицированном алгоритме до и после костной реконструкции позволил выявить статистически значимые различия в измеряемых параметрах альвеолярного гребня (ширине и высоте) сегмента челюсти, а именно, некорректные исходные измерения высоты резидуального альвеолярного гребня, которые были на  $9,266 \pm 7,343$  % больше при традиционном методе, чем разработанном алгоритме. Зарегистрировано завышение показателей прироста ширины костной ткани после костной пластики при классической схеме измерений на  $54,739 \pm 37,049$  % в области вершины,  $64,18 \pm 33,702$  % на расстоянии 1 мм от пика гребня,  $30,446 \pm 28,058$  % на уровне 3 мм и  $17,144 \pm 22,003$  % на высоте 5 мм. Таким образом, использование классической схемы измерений ведёт к некорректному планированию и необъективной динамической оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня, что не оправдывает её использование в клинической практике и научных исследованиях.

3. Разработан способ оптимизации модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня путём предварительного цифрового планирования и изготовления индивидуального

направляющего шаблона для проведения данной методики костной пластики (патент РФ № 2779693 С1), что упрощает технически, сводит к минимуму риск развития осложнений, сокращает время оперативного вмешательства на  $16,179 \pm 3,237 \%$ .

4. Модифицированная двухэтапная сплит-техника контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня является эффективным методом для устранения горизонтальной атрофии костной ткани в боковых отделах нижней челюсти, что доказано средним уровнем интенсивности ответной воспалительной реакции организма в раннем послеоперационном периоде, практически отсутствием осложнений. Данные клинического метода исследования показали статистически значимое увеличение ширины альвеолярного гребня в области его вершины ( $W_{cs} - W_c$ ) на  $140,256 \pm 58,639 \%$ , на уровне 3 мм от пика гребня ( $W_{1cs} - W_{1c}$ ) на  $80,882 \pm 21,611 \%$ . Результаты радиологического метода исследования через 6 месяцев после костной реконструкции позволили выявить значительный прирост костной ткани в области вершины гребня ( $W_s - W$ ) на  $124,534 \pm 43,441 \%$ , на уровне 1 мм от его вершины ( $W_{1s} - W_1$ ) –  $62,724 \pm 26,630 \%$ , 3 мм ( $W_{2s} - W_2$ ) –  $54,320 \pm 22,123 \%$ , 5 мм –  $45,673 \pm 19,687 \%$  ( $p \leq 0,05$ ).

5. Показаниями для модифицированной двухэтапной сплит-техники являются множественные концевые горизонтальные дефекты в боковых отделах нижней челюсти, преимущественно в области моляров, с выраженным наклоном альвеолярного гребня в язычную сторону (угле наклона альвеолярного гребня более  $15^\circ$ ), при достаточном вертикальном параметре ( $H \geq 10$  мм) и наличии губчатого вещества минимум 1 мм между кортикальными пластинками.

6. Жизнеспособность вновь образованной костной ткани через 6 месяцев после проведения указанного способа реконструкции подтверждена наличием большого количества витальных остеоцитов ( $74,01 \pm 5,99 \%$ ), компактного и губчатого вещества, Гаверсовых каналов, костного мозга, незначительного объема интегрированного остеопластического материала ( $13,659 \pm 6,71 \%$ ), что определено результатами гистоморфометрического метода исследования.

7. Доказана прогнозируемость результатов хирургического лечения методом модифицированной двухэтапной сплит-техники на основании многофакторного анализа результатов клинико-радиологического метода исследования, получаемых при динамическом наблюдении за состоянием костной ткани после имплантации и в отдалённый период наблюдения. Так, усадка регенерата по ширине альвеолярного гребня в изучаемых точках на КЛКТ произошла до  $5,56 \pm 8,192$  % через 3-4 месяца после имплантации и до  $2,313 \pm 6,268$  % через 1 год после протезирования. Через 1 год после протезирования выявлена 100 % выживаемость имплантатов, случаев периимплантита не было, убыль апроксимальной костной ткани от уровня платформы имплантата произошла максимум на 1 мм.

8. Внедрены в практическое здравоохранение: персонифицированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения; способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При ортопедическом лечении с опорой на дентальные имплантаты важно проводить предварительное планирование, опираясь на конечный желаемый протетический результат. При оценке состояния костной ткани до и на этапах лечения следует отталкиваться от ортопедически-ориентированной позиции имплантата. Это можно осуществить с помощью разработанного персонифицированного алгоритма, заключающегося в виртуальном моделировании предполагаемой ортопедической конструкции, определении протетически-заданной 3D-позиции имплантата, переориентации осей сечений для построения КЛКТ-реформатов сегмента челюсти в индивидуальной системе координат, проведении референсных не изменяемых на всех этапах лечения линий на кроссекциональном изображении, измерении высоты альвеолярного гребня от его вершины до верхней границы нижнечелюстного канала вдоль ортопедически-ориентированной позиции имплантата, ширины гребня, перпендикулярной высоте, на уровне его пика, а также на расстоянии 1, 3 и 5 мм от него.

2. С использованием данных, полученных с помощью разработанного алгоритма, важно осуществить оценку необходимости костной пластики. Для этого нужно разместить виртуальный аналог имплантата на поперечном КЛКТ-срезе альвеолярного гребня так, чтобы он располагался на расстоянии не менее 2 мм от верхней границы нижнечелюстного канала, а также не менее 1,5 мм от лингвальной стенки при выраженном язычном поднутрении, был заглублен на 3,5 мм от зенита будущей ортопедической реставрации. При этом если удаётся установить имплантат длиной более или равной 8 мм, и он окружен не менее 1,5 мм костной ткани в вестибулярном и язычном направлении, необходимо считать, что её достаточно для проведения имплантации. При иных условиях, то есть дефиците костной ткани, необходимо определить вектор и объем её аугментации. При мониторинге прироста костной ткани после реконструкции важно учитывать изменяемый вертикальный размер гребня. Отправной точкой измерений должны

служить неизменяемые анатомические структуры такие, как, нижнечелюстной канал, ментальное отверстие. Кроме того, следует проводить динамическое наблюдение за профилем костной ткани на всех этапах имплантологического лечения и по его окончании.

3. Метод модифицированной двухэтапной сплит-техники контролируемого увеличения ширины альвеолярного гребня является эффективным и прогнозируемым способом по устранению последствий горизонтальной атрофии в боковых отделах нижней челюсти. Особенностью данного способа является проведение распилов с формированием мобилизованного остеотомированного участка вестибулярной пластины, который ротируется на шарнирном апикальном пропиле и фиксируется в новом положении с помощью титановых микровинтов.

4. Для оптимизации модифицированной двухэтапной сплит-техники необходимо использовать индивидуальный направляющий шаблон для расщепления гребня. Цифровое планирование шаблона проводится на основе рендеринга КЛКТ, моделирования каппы, опирающейся на альвеолярную часть нижней челюсти, фиксирующейся на соседних зубах или с помощью пина, имеющей разрезы-направления для проведения остеотомий, после чего шаблон изготавливается методом 3D-печати.

5. Показаниями для методики двухэтапного расщепления альвеолярного гребня являются множественные концевые горизонтальные дефекты в боковых отделах нижней челюсти, преимущественно в области моляров, с выраженным наклоном альвеолярного гребня в язычную сторону (угле наклона альвеолярного гребня более  $15^\circ$ ), при достаточном вертикальном параметре ( $H \geq 10$  мм) и наличии губчатого вещества минимум 1 мм между кортикальными пластинками. Можно спрогнозировать ожидаемый прирост ширины костной ткани на уровне вершины гребня ( $\Delta W$ ) и на уровне 1 мм от неё ( $\Delta W1$ ) после проведения двухэтапного расщепления, используя формулы « $\Delta W = 0,183 \cdot A - 0,745$ » и « $\Delta W1 = 0,071 \cdot A - 0,144$ » соответственно.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

**КЛКТ** – конусно-лучевая компьютерная томография

**2D** – двухмерный, плоскостной

**3D** – трёхмерный

**CAD/CAM** – Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing – системы автоматизированного проектирования/изготовления

**Dicom** – Digital Imaging and Communications in Medicine – стандарт цифровой визуализации и связи в медицине

**Stl** – Stereolithography – формат файла, используемый для хранения трёхмерных моделей объектов

**Dcm** – формат файла, используемый для хранения трёхмерных моделей объектов в среде 3Shape

**Wm** – исходная ширина вершины альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой оболочки

**Wc** – ширина вершины альвеолярного гребня при исходной ситуации, определенная клинически

**Wcs** – ширина вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики, определенная клинически

**W1c** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины при исходной ситуации, определенная клинически

**W1cs** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины через 6 месяцев после костной пластики, определенная клинически

**W** – ширина вершины альвеолярного гребня при исходной ситуации на КЛКТ

**Ws** – ширина вершины альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики на КЛКТ

**W1** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 1 мм от его вершины при исходной ситуации на КЛКТ

**W1s** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 1 мм от его вершины через 6 месяцев после костной пластики на КЛКТ

**W1i** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 1 мм от его вершины через 3-4 месяца после имплантации на КЛКТ

**W1n** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 1 мм от его вершины через 1 год после протезирования на КЛКТ

**W2** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины при исходной ситуации на КЛКТ

**W2s** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины через 6 месяцев после костной пластики на КЛКТ

**W2i** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины через 3-4 месяца после имплантации на КЛКТ

**W2n** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 3 мм от его вершины через 1 год после протезирования на КЛКТ

**W3** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 5 мм от его вершины при исходной ситуации на КЛКТ

**W3s** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 5 мм от его вершины через 6 месяцев после костной пластики на КЛКТ

**W3i** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 5 мм от его вершины через 3-4 месяца после имплантации на КЛКТ

**W3n** – ширина альвеолярного гребня на расстоянии 5 мм от его вершины через 1 год после протезирования на КЛКТ

**H** – высота альвеолярного гребня (расстояние от вершины гребня до верхней границы нижнечелюстного канала) при исходной ситуации на КЛКТ

**Ws** – высота альвеолярного гребня через 6 месяцев после костной пластики на КЛКТ

**Wi** – высота альвеолярного гребня через 3-4 месяца после имплантации на КЛКТ

**Wn** – высота альвеолярного гребня через 1 год после протезирования на КЛКТ

**A** – угол наклона альвеолярного гребня на КЛКТ

**$\Delta$**  – разность значений

**PSI** – Periodontal Screening Index – индекс пародонтального скрининга

**MatS/CS** – относительная площадь остеопластического материала в костном столбике

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абдуллаев, Ф. М. Клинико-экспериментальное обоснование метода непосредственной имплантации : дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Абдуллаев Фикрет Мавлудинович. – М., 2003. – 174 с. – Библиогр.: с. 149-174. – 04200309193.
2. Аккужин, М. И. Планирование дентальной имплантации в условиях дефицита костной ткани и профилактика послеоперационных осложнений (обзор литературы) / М. И. Аккужин, М. А. Амхадова, Т. К. Хамраев // Медицинский алфавит. – 2020. – № 23. – С. 9-15.
3. Акмаев, И. Г. Руководство по гистологии : в 2 т. / И. Г. Акмаев, М. А. Александрова, Ю. И. Афанасьев [и др.]. – СПб. : СпецЛит, 2010. – Т. 1. – 831 с. – ISBN 978-5-299-00421-2.
4. Актуальные медицинские технологии направленной костной регенерации : национальное руководство / под общ. ред. проф. С. Ю. Иванова. – М. : СИМК, 2022. – 336 с. – ISBN 978-5-91894-104-1.
5. Альфаро, Ф. А. Костная пластика в стоматологической имплантологии. Описание методик и их клиническое применение / Ф. А. Альфаро. – М. [и др.] : Издательский дом «Азбука», 2006. – 235 с.
6. Амхадова, М. А. Роль временных коронок в формировании мукогингивального комплекса вокруг дентальных имплантатов / М. А. Амхадова, А. М. Фролов // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2018. – № 1-2(39-40). – С. 60-64.
7. Амхадова, М. А. Современные подходы к обследованию и оперативному лечению пациентов со значительной атрофией челюстей / М. А. Амхадова, Н. А. Рабухина, А. А. Кулаков // Стоматология. – 2005. – №1. – С. 41-42.
8. Баврина, А. П. Основные понятия статистики / А. П. Баврина // Медицинский альманах. – 2020. – № 3(64). – С. 101-111.

9. Баврина, А. П. Современные правила использования методов описательной статистики в медико-биологических исследованиях / А. П. Баврина // Медицинский альманах. – 2020. – № 2(63). – С. 95-105.
10. Баврина, А. П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных / А. П. Баврина // Медицинский альманах. – 2021. – № 1(66). – С. 64-73.
11. Базилян, Э. А. Восстановление альвеолярного гребня верхней челюсти в дистальных отделах для установки дентальных имплантатов / Э. А. Базилян, Б. С. Смбалян // Клиническая стоматология. – 2008. – № 2(46). – С. 4-11.
12. Базилян, Э. А. Восстановление костной ткани методом пересадки костных блоков (часть 2) / Э. А. Базилян, Б. С. Смбалян // Клиническая стоматология. – 2009. – № 1(49). – С. 44-52.
13. Волков, А. В. Гистоморфометрия костной ткани в регенеративной медицине / А. В. Волков, Г. Б. Большакова // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2013. – № 3(7). – С. 65-72.
14. Волков, А. В. Морфология репаративного остеогенеза и остеointegrации в челюстно-лицевой хирургии : дис. ... док. мед. наук: 14.03.02 / Волков Алексей Вадимович. – М., 2018. – 261 с. – Библиогр.: с. 219-261.
15. Гамборена, И. Эволюция: актуальные протоколы замещения передних зубов с помощью имплантов / И. Гамборена, М. Блатц – М. [и др.] : Азбука, 2015. – 424 с. – ISBN 978-5-91443-035-8.
16. Данилевский, Н. Ф. Заболевания пародонта / Н. Ф. Данилевский, А. В. Борисенко. – Киев : Здоровье, 2000. – 464 с.
17. Дентальная имплантация : национальное руководство / под ред. А. А. Кулакова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 399 с. – ISBN 978-5-9704-4541-9.
18. Дентальная имплантация с цифровой реконструкцией альвеолярной кости / Н. В. Попов, А. В. Колсанов, Д. А. Трунин [и др.] – Самара : ООО «Полиграфический дом «ДСМ», 2020. – 176 с. – ISBN 978-5-6044418-2-4.
19. Дробышев, А. Ю. Возможности костной пластики и distraction для увеличения параметров альвеолярного отростка верхней и нижней челюсти при

подготовке к дентальной имплантации / А. Ю. Дробышев, И. Ю. Чаусская, А. А. Егорова // Медицинский алфавит. – 2011. – Т. 2. – № 6. – С. 26-29.

20. Дурново, Е. А. Анализ динамики беззубого альвеолярного гребня челюстей в эстетической зоне / Е. А. Дурново, М. В. Дьякова // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2019. – № 1-2(43-44). – С. 15-21.

21. Жданов, Е. В. Клинико-морфологические результаты восстановления альвеолярных дефектов с применением кортикальных нижнечелюстных трансплантатов из ретромолярной области / Е. В. Жданов, Г. Н. Берченко // Пародонтология. – 2009. – № 3(52). – С. 32-37.

22. Жидких, Е. Д. Планирование установки имплантатов с применением хирургического шаблона / Е. Д. Жидких, Н. С. Робакидзе, К. В. Рекель // Институт стоматологии. – 2019. – № 3(84). – С. 50-53.

23. Знаменская, Ю. П. Применение препарата на основе гиалуроновой кислоты при аугментации лунок удаленных зубов перед дентальной имплантацией : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Знаменская Юлия Павловна. – М., 2021. – 155 с. – Библиогр.: с. 133-155.

24. Иванов, А. А. Технология изготовления и использования шаблонов на этапах планирования имплантации при протезировании на дентальных имплантатах : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Иванов Андрей Андреевич. – М., 2013. – 162 с.

25. Иванов, С. Ю. Винирная пластика как один из методов комплексного хирургического лечения различной степени атрофии альвеолярной кости при стоматологической имплантации / С. Ю. Иванов, Н. Ф. Ямуркова, А. А. Мураев // Стоматологический журнал. – 2009. – № 2. – С. 136-140.

26. Иванов, С. Ю. Реконструктивная хирургия альвеолярной кости / С. Ю. Иванов, А. А. Мураев, Н. Ф. Ямуркова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 360 с. – ISBN 978-5-9704-3813-8.

27. Использование навигационных хирургических шаблонов для реабилитации пациентов с полной адентией нижней челюсти / М. А. Амхадова, Б.

С. Жаналина, А. Ю. Игнатов [и др.] // Медицинский алфавит. – 2014. – Т. 1. – № 1. – С. 18-20.

28. Использование спиральной компьютерной томографии на этапах лечения больных с дефектами и деформациями лицевых костей и мягких тканей лица / Н. А. Рабухина, Г. И. Голубева, С. А. Перфильев [и др.] // Стоматология. – 2007. – Т. 86. – № 5. – С. 44-47.

29. Клинико-лабораторное обоснование применения малоинвазивной туннельной техники в реконструктивной хирургии челюстей / С. В. Тарасенко, О. В. Эйзенбраун, А. Б. Шехтер [и др.] // Российская стоматология. – 2017. – Т. 10. – № 3. – С. 22-30.

30. Клинико-рентгенологические особенности регенерации тканей после аугментации лунки удаленного зуба с помощью различных остеопластических материалов и мембран / А. А. Михайловский, А. А. Кулаков, В. М. Королев, О. Ю. Винниченко // Стоматология. – 2014. – Т. 93. – № 4. – С. 37-40.

31. Кричевец, А. Н. Основы статистики для психологов / А. Н. Кричевец, А. А. Корнеев, Е. И. Рассказова. – М. : Акрополь, 2019. – 286 с. – ISBN 978-5-98807-086-3.

32. Кулаков, А. А. Костная пластика перед дентальной имплантацией : учебное пособие / А. А. Кулаков, Р. Ш. Гветадзе, Т. В. Брайловская, С. В. Абрамян – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 112 с. – ISBN 978-5-9704-4745-1.

33. Кури, Ф. Регенеративные методы в имплантологии / Ф. Кури, Т. Хансер, Ч. Кури. – М. [и др.] : Издательский дом «Азбука», 2013. – 514 с.

34. Линкявичус, Т. Нулевая утрата кости / Т. Линкявичус. – М. [и др.] : Дентал-Азбука, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-6042951-3-7.

35. Михайловский, А. А. Сохранение объема костной ткани альвеолярного гребня в модели симметричной аугментации лунки удаленного зуба: клинико-морфологическое исследование / А. А. Михайловский, А. А. Кулаков, А. В. Волков // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2015. – №1. – С. 25-31.

36. Напряженно-деформированное состояние в протезной конструкции на дентальном имплантате при цементной фиксации искусственной коронки / В. Н. Олесова, Д. А. Бронштейн, А. Я. Лернер [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 311-315.

37. Новый метод навигационной трепан-биопсии структурных изменений челюстных костей / А. М. Панин, П. В. Эктов, А. М. Цициашвили [и др.] // Head and Neck/Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. – 2021. – Т. 9. – № 3. – С. 72-78.

38. Омеляненко, Н. П. Соединительная ткань / Н. П. Омеляненко, Л. И. Слуцкий. – М. : Известия, 2009. – 380 с.

39. Определение плотности костной ткани нижней челюсти в соответствии с классификацией *misch* по данным рентгеновской денситометрии / В. П. Тлустенко, А. И. Байриков, А. С. Осадчий, П. М. Зельтер // Врач-аспирант. – 2016. – Т. 74. – № 1.2. – С. 290-295.

40. Особенности дентальной имплантации и протезирования у больных с нарушениями окклюзии / А. И. Яременко, М. В. Котенко, В. В. Раздорский [и др.] // Институт стоматологии. – 2011. – № 1(50). – С. 94-95.

41. Оценка клинической эффективности применения навигационного хирургического шаблона в протоколе вестибулопластики у пациентов с болезнями пародонта / А. Г. Степанов, Э. Д. Ткаченко, С. В. Апресян, Р. В. Батов // Стоматология. – 2022. – Т. 101. – № 4. – С. 38-46.

42. Параскевич, В. Л. Разработка системы дентальных имплантатов для реабилитации больных с полным отсутствием зубов : автореф. дис. ... док. мед. наук: 14.00.21 / Параскевич Владимир Леонидович. – М., 2008. – 47 с.

43. Патент № 2451492 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24. Способ пластики альвеолярного отростка нижней челюсти при его атрофии : № 2010152038/14 : заявл. 21.12.2010 : опубл. 27.05.2012 / С. Ю. Иванов, А. А. Мураев, В. Г. Солодкий [и др.].

44. Патент № 2558998 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00. Способ пластики альвеолярной части нижней челюсти при ее атрофии : № 2014111405/14 : заявл. 25.03.2014 : опубл. 10.08.2015 / Е. А. Дурново, А. В. Казаков, А. С. Клочков [и др.] ; заявитель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Нижегородская государственная медицинская академия" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ГБОУ ВПО НижГМА Минздрава России).

45. Патент № 2714618 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00. Способ аугментации атрофированной части альвеолярного отростка челюсти : № 2019133544 : заявл. 21.10.2019 : опубл. 18.02.2020 / А. И. Яременко, А. Ю. Зерницкий, Е. А. Зерницкая ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

46. Патент № 2756067 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24, А61С 8/00. Способ резекции части корней моляров нижней челюсти : № 2021118277 : заявл. 23.06.2021 : опубл. 27.09.2021 / А. Г. Степанов, С. В. Апресян, Ш. А. Убайдуллоева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов".

47. Патент № 2758903 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24. Способ двухэтапной реконструкции альвеолярного гребня для установки дентальных имплантатов : № 2021101413 : заявл. 22.01.2021 : опубл. 02.11.2021 / С. С. Едранов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Профессорская клиника Едранова".

48. Патент № 2760296 С1 Российская Федерация, МПК А61С 8/00. Направляющий шаблон для мягкотканной трансплантации : № 2021118276 : заявл. 23.06.2021 : опубл. 23.11.2021 / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, Э. Д.

Ткаченко ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов".

49. Патент на полезную модель № 177272 U1 Российская Федерация, МПК А61С 8/00, А61В 6/03. Хирургический шаблон для установки имплантатов : № 2017131154 : заявл. 04.09.2017 : опубл. 14.02.2018 / П. А. Коледа.

50. Полупан, П. В. Результаты применения различных методик костной пластики в полости рта. Локальное костное моделирование / П. В. Полупан, А. М. Сипкин // Стоматология для всех. – 2022. – № 1(98). – С. 25-33.

51. Применение конусно-лучевой компьютерной томографии для изучения анатомо-топографического строения альвеолярной части подбородочного отдела нижней челюсти / А. В. Лепилин, М. Ю. Шалина, В. Г. Халтурина, М. И. Мартынова // Dental Forum. – 2017. – № 4. – С. 47-49.

52. Проведение мукогингивальной хирургии в области дентальных имплантатов / Т. В. Брайловская, А. П. Ведяева, Е. А. Шкваркина [и др.] // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2020. – № 1-2(47-48). – С. 62-71.

53. Профилактика травмы 3-й ветви тройничного нерва при проведении сагиттальной остеотомии нижней челюсти / Э. М. Мусаева, С. Ю. Иванов, А. А. Мураев, А. М. Гусаров // Head and Neck/Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. – 2018. – № 1. – С. 18-22.

54. Пути достижения стабильности мягких тканей в области зубов и имплантатов / Н. А. Беспалова, Н. А. Янова, Н. Б. Рунова, Е. А. Дурново // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2016. – № 1(33). – С. 52-59.

55. Рабухина, Н. А. Спиральная компьютерная томография при заболеваниях челюстно-лицевой области / Н. А. Рабухина, Г. И. Голубева, С. А. Перфильев. – М. : «МЕДпресс-информ», 2006. – 128с. – ISBN: 5-98322-227-9.

56. Разработка комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и оценка его клинической эффективности / С. В. Апресян, А. Г. Степанов,

М. В. Ретинская, В. К. Суонио // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24. – № 3. – С. 135-140.

57. Разработка техники создания навигационных стереолитографических шаблонов для апикальной хирургии с использованием программного обеспечения для планирования дентальной имплантации / В. А. Бадалян, Д. А. Паринов, Д. Э. Исаева [и др.] // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2020. – № 1-2(47-48). – С. 51-55.

58. Результаты частотно-резонансного анализа при дентальной имплантации после выполнения костно-пластических операций в условиях атрофии костной ткани челюстей / А. А. Кулаков, Т. В. Брайловская, Б. М. Осман [и др.] // Стоматология. – 2014. – Т. 93. – № 4. – С. 30-32.

59. Рогацкин, Д. В. Лучевая диагностика в стоматологии: 2D/3D / Д. В. Рогацкин. – М. : ТАРКОММ, 2021. – 403 с. – ISBN 978-5-6041424-7-9.

60. Рогацкин, Д. В. Современная компьютерная томография для стоматологии / Д. В. Рогацкин // Институт стоматологии. – 2008. – № 1(38). – С. 121-125.

61. Смбатян, Б. С. Восстановление костной ткани при лечении пациентов с использованием дентальных имплантатов в различных клинических ситуациях : дис. ... док. мед. наук: 14.01.14 / Смбатян Баграт Сергеевич. – М., 2012. – 325 с. – Библиогр.: с. 291-325. – 05201251249.

62. Смбатян, Б. С. О клиническом применении нового метода восстановления костной ткани в дентальной имплантологии. Метод Фуада Кьюри / Б. С. Смбатян, Д. В. Гольдштейн, А. В. Волков // Клиническая стоматология. – 2010. – № 4(56). – С. 38-45.

63. Смирнов, А. В. Строение и функции костной ткани в норме и при патологии. Сообщение II / А. В. Смирнов, А. Ш. Румянцев // Нефрология. – 2015. – Т. 19. – № 1. – С. 8-17.

64. Сравнительный анализ методов увеличения кератинизированной прикрепленной десны в области дентальных имплантатов / И. П. Ашурко, С. В.

Тарасенко, А. Б. Шехтер, А. А. Ананьева // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2019. – № 1-2(43-44). – С. 48-59.

65. Тамими, Д. Профессиональная визуализация в дентальной имплантации / Д. Тамими, Л.Дж. Кёниг, А.А. Эль-Экриш. – М. : ТАРКОММ, 2019. – 446 с. – ISBN 978-5-6041424-2-4.

66. Ткаченко, Э. Д. Клиническая значимость разработки и практического применения хирургического навигационного шаблона для мягкотканной трансплантации / Э. Д. Ткаченко, А. Г. Степанов, С. В. Апресян // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник тезисов межвузовской конференции, Москва, 31 марта 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – С. 141-144.

67. Управление мягкими тканями как залог успешного и прогнозируемого имплантологического лечения / Е. А. Дурново, Е. С. Галкина, Н. Б. Рунова, А. И. Корсакова // Dental Forum. – 2020. – № 4(79). – С. 20-22.

68. Урбан, И. Увеличение высоты и толщины альвеолярного гребня. Перспективы / И. Урбан. – М. [и др.] : Азбука, 2017. – 386 с. – ISBN 978-5-91443-042-6.

69. Хирургическое лечение пациентов с использованием имплантатов при частичном отсутствии зубов в условиях дефицита костной ткани / А. М. Цициашвили, А. М. Панин, А. В. Лепилин [и др.] // Стоматология. – 2019. – Т. 98. – № 1. – С. 30-33.

70. Цифровое планирование как метод профилактики осложнений при операции синус-лифтинга / А. П. Куценко, Д. С. Алешин, А. А. Долгалев [и др.] // Медицинский алфавит. – 2020. – № 3. – С. 5-7.

71. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н. Е. Хомутишникова, Е. А. Дурново, Ю. В. Высельцева, Р. О. Горбатов // Современные технологии в медицине. – 2020. – Т. 12. – № 3. – С. 55-63.

72. Эйзенбраун, О.В. Применение туннельной техники костной пластики у пациентов с атрофией костной ткани челюстей : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Эйзенбраун Ольга Владимировна. – М, 2018. – 257 с. – Библиогр.: с. 231-256.

73. Ямуркова, Н. Ф. Оптимизация хирургического лечения при выраженной атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти перед дентальной имплантацией : автореф. Дис. ... док. мед. наук: 14.01.14 / Ямуркова Нина Федоровна. – Нижний Новгород, 2015. – 22 с.

74. Яременко, А. И. Навигационная хирургия при имплантации / А. И. Яременко, С. П. Алиева // Заметки ученого. – 2019. – № 3(37). – С. 21-25.

75. Яременко, А. И. Планирование подготовки полости рта к протезированию с использованием компьютерного моделирования / А. И. Яременко, С. П. Алиева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 4. – С. 208-211.

76. 3D-based full-guided ridge expansion osteotomy - A case report about a new method with successive use of different surgical guides, transfer of splitting vector and simultaneous implant insertion / H. J. Nickenig, A. F. Safi, R. E. Matta [et al.] // Journal of cranio-maxillo-facial surgery. – 2019. – № 47(11). – P. 1787-1792.

77. A CBCT based three-dimensional assessment of mandibular posterior region for evaluating the possibility of bypassing the inferior alveolar nerve while placing dental implants / M. G. Sghaireen, K. C. Srivastava, D. Shrivastava [et al.] // Diagnostics. – 2020. – № 10(6). – P. 406-423.

78. A cephalometric evaluation of edentulous Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*): A long-term study / D. H. Jaul, J.A. McNamara, D. S. Carlson, L. G. Upton // The Journal of prosthetic dentistry. – 1980. – № 44(4). – P. 453–460.

79. A contemporary approach for treatment planning of horizontally resorbed alveolar ridge: Ridge split technique with simultaneous implant placement using platelet rich fibrin membrane application in mandibular anterior region / P. S. Parthiban, R. V. Lakshmi, J. Mahendra [et al.] // Indian Journal of dental research. – 2017. – № 28(1). – P. 109-113.

80. A four-year survival rate multicenter prospective clinical study on 377 implants: Correlations between implant insertion torque, diameter, and bone quality / C. Maiorana, D. Farronato, S. Pieroni [et al.] // *The Journal of oral implantology*. – 2015. – № 41(3). – P. 60-65.

81. A long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws / R. Adell, B. Eriksson, U. Lekholm [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 1990. – № 5. – P. 347–359.

82. A long-term retrospective analysis of survival rates of implants in the mandible / T. J. Balshi, G. J. Wolfinger, B. E. Stein, S. F. Balshi // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2015. – № 30(6). – P. 1348-1354.

83. A modified crestal ridge expansion technique for immediate placement of implants: A report of three cases / M. Santagata, L. Guariniello, A. D'Andrea, G. Tartaro // *The Journal of oral implantology*. – 2008. – № 34. – P. 319-324.

84. A new index for rating aesthetics of implant-supported single crowns and adjacent soft tissues—the implant crown aesthetic index / H. J. Meijer, K. Stellingsma, L. Meijndert, G. M. Raghoobar // *Clinical oral implants research*. – 2005. – № 16(6). – P. 645-649.

85. A novel approach to alveolar bone complex defects 3D reconstruction / A. A. Muraev, Y. V. Gazhva, S. G. Ivashkevich [et al.] // *Modern Technologies in Medicine*. – 2017. – № 2. – P. 37-45.

86. A randomized and controlled clinical trial of two different compositions of deproteinized bovine bone and autogenous bone used for lateral ridge augmentation / A. Mordenfeld, C. B. Johansson, T. Albrektsson, M. Hallman // *Clinical oral implants research*. – 2014. – № 25(3). – P. 310-320.

87. A randomized controlled study comparing guided bone regeneration with connective tissue graft to re-establish convexity at the buccal aspect of single implants: A one-year CBCT analysis / T. De Bruyckere, C. Eeckhout, A. Eghbali [et al.] // *Journal of clinical periodontology*. – 2018. – № 45(11). – P. 1375-1387.

88. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans / W. L. Tan, T. L. Wong, M. C. Wong, N. P. Lang // *Clinical oral implants research*. – 2012. – № 23. – P. 1–21.

89. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns / R. E. Jung, B. E. Pjetursson, R. Glauser [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2008. – № 19(2). – P. 119-130.

90. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years / B. E. Pjetursson, K. Tan, N. P. Lang [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2004. – № 15(6). – P. 625-642.

91. A three-stage split-crest technique: Case series of horizontal ridge augmentation in the atrophic posterior mandible / G. H. Hu, S. J. Froum, A. Alodadi [et al.] // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2018. – № 38(4). – P. 565–573.

92. Accuracy of computer-assisted, template-guided implant placement compared with conventional implant placement by hand-an in vitro study / D. Schneider, C. Sax, M. Sancho-Puchades [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2021. – № 32(9). – P. 1052-1060.

93. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review / G. Fokas, V. M. Vaughn, W. C. Scarfe, M. M. Bornstein // *Clinical oral implants research*. – 2018. – № 16. – P. 393-415.

94. Agabiti, I. Two-stage ridge-split at narrow alveolar mandibular bone ridges / I. Agabiti, D. Botticelli // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2017. – № 75(10). – P. 2115-2161.

95. Aghaloo, T.L. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? / T. L. Aghaloo, P. K. Moy // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2007. – № 22. – P. 49–70.

96. Al-Almaie, S. Immediate dental implant placements using osteotome technique: A case report and literature review / S. Al-Almaie // *The open dentistry journal*. – 2016. – Vol. 29, № 10. – P. 367-374.
97. Albrektsson, T. Osseointegrated dental implants / T. Albrektsson, T. Jansson, U. Lekholm // *Dental clinics of North America*. – 1986. – № 30. – P. 151-174.
98. Alfadda, S. A. Five-year clinical results of immediately loaded dental implants using mandibular overdentures / S. A. Alfadda, N. J. Attard, L. A. David, // *International journal of prosthodontics*. – 2009. – № 22(4). – P. 368-373.
99. Aloy-Prósper, A. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: A systematic review / A. Aloy-Prósper, D. Peñarrocha-Oltra, M. Peñarrocha-Diago // *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. – 2015. – № 20(2). – P. 251-258.
100. Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps / D. L. Wood, P. M. Hoag, O. W. Donnenfeld, L. D. Rosenfeld // *Journal of periodontology*. – 1972. – № 43. – P. 141–144.
101. Alveolar ridge splitting: A new microsaw technique / J. J. Suh, A. Shelemay, S. H. Choi, J. K. Chai // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2005. – № 25(2). – P. 165-171.
102. Alveolar socket healing: what can we learn? / M. G. Araújo, C. O. Silva, M. Misawa, F. Sukekava // *Periodontology 2000*. – 2015. – № 68. – P. 122–134.
103. Analysis of the occlusal stress transmitted to the inferior alveolar nerve by an osseointegrated threaded fixture / G. Sammartino, G. Marenzi, R. Citarella [et al.] // *Journal of periodontology*. – 2008. – № 79(9). – P. 1735-1744.
104. Anitua, E. Clinical evaluation of split-crest technique with ultrasonic bone surgery for narrow ridge expansion: status of soft and hard tissues and implant success / E. Anitua, L. Begoña, G. Orive // *Clinical implant dentistry and related research*. – 2013. – № 15(2). – P. 176-87.
105. Anitua, E. Is alveolar ridge split a risk factor for implant survival? / E. Anitua, M. H. Alkhraisat // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2016. – № 74(11). – P. 2182-2191.

106. Araujo, M. G. Dimensional ridge alterations following tooth extraction: an experimental study in the dog / M. G. Araujo, J. Lindhe // *Journal of clinical periodontology*. – 2005. – № 32. – P. 212–218.

107. Araujo, M. G. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: An experimental study in the dog / M. G. Araujo, J. Lindhe // *Clinical oral implants research*. – 2009. – № 20. – P. 545–549.

108. Ashman, A. Postextraction ridge preservation using a synthetic alloplast / A. Ashman // *Implant dentistry*. – 2000. – № 9(2). – P. 168–176.

109. Ashman, A. Ridge preservation: Important buzzwords in dentistry / A. Ashman // *General dentistry*. – 2000. – № 48(3). – P. 304–312.

110. Association between ridge morphology and complexity of implant placement planning in the posterior mandible / M. D. Tözüm, E. T. Ataman-Duruel, O. Duruel [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 2021. – № 13. – P. 3913–3920.

111. Astra Tech and Brånemark system implants: A 5-year prospective study of marginal bone reactions / P. Astrand, B. Engquist, S. Dahlgren [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2004. – № 15(4). – P. 413–420.

112. Atraumatic vertical tooth extraction: a proof of principle clinical study of a novel system / E. Muska, C. Walter, A. Knight [et al.] // *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. – 2013. – № 116. – P. 303–310.

113. Atwood, D. A. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges / D. A. Atwood, W. A. Coy // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 1971. – № 26 – P. 280–295.

114. Atwood, D. A. Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms / D. A. Atwood // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 1963. – № 13. – P. 810–24.

115. Atwood, D. A. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962 / D. A. Atwood // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 2001. – № 86(2). – P. 119–125.

116. Basa, S. Alternative bone expansion technique for immediate placement of implants in the edentulous posterior mandibular ridge: A clinical report / S. Basa, A.

Varol, N. Turker // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2004. – № 19. – P. 554-558.

117. Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique / A. Büchter, J. Kleinheinz, H. P. Wiesmann [et al.] // Clinical oral implants research. – 2005. – № 16. – P. 1–8.

118. Biology of bone tissue: structure, function, and factors that influence bone cells / R. Florencio-Silva, G. R. Sasso, E. Sasso-Cerri [et al.] // BioMed research international. – 2015. – P. 421746-421763.

119. Biomechanical comparison of a novel engine-driven ridge spreader and conventional ridge splitting techniques / G. U. Jung, J. H. Kim, N. H. Lim [et al.] // Clinical oral implants research. – 2017. – № 28(6). – P. 689-696.

120. Biomechanical effects of a new macrogeometry design of dental implants: An in vitro experimental analysis / S. A. Gehrke, L. Pérez-Díaz, P. Mazón, P. N. De Aza // Journal of functional biomaterials. – 2019. – № 10. – P. 47-61.

121. Block, M. S. Horizontal augmentation of thin maxillary ridge with bovine particulate xenograft is stable during 500 days of follow-up: Preliminary results of 12 consecutive patients / M. S. Block, C. W. Ducote, D. E. Mercante // Journal of oral and maxillofacial surgery. – 2012. – № 70(6). – P. 1321-1330.

122. Blocks of autogenous bone versus xenografts for the rehabilitation of atrophic jaws with dental implants: Preliminary data from a pilot randomised controlled trial / R. Pistilli, P. Felice, M. Piatelli [et al.] // European journal of oral implantology. – 2014. – № 7(2). – P. 153-171.

123. Blus, C. Split-crest and immediate implant placement with ultra-sonic bone surgery: A 3-year life-table analysis with 230 treated sites/ C. Blus, S. Szmukler-Moncler // Clinical oral implants research. – 2006. – № 17(6). – P. 700-707.

124. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: A clinical and radiographic 12-month prospective study / L. Schropp, A. Wenzel, L. Kostopoulos, T. Karring // International journal of periodontics and restorative dentistry. – 2003. – № 23(4). – P. 313–323.

125. Bone loss and teeth / F. Bodic, L. Hamel, E. Lerouxel [et al.] // *Joint bone spine*. – 2005. – № 72. – P. 215–221.
126. Brugnami, F. Prosthetically driven implant placement. How to achieve the appropriate implant site development / F. Brugnami, C. Caleffi // *The Keio journal of medicine*. – 2005. – № 54(4). – P. 172-178.
127. Burchardt, H. Transplantation of bone / H. Burchardt, W. F. Enneking // *The Surgical clinics of North America*. – 1978. – № 58. – P. 403-427.
128. Buser, D. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants / D. Buser, H. P. Weber, N. Lang // *Clinical oral implants research*. – 1990. – № 1(1). – P. 33-40.
129. Capelli, M. Autogenous bone graft from the mandibular ramus: A technique for bone augmentation / M. Capelli // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2003. – № 23. – P. 277-285.
130. Cardaropoli, G. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs / G. Cardaropoli, M. Araujo, J. Lindhe // *Journal of clinical periodontology*. – 2003. – № 30. – P. 809–818.
131. Carlsson, G.E. Changes in contour of the maxillary alveolar process under immediate dentures. A longitudinal clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years / G.E. Carlsson, B. Bergman, B. Hedegard // *Acta odontologica Scandinavica*. – 1967. – № 25. – P. 45-75.
132. Cavézian, R. Imagerie Cone Beam et implants [Cone Beam computerized tomography and implants] / R. Cavézian, G. Pasquet // *Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale*. – 2012. – № 113(4). – P. 245-258.
133. Cawood, J. I. A classification of the edentulous jaws / J. I. Cawood, R. A. Howell // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 1988. – № 17. – P. 232-236.
134. Cawson, R.A. *Cawson's essentials of oral pathology and oral medicine* / R. A. Cawson, E. W. Odell. – Philadelphia, PA : Elsevier, 2008. – 402 p. – ISBN 9780702049828.

135. CBCT quantitative evaluation of mandibular lingual concavities in dental implant patients / K. Kamburoğlu, B. Acar, S. Yüksel, C. S. Paksoy // Surgical and radiologic anatomy. – 2015. – № 37(10). – P. 1209-1215.

136. CBCT-based bone quality assessment: Are Hounsfield units applicable? / R. Pauwels, R. Jacobs, S. R. Singer, M. Mupparapu // Dento maxillo facial radiology. – 2015. – № 44. – P. 20140238-20140254.

137. Chappuis, V. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites / V. Chappuis, M. G. Araújo, D. Buser // Periodontology 2000. – 2017. – № 73(1). – P. 73–83.

138. Chiapasco, M. Horizontal bone-augmentation procedures in implant dentistry: Prosthetically guided regeneration / M. Chiapasco, P. Casentini // Periodontology 2000. – 2018. – № 77(1). – P. 213-240.

139. Chu, T.-M. G. Craniofacial biology, orthodontics, and implants / T.-M. G. Chu, S. S.-Y. Liu, W. J. Babler // Basic and applied bone biology. – 2014. – P. 225–242.

140. Clark, D. Dental implant management and maintenance: How to improve long-term implant success? / D. Clark, L. Levin // Quintessence international. – 2016. – № 47(5). – P. 417-423.

141. Clavero, J. Ramus or chin grafts for maxillary sinus inlay and local onlay augmentation: Comparison of donor site morbidity and complications / J. Clavero, S. Lundgren // Clinical Implant dentistry and related research. – 2003. – № 5. – P. 154–160.

142. Clinical classification of complications in guided bone regeneration procedures by means of a nonresorbable membrane / F. Fontana, E. Maschera, I. Rocchietta, M. Simion // International journal of periodontics and restorative dentistry. – 2011. – № 31. – P. 265–273.

143. Clinical evaluation of small-diameter ITI implants: A prospective study / B. Zinsli, T. Sägeser, E. Mericske, R. Mericske-Stern // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2004. – № 19(1). – P. 92-99.

144. Clinical performance of short versus standard dental implants in vertically augmented bone: An overview of systematic reviews / P. Pauletto, E. Ruales-Carrera, L. A. Mezzomo [et al.] // *Clinical oral investigations*. – 2021. – № 25(11). – P. 6045-6068.

145. Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: A review / G. Greenstein, J. Cavallaro, G. Romanos, D. Tarnow // *Journal of periodontology*. – 2008. – № 79(8). – P. 1317-1329.

146. Coatoam, G. W. The segmental ridge-split procedure / G. W. Coatoam, A. Mariotti // *Journal of periodontology*. – 2003. – № 74(5). – P. 757-70.

147. Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: A 5-year follow-up of 550 dental implants / M. Degidi, G. Iezzi, V. Perrotti, A. Piattelli // *Clinical Implant dentistry and related research*. – 2009. – № 11(4). – P. 257-266.

148. Comparison between immediate vs. delayed lateral expansion technique to augment narrow alveolar ridges for placement of implants - A pilot study / H. Chauhan, S. Lakshmi, J. K. Aurora [et al.] // *Journal of oral biology and craniofacial research*. – 2020. – № 10(2). – P. 78-82.

149. Comparison of surgical and nonsurgical treatment of periodontal disease. A review of current studies and additional results after 61/2 years / B. L. Pihlstrom, R. B. McHugh, T. H. Oliphant, C. Ortiz-Campos // *Journal of clinical periodontology*. – 1983. – № 10(5). – P. 524-541.

150. Comparison of three different types of splints and templates for maxilla repositioning in bimaxillary orthognathic surgery: A randomized controlled trial / H. Chen, R. Bi, Z. Hu [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2021. – № 50(5). – P. 635-642.

151. Comparison of two techniques for lateral ridge augmentation in mandible with ramus block graft / H. M. Barbu, C. F. Andreescu, A. Lorean [et al.] // *The Journal of craniofacial surgery*. – 2016. – № 27(3). – P. 662-667.

152. Computer-guided bone lid osteotomy with piezosurgery / S. Sivolella, G. Brunello, A. Fincato, L. de Stavo // *Annali di Stomatologia* – 2018. – № IX (2) – C. 84–90.

153. Cone beam computed tomography evaluation of regenerated buccal bone 5 years after simultaneous implant placement and guided bone regeneration procedures – A randomized, controlled clinical trial / R. E. Jung, G. I. Benic, D. Scherrer, C. H. Hämmerle // *Clinical oral implants research*. – 2015. – № 26(1). – P. 28-34.

154. Cone beam computed tomography in implant dentistry: Recommendations for clinical use / R. Jacobs, B. Salmon, M. Codari [et al.] // *BioMed Central oral health*. – 2018. – № 18(1). – P. 88-104.

155. Cone beam computerized tomography analysis of the posterior and anterior mandibular lingual concavity for dental implant patients / T. Y. Yoon, M. Patel, R. A. Michaud, A. M. Manibo // *The Journal of oral implantology*. – 2017. – № 43(1). – P. 12-18.

156. Cone beam CT: A current overview of devices / A. Nemtoi, C. Czink, D. Haba, A. Gahleitner // *Dento maxillo facial radiology*. – 2013. – № 42(8). – P. 20120443-20120451.

157. Cone-beam computed tomography evaluation of horizontal and vertical dimensional changes in buccal peri-implant alveolar bone and soft tissue: A 1-year prospective clinical study / A. Kaminaka, T. Nakano, S. Ono [et al.] // *Clinical Implant dentistry and related research*. – 2015. – № 17. – P. 576-585.

158. Cortellini, P. Periodontal regeneration of human intrabony defects. II. Re-entry procedures and bone measures / P. Cortellini, G. Pini Prato, M. S. Tonetti // *Journal of periodontology*. – 1993. – № 64. – P. 261-268.

159. Cortical bone augmentation versus nerve lateralization for treatment of atrophic posterior mandible: A retrospective study and review of literature / A. Khojasteh, A. Hassani, S. R. Motamedian [et al.] // *Clinical implant dentistry and related research*. – 2016. – № 18(2). – P. 342-359.

160. Cross-sectional analysis of the mandibular lingual concavity using cone beam computed tomography / H. L. Chan, S. L. Brooks, J. H. Fu [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2011 – № 22(2). – P. 201-206.

161. Danza, M. Comparison between implants inserted into piezo split and unsplit alveolar crests / M. Danza, R. Guidi, F. Carinci // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2009. – № 67(11). – P. 2460-2465.

162. David, B. B. Basic and applied bone biology / B. B. David, R. M. Allen. – Amsterdam [et al.] : Academic Press, 2013. – 390 p. – ISBN 9780124160156.

163. De Wijs, F. L. Immediate labial contour restoration for improved esthetics: A radiographic study on bone splitting in anterior single-tooth replacement / F. L. De Wijs, M. S. Cune // *International journal of oral and maxillofacial implants* – 1997. – № 12. – P. 686-696.

164. Delayed expansion of atrophic mandible (DEAM): A case report / A. Scarano, G. Murmura, G. Vantaggiato [et al.] // *Oral implantology*. – 2017. – № 10(2). – P. 190-196.

165. Delayed expansion of the atrophic mandible by ultrasonic surgery: A clinical and histologic case series / A. Scarano, A. Piattelli, G. Murmura [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2015. – № 30(1). – P. 144-149.

166. Demetriades, N. Alternative bone expansion technique for implant placement in atrophic edentulous maxilla and mandible / N. Demetriades, J. Park, C. Laskarides // *The Journal of oral implantology*. – 2011. – № 37(4). – P. 463-471.

167. Dental implants placed in expanded narrow edentulous ridges with the Extension Crest device. A 1-3-year multicenter follow-up study / M. Chiapasco, F. Ferrini, P. Casentini [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2006. – № 17(3). – P. 265-72.

168. Distinguishing predictive profiles for patient-based risk assessment and diagnostics of plaque induced, surgically and prosthetically triggered peri-implantitis / L. Canullo, M. Tallarico, S. Radovanovic [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2016. – № 27(10). – P. 1243-1250.

169. Does graft particle type and size affect ridge dimensional changes after alveolar ridge split procedure? / M. G. Kheur, S. Kheur, T. Lakha [et al.] // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2018. – № 76(4). – P. 761-769.

170. Durnovo, E. Horizontal bone augmentation: Achieving long-term predictable outcomes in implant placement / E. Durnovo // *Esthetics in dentistry*, edited by Schwartz-Arad D. – 2016. – P. 271-297.

171. Early loading of non-submerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface / M. M. Bornstein, B. Schmid, U. C. Belser [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2005. – № 16(6). – P. 631-638.

172. Effectiveness of dental implantation with immediate loading when replacing frontal dentition defects / A. V. Lepilin, M. Shalina, N. L. Erokina [et al.] // *Archiv EuroMedica*. – 2022. – № 2. – P. 118-123.

173. Elian, N. A two-stage full-arch ridge expansion technique: Review of the literature and clinical guidelines / N. Elian, Z. Jalbout, B. Ehrlich // *Implant dentistry*. – 2008. – № 17(1). – P. 16-23.

174. Enislidis, G. Preliminary report on a staged ridge splitting technique for implant placement in the mandible: A technical note / G. Enislidis, G. Wittwer, R. Ewers // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2006. – № 21(3). – P. 445-449.

175. Evaluation of implants placed with barrier membranes. A retrospective follow-up study up to five years / M. Lorenzoni, C. Pertl, R. A. Polansky [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2002. – № 13(3). – P. 274-280.

176. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score / R. Fürhauser, D. Florescu, T. Benesch [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 2005. – № 16(6). – P. 639-644.

177. Evaluation of the mandible as an alternative autogenous bone source for oral and maxillofacial reconstruction / M. Güngörmüş, A. B. Yilmaz, U. Ertaş [et al.] // *The Journal of international medical research*. – 2002. – № 30(3). – P. 260-254.

178. Exposure of barriers used in GBR: rate, timing, management, and its effect on grafted bone. A retrospective analysis / K. Poomprakobsri, J. Y. Kan, K.

Rungcharassaeng, J. Lozada // The Journal of oral implantology. – 2022. – № 48(1). – P. 27-36.

179. Factors affecting the survival rate of dental implants: A retrospective study / S. Raikar, P. Talukdar, S. Kumari [et al.] // Journal of international society of preventive and community dentistry. – 2017. – № 7. – P. 351–355.

180. Five-year results of implants with an oxidized surface placed predominantly in soft quality bone and subjected to immediate occlusal loading / R. Glauser, A. Zembic, P. Ruhstaller, S. Windisch // The Journal of prosthetic dentistry. – 2007. – № 97(6). – P. 59-68.

181. Flanagan, D. A Comparison of facial and lingual cortical thicknesses in edentulous maxillary and mandibular sites measured on computerized tomograms / D. A. Flanagan // The Journal of oral implantology. – 2008. – № 34. – P. 256-258.

182. Flanagan, D. A Method for estimating preoperative bone volume for implant surgery / D. A. Flanagan // The Journal of oral implantology. – 2000. – № 26(4). – P. 262-266.

183. Flanagan, D. Labyrinthine concussion and positional vertigo after osteotome site preparation / D. Flanagan // Implant dentistry. – 2004. – № 13. – P. 129–132.

184. Freeman, E. Development of the periodontium: An electron microscopic study / E. Freeman, A. R. Ten Cate // Journal of periodontology. – 1971. – № 42. – P. 387-395.

185. Gallo, P. Management of 80 complications in vertical and horizontal ridge augmentation with nonresorbable membrane (d-PTFE): A cross-sectional study / P. Gallo, D. Díaz-Báez // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2019. – № 34(4). – P. 927–935.

186. Ganz, S. D. Cone beam computed tomography-assisted treatment planning concepts / S. D. Ganz // Dental clinics of North America. – 2011. – 55(3). – P. 515-536.

187. Ganz, S. D. Three-dimensional imaging and guided surgery for dental implants / S. D. Ganz // Dental clinics of North America. – 2015. – № 59(2). – P. 265-290.

188. Garber, D. A. Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development / D. A. Garber, U. C. Belser // *Compendium of continuing education in dentistry*. – 1995. – № 16. – P. 798–802.

189. González-García, R. Alveolar split osteotomy for the treatment of the severe narrow ridge maxillary atrophy: a modified technique / R. González-García, F. Monje, C. Moreno // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2011. – № 40(1). – P. 57-64.

190. Goodlin, R. Photographic-assisted diagnosis and treatment planning / R. Goodlin // *Dental clinics of North America*. – 2011. – № 55(2). – P. 211-227.

191. Guided bone regeneration with concentrated growth factor enriched bone graft matrix (sticky bone) vs. bone-shell technique in horizontal ridge augmentation: A retrospective study / H. M. Barbu, S. A. Iancu, A. Rapani, C. Stacchi // *Journal of clinical medicine*. – 2021. – Vol. 31, № 10(17). – P. 3953-3964.

192. Guided sinus lift: virtual planning of surgical templates for lateral access / F. Cecchetti, M. Spuntarelli, D. Mazza [et al.] // *Journal of biological regulators and homeostatic agents*. – 2021. – № 35(3). – P. 139-145.

193. Gultekin, B.A. Clinical and 3-dimensional radiographic evaluation of autogenous iliac block bone grafting and guided bone regeneration in patients with atrophic maxilla / B. A. Gultekin, E. Cansiz E, M. O. Borahan // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2017. – № 75(4). – P. 709-722.

194. Hammerle, C.H. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets / C. H. Hammerle, M. G. Araujo, M. Simion // *Clinical oral implants research*. – 2012. – № 23 (Suppl. 5). – P. 80–82.

195. Hard- and soft-tissue augmentation around dental implant using ridge split and connective tissue graft for esthetic rehabilitation of atrophic anterior maxilla / M. Kirmani, A. Zia, A. Ahad, A. Bey // *Journal of Indian Society of Periodontology*. – 2018. – № 22(6). – P. 555-558.

196. Histomorphometric assessment in cadavers of the periimplant bone density in maxillary tuberosity following implant placement using osteotome and conventional

techniques /J. Blanco, J. Suarez, S. Novio [et al.] // Clinical oral implants research. – 2008. – № 19. – P. 505–510.

197. Holtzclaw, D. J. Reconstruction of posterior mandibular alveolar ridge deficiencies with the piezoelectric hinge-assisted ridge split technique: A retrospective observational report / D. J. Holtzclaw, N. J. Toscano, P. S. Rosen // Journal of periodontology. – 2010. – № 81. P. 1580-1586.

198. Horizontal bone reconstruction on sites with different amounts of native bone: A retrospective study / A. A. Pelegrine, G. Romito, C. C. Villar [et al.] // Brazilian oral research. – 2018. – № 32. – P. 21-29.

199. Horizontal ridge augmentation using native collagen membrane vs titanium mesh in atrophic maxillary ridges: Randomized clinical trial / M. Atef, A. Tarek, M. Shaheen [et al.] // Clinical implant dentistry and related research. – 2020. – № 22(2). – P. 156-166.

200. Horizontal ridge augmentation with piezoelectric hinge-assisted ridge split technique in the atrophic posterior mandible / M. S. Cha, J. H. Lee, S. W. Lee [et al.] // Maxillofacial plastic and reconstructive surgery. – 2014. – № 36(3). – P. 124-30.

201. Horner, K. Cone-beam computed tomography: time for an evidence-based approach / K. Horener // Primary dental journal. – 2013. – № 2(1). – P. 22-31.

202. Howe, M. S. Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis / M. S. Howe, W. Keys, D. Richards // J. Dent. – 2019. – № 84. – P. 9–21.

203. Immediate and delayed lateral ridge expansion technique in the atrophic posterior mandibular ridge / D. S. Sohn, H. J. Lee, J. U. Heo [et al.] // Journal of oral and maxillofacial surgery. – 2010. – № 68(9). – P. 2283-2290.

204. Immediate implant in the posterior region combined with alveolar ridge preservation and sealing socket abutment: A retrospective 3D radiographic analysis / M. Alexopoulou, F. Lambert, B. Knafo [et al.] // Clinical Implant dentistry and related research. – 2021. – № 23(1). – P. 61-72.

205. Implant success, survival, and failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference / C. E. Misch, M. L. Perel, H. L. Wang [et al.] // *Implant dentistry*. – 2008. – № 17. – P. 5–15.

206. Inferior alveolar nerve transposition – an in vitro comparison between piezosurgery and conventional bur use / M. C. Metzger, K. H. Bormann, R. Schoen [et al.] // *The Journal of oral implantology*. – 2006. – № 32(1). – P. 19-25.

207. Influence of the posterior mandible ridge morphology on virtual implant planning / G. O. Gallucci, S. Khoynzhad, A. I. Yansane [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2017. – № 32(4). – P. 801-806.

208. Influence of thin mucosal tissues on crestal bone stability around implants with platform switching: A 1-year pilot study / T. Linkevicius, P. Apse, S. Grybauskas, A. Puisys // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2010. – № 68(9). – P. 2272-2277.

209. Intraoperative complications during oral implantology / J. L. Pelayo, M. P. Diago, E. M. Bowen, M. P. Diago // *Medicina oral, patología oral y cirugía buccal*. – 2008. – № 13. – P. 239–243.

210. Iplikçioğlu, H. The use of computerized tomography for diagnosis and treatment planning in Implant dentistry / H. Iplikçioğlu, K. Akça, M. C. Cehreli // *The Journal of oral implantology*. – 2002. – № 28(1). – P. 29-36.

211. Jensen, O.T. Marginal bone stability using 3 different flap approaches for alveolar split expansion for dental implants: A 1-year clinical study / O. T. Jensen, D. R. Cullum, D. Baer // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2009. – № 67(9). – P. 1921-1930.

212. Johnson, C. Measuring pain. Visual analog scale versus numeric pain scale: What is the difference? / C. Johnson // *Journal of chiropractic medicine*. – 2005. – № 4. – P. 43–44.

213. Juodzbalys, G. Injury of the inferior alveolar nerve during implant placement: A literature review / G. Juodzbalys, H. L. Wang, G. Sabalys // *Journal of oral and maxillofacial research*. – 2011. – № 2(1). – P. 1-20.

214. Kao, D.W. Comparison of ridge expansion and ridge splitting techniques for narrow alveolar ridge in a Swine cadaver model / D. W. Kao, J. P. Fiorellini // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2015. – № 35(3). – P. 44-49.
215. Kelly, A. Ridge expansion and immediate placement with piezosurgery and screw expanders in atrophic maxillary sites: Two case reports / A. Kelly, D. Flanagan // *The Journal of oral implantology*. – 2013. – № 39(1). – P. 85-90.
216. Khairnar, M. S. Modified ridge splitting and bone expansion osteotomy for placement of dental implant in esthetic zone / M. S. Khairnar, D. Khairnar, K. Bakshi // *Contemporary clinical dentistry*. – 2014. – № 5(1). – P. 110-114.
217. Khoury, F. Bone augmentation in oral implantology / F. Khoury, H. Antoun, P. Missika. – Quintessence Pub, 2007. – 436 p. – ISBN 1850971595.
218. Khoury, F. Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: A 10-year prospective clinical study / F. Khoury, T. Hanser // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2015. – № 30(3). – P. 688-697.
219. Khoury, F. The bone core technique for the augmentation of limited bony defects: Five-year prospective study with a new minimally invasive technique / F. Khoury, R. Doliveux // *The International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2018. – № 38(2). – P. 199-207.
220. Koong, B. Cone beam imaging: Is this the ultimate imaging modality? / B. Koong // *Clinical oral implants research*. – 2010. – № 21(11). – P. 1201–1208.
221. Kopp, K.C. Predictable implant placement with a diagnostic/surgical template and advanced radiographic imaging / K. C. Kopp, A. H. Koslow, O. S. Abdo // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 2003. – № 89(6). – P. 611-615.
222. Lalo, J. Les ostéotomies corticales d'augmentation alvéolaire en chirurgie implantaire [Alveolar ridge augmentation with cortical osteotomies for dental implantation] / J. Lalo, A. S. Verrons, J. P. Lezy // *Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale*. – 2012. – № 113(4). – P. 276-290.

223. Lang, N. P., Berglundh T; Periimplant diseases: Where are we now?- Consensus of the seventh european workshop on periodontology / N. P. Lang, T. Berglundh // Journal of clinical periodontology. – 2011. – № 38(11). – P. 178-181.

224. Lateral alveolar ridge expansion in the anterior maxilla using piezoelectric surgery for immediate implant placement / V. G. Nguyen, N. von Krockow, P. Weigl, R. Depprich // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2016. – № 31(3). – P. 687-699.

225. Lateral bone augmentation in narrow posterior mandibles, description of a novel approach, and analysis of results / I. Beitlitum, A. Sebaoun, C.E. Nemcovsky, S. Slutzkey // Clinical Implant dentistry and related research. – 2018. – № 20(2). – P. 96-101.

226. Lateral ridge augmentation using autogenous block grafts and guided bone regeneration: A 10-year prospective case series study / V. Chappuis, Y. Cavusoglu, D. Buser, T. von Arx // Clinical Implant dentistry and related research. – 2017. – № 19(1). – P. 85-96.

227. Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients / D. Buser, K. Dula, H. P. Hirt, R. K. Schenk // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 1996. – № 54(4). – P. 420–432.

228. Laurell, L. Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: A meta-analysis / L. Laurell, D. Lundgren // Clinical Implant dentistry and related research. – 2011. – № 13(1). – P. 19-28.

229. Limitations and options using resorbable versus nonresorbable membranes for successful guided bone regeneration / N. K. Soldatos, P. Stylianou, V. P. Koidou [et al.] // Quintessence international. – 2017. – № 48(2). – P. 131-147.

230. Lingual concavities in the mandible: A morphological study using cross-sectional analysis determined by CBCT / H. J. Nickenig, M. Wichmann, S. Eitner [et al.] // Journal of cranio-maxillo-facial surgery. – 2015. – № 43(2). – P. 254-259.

231. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part I: 8-year life table analysis of a prospective multicenter study with 2359 implants / D. Buser, R.

Mericske-Stern, J.P. Bernard [et al.] // *Clinical oral implants research*. – 1997. – № 8. – P. 161–172.

232. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: A 7-year prospective study with the ITI dental implant system / E. Romeo, D. Lops, E. Margutti [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2004. – № 19(2). – P. 247-259.

233. Lum, L. B. A biomechanical rationale for the use of short implants / L. B. Lum // *The Journal of oral implantology*. – 1991. – № 17(2). – P. 126-131.

234. Mandible size and morphology determined with CT on a premise of dental implant operation / H. Watanabe, M. M. Abdul, T. Kurabayashi, H. Aoki // *Surgical and radiologic anatomy*. – 2010. – № 32(4). – P. 343-349.

235. Marginal bone loss with mandibular twoimplant overdentures using different loading protocols and attachment systems: 10-year outcomes / S. Ma, A. Tawse-Smith, W. M. Thomson, A. G. Payne // *International journal of prosthodontics*. – 2010. – № 23(4). – P. 321-332.

236. Matalová, E. Development of tooth and associated structures / E. Matalová, V. Lungová, P. Sharpe // *Stem cell biology and tissue engineering in dental sciences*. – 2015. – P. 335–346.

237. Material-associated bone resorption / A. P. Bonartsev, A. A. Muraev, R. V. Deyev, A. V. Volkov // *Modern technologies in medicine*. – 2018. – № 4. – P. 26-33.

238. Mazur, Z. Peri-implant tissue score (PITS) as a measure of success, applied to 869 dental implants from a retrospective clinical study / Z. Mazur, L. Korábek, D. Mazur // *Quintessence international*. – 2018. – № 49(7). – P. 567-579.

239. McAllister, B. S. Bone augmentation techniques / B. S. McAllister, K. Haghghat // *Journal of periodontology*. – 2007. – № 78(3). – P. 377-396.

240. Milinkovic, I. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review / I. Milinkovic, L. Cordaro // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2014. – № 43(5). – P. 606-625.

241. Misch, C. E. Classification of partially edentulous arches for Implant dentistry / C. E. Misch, K. W. Judy // The International journal of oral implantology. – 1987. – № 4. – P. 7–13.

242. Misch, C. M. Implant site development using ridge splitting techniques / C. M. Misch // Oral and maxillofacial surgery clinics of North America. – 2004. – № 16. – P. 65–74.

243. Monsour, P. A. Implant radiography and radiology / P. A. Monsour, R. Dudhia // Australian dental journal. – 2008. – № 53 – P. 11-25.

244. Morad, G. Cortical tenting technique versus onlay layered technique for vertical augmentation of atrophic posterior mandibles: A split-mouth pilot study / G. Morad, A. Khojasteh // Implant dentistry. – 2013. – № 22(6). – P. 566-571.

245. Morbidity of harvesting of chin grafts: A prospective study / E. Nkenke, S. Schultze-Mosgau, M. Radespiel-Troger [et al.] // Clinical oral implants research. – 2001. – № 12. – P. 495–502.

246. Mordenfeld, A. Lateral ridge augmentation with two different ratios of deproteinized bovine bone and autogenous bone: A 2-year follow-up of a randomized and controlled trial / A. Mordenfeld, H. Aludden, T. Starch-Jensen // Clinical Implant dentistry and related research. – 2017. – № 19(5). – P. 884-894.

247. Nentwig, G. H. Technic of bone splitting for alveolar recession in anterior maxillary region / G. N. Nentwig // Quintessenz. – 1986. – № 37 (11). – P. 1825-1834.

248. Nishimura, I. Resorption of residual ridges (RRR) in rats / I. Nishimura, P. J. Damiani, D. A. Atwood // Journal of dental research. – 1987. – № 66(12). – P. 1753–1757.

249. Nishioka, R. S. Bone spreader technique: A preliminary 3-year study / R. S. Nishioka, F. A. Souza // The Journal of oral implantology. – 2009. – № 35. – P. 289-294.

250. Osborn, J. F. Extension alveoloplasty (I). New surgical procedures for the treatment of alveolar collapse and residual alveolar ridge atrophy / J. F. Osborn // Quintessenz. – 1985. – № 36(1). – P. 9-16.

251. Osborn, J. F. Extension alveoloplasty (II). New surgical procedures for the treatment of alveolar collapse and residual alveolar ridge atrophy / J. F. Osborn // Quintessenz. – 1985. – № 36(2). – P. 239-246.

252. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: A cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores / U. C. Belse, L. Grutter, F. Vailati [et al.] // Journal of periodontology. – 2009. – № 80(1). – P. 140-151.

253. Particulate vs. block bone grafts: three-dimensional changes in graft volume after reconstruction of the atrophic maxilla, a 2-year radiographic follow-up / A. Dasmah, A. Thor, A. Ekestubbe [et al.] // Journal of cranio-maxillo-facial surgery. – 2012. – № 40(8). – P. 654-659.

254. Performance of ultrasonic devices for bone surgery and associated intraosseous temperature development / S. Harder, S. Wolfart, C. Mehl, M. Kern // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2009. – № 24. – P. 484–490.

255. Phillips, D. J. Buccal bone thickness adjacent to virtual dental implants following guided bone regeneration / D. J. Phillips, D. T. Swenson, T. M. Johnson // Journal of periodontology. – 2019. – № 90(6). – P. 595-607.

256. Piccinini, M. Mandibular bone expansion technique in conjunction with root form implants: A case report / M. Piccinini // Journal of oral and maxillofacial surgery. – 2009. – № 67. – P. 1931-1936.

257. Pietrokovski, J. Residual ridge remodeling after tooth extraction in monkeys / J. Pietrokovski, M. Massler // The Journal of prosthetic dentistry. – 1971. – № 26(2). – P. 119–129.

258. Piezoelectric alveolar ridge-splitting technique with simultaneous implant placement: A cohort study with 2-year radiographic results / R. Bassetti, M. Bassetti, R. Mericske-Stern, N. Enkling // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2013. – № 28(6). – P. 1570-1580.

259. Piezoelectric osteotomy for intraoral harvesting of bone blocks / D. S. Sohn, M. R. Ahn, W. H. Lee [et al.] // International journal of periodontics and restorative dentistry. – 2007. – № 27(2). – P. 127-131.

260. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery / G. Pavlíková, R. Foltán, M. Horká [et al.] // International journal of oral and maxillofacial surgery. – 2011. – № 40. – P. 451-457.

261. Planning of dental implant size with digital panoramic radiographs, CBCT-generated panoramic images, and CBCT cross-sectional images / L. R. Correa, R. Spin-Neto, A. Stavropoulos [et al.] // Clinical oral implants research. – 2014. – № 25(6). – P. 690-695.

262. Position statement of the american academy of oral and maxillofacial radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography / D. A. Tyndall, J. B. Price, S. Tetradis [et al.] // Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. – 2012. – № 113(6). – P. 817-826.

263. Presurgical planning in implant restorations: correct interpretation of cone-beam computed tomography for improved imaging / S. Kourtis, E. Skondra, I. Roussou, E. V. Skondras // Journal of esthetic and restorative dentistry. – 2012. – № 24(5). – P. 321-332.

264. Quantification of metal artefacts on cone beam computed tomography images / R. Pauwels, H. Stamatakis, H. Bosmans [et al.] // Clinical oral implants research. – 2013. – № 100. P. 94–99.

265. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: A randomized controlled clinical trial / R. E. Jung, A. Philipp, B. M. Annen [et al.] // Journal of clinical periodontology. – 2013. – № 40(1). – P. 90-98.

266. Randomized clinical study using xenograft blocks loaded with bone morphogenetic protein-2 or autogenous bone blocks for ridge augmentation - A three-dimensional analysis / D. S. Thoma, S. P. Bienz, M. Payer [et al.] // Clinical oral implants research. – 2019. – № 30(9). – P. 872-881.

267. Reconstruction of atrophied posterior mandible with inlay technique and mandibular ramus block graft for implant prosthetic rehabilitation / P. Felice, G. Iezzi, G. Lizio [et al.] // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2009. – № 67(2). – P. 372-380.

268. Reconstruction of maxillary alveolar defects with mandibular symphysis grafts for dental implants: A preliminary procedural report / C. M. Misch, C. E. Misch, R. R. Resnik, Y. H. Ismail // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 1992. – № 7. – P. 360-366.

269. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: A prospective study / C. Maiorana, M. Beretta, S. Salina, F. Santoro. *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2005. – № 25(1). – P. 19-25.

270. Results of computer-guided bone block harvesting from the mandible: A case series / L. De Stavola, A. Fincato, E. Bressan, L. Gobatto // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2017. – № 37(1). – P. 111-119.

271. Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: A 3D analysis with CBCT / V. Chappuis, O. Engel, M. Reyes [et al.] // *Journal of dental research*. – 2013. – № 92(12 Suppl). – P. 195-201.

272. Ridge augmentation-The new field of computerized guided surgery: A technical note for minimal-invasive bone splitting / V. Alevizakos, G. Mitov, M. Schiller, C. von See // *Clinical case reports*. – 2021. – Vol. 20, № 9(4). – P. 2390-2396.

273. Role of cone beam computed tomography in rehabilitation of a traumatised deficient maxillary alveolar ridge using symphyseal block graft placement / S. Arora, A. K. Lamba, F. Faraz [et al.] // *Case reports in dentistry*. – 2013. – № 2013. – P. 748405-748411.

274. Santagata, M. A modified edentulous ridge expansion technique for immediate placement of implants: A case report / M. Santagata, L. Guariniello, G. Tartaro // *The Journal of oral implantology*. – 2011. – № 37. – P. 114-119.

275. Scaravilli, M.S. Mandibular lingual vascular canals (MLVC): evaluation on dental CTs of a case series / M. S. Scaravilli, M. Mariniello, G. Sammartino G // *European journal of radiology*. – 2010. – № 76. – P. 173–176.

276. Scarfe, W.C. What is cone-beam CT and how does it work? / W. C. Scarfe, A. G. Farman // *Dental clinics of North America*. – 2008. – № 52. – P. 707-730.

277. Schwartz-Arad, D. Evaluation of long-term implant success / D. Schwartz-Arad, R. Herzberg, L. Levin // *Journal of periodontology*. – 2005. – № 76(10). – P. 1623-1628.

278. Scipioni, A. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study / A. Scipioni, G. B. Bruschi, G. Calesini // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 1994. – № 14(5). – P. 451-459.

279. Seibert, J. S. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. / J. S. Seibert // *Compendium of continuing education in dentistry*. – 1983. – № 4. – P. 437–453.

280. Sethi, A. Maxillary ridge expansion with simultaneous implant placement: 5-year results of an ongoing clinical study / A. Sethi, T. Kaus // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2000. – № 15(4). P. 491-499.

281. Shemtov-Yona, K. An overview of the mechanical integrity of dental implants / K. Shemtov-Yona, D. Rittel // *BioMed research international*. – 2015. – № 2015. – P. 547384-547395.

282. Short dental implants ( $\leq 8.5$  mm) versus standard dental implants ( $\geq 10$  mm): A one-year post-loading prospective observational study / G. Pardo-Zamora, A. J. Ortiz-Ruíz, F. Camacho-Alonso [et al.] // *International journal of environmental research and public health*. – 2021. – № 18(11). – P. 5683-5698.

283. Shulman, L. B. Surgical considerations in implant dentistry / L. B. Shulman // *The International journal of oral implantology*. – 1988. – № 5. – P. 37-41.

284. Simion, M. Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration / M. Simion, M. Baldoni, D. Zaffe // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 1992. – № 12(6). – P. 462-473.

285. Smith, D.E. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants / D. E. Smith, G.A. Zarb // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 1989. – № 62(5). – P. 567-572.

286. Snow, S. R. Assessing and achieving accuracy in digital dental photography / S. R. Snow // *Journal of the California dental association*. – 2009. – 37(3). – P. 185-191.

287. Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery (piezosurgery): 3-year follow-up of 180 treated implant sites / C. Blus, S. Szmukler-Moncler, I. Vozza [et al.] // *Quintessence international*. – 2010. – № 41(6). – P. 463-469.

288. Stability of contour augmentation and esthetic outcomes of implant-supported single crowns in the esthetic zone: 3-year results of a prospective study with early implant placement postextraction / D. Buser, J. Wittneben, M. M. Bornstein [et al.] // *Journal of periodontology*. – 2011. – № 82. – P. 342–349.

289. Stability of dental implants and thickness of cortical bone: clinical research and future perspectives. A systematic review / D. A. Di Stefano, P. Arosio, P. Cappare` [et al.] // *Materials*. – 2021. – № 14(23). – P. 7183-7204.

290. Staged ridge splitting technique for horizontal expansion in mandible: a case report / M. Kheur, S. Gokhale, S. Sumanth, S. Jambekar // *The Journal of oral implantology*. – 2014. – № 40(4). – P. 479-483.

291. Stephenson, B. A. Digital panoramic radiography: improving efficiency in patient care / B. A. Stephenson // *Dentistry today*. – 2005. – № 24(12). – P. 88 – 90.

292. Success criteria in implant dentistry: A systematic review / P. Papaspyridakos, C. J. Chen, M. Singh [et al.] // *Journal of dental research*. – 2012. – № 91(3). – P. 242-248.

293. Success rate of dental implants inserted in autologous bone graft regenerated areas: A systematic review / M. Clementini, A. Morlupi, C. Agrestini, L. Ottria // *ORAL and implantology*. – 2011. – № 4(3-4). – P. 3-10.

294. Summers, R. B. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique / R. B. Summers // *Compendium*. – 1994. – № 15. – P. 152–162.

295. Sunil, N. Criteria for success in dental implants: A systematic review / N. Sunil, D. Ashok, Dr. Dhanraj // International Journal of Science and Research. – 2017. – № 6(4). – P. 715-718.
296. Tallgren, A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years / A. Tallgren // The Journal of prosthetic dentistry. – 1972. – № 27. – P. 120–132.
297. Tatum, H. Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions / H. Jr. Tatum // Dental clinics of North America. – 1986. – № 30(2). – P. 207-229.
298. The biology of bone grafting / S. N. Khan, F. P. Cammisa, H. S. Sandhu [et al.] // The Journal of the american academy of orthopaedic surgeons. – 2005. – № 13(1). – P. 77-86.
299. The effect of ridge expansion on implant stability in narrow partially edentulous ridges - A preliminary clinical study / L. S. Shaik, S. Meka, V. S. Kattimani [et al.] // Journal of clinical and diagnostic research. – 2016. – № 10(9). – P. 28-33.
300. The fate of lateral ridge augmentation: A systematic review and meta-analysis / B. Elnayef, C. Porta, F. Suárez-López Del Amo [et al.] // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2018. – № 33(3). – P. 622-635.
301. The lateral border of scapula for alveolar ridge reconstruction: A prospective clinical study / S. Sadilina, N. Kalakutskiy, O. Petropavlovskaya [et al.] // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2020. – № 35(6). – P. 1218-1228.
302. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success / T. Albrektsson, G. Zarb, P. Worthington, A. R. Eriksson // International journal of oral and maxillofacial implants. – 1986. – № 1. – P. 11–25.
303. The significance of the lingual nerve during periodontal/implant surgery / H. L. Chan, D. J. Leong, J. H. Fu [et al.] // Journal of periodontology. – 2010. – № 81(3). – P. 372-377.
304. The use of leucocyte and platelet-rich fibrin in socket management and ridge preservation: A split-mouth, randomized, controlled clinical trial / A.

Temmerman, J. Vandessel, A. Castro [et al.] // Journal of clinical periodontology. – 2016. – № 43(11). – P. 990-999.

305. The use of titanium mesh in guided bone regeneration: A systematic review / F. Briguglio, D. Falcomatà, S. Marconcini [et al.] // International journal of dentistry. – 2019. – № 7. – P. 9065423-9065432.

306. Thomas, J. Commentary. Presurgical planning in implant restorations: correct interpretation of cone-beam computed tomography for improved imaging / J. Thomas // Journal of esthetic and restorative dentistry. – 2012. – 24(5). – P. 333-334.

307. Three-dimensional analysis of bone remodeling following ridge augmentation of compromised extraction sockets in periodontitis patients: A randomized controlled study / M. Aimetti, V. Manavella, L. Corano [et al.] // Clinical oral implants research. – 2018. – № 29(2). – P. 202-214.

308. Three-dimensional analysis of dimensional changes after alveolar ridge preservation with bone substitutes or plasma rich in growth factors: Randomized and controlled clinical trial / A. Stumbras, P. Galindo-Moreno, G. Januzis, G. Juodzbalyis // Clinical Implant dentistry and related research. – 2021. – № 23(1). – P. 96-106.

309. Three-dimensional volumetric changes in severely resorbed alveolar sockets after ridge augmentation with bovine-derived xenograft and resorbable barrier: A preliminary study on CBCT imaging / V. Manavella, F. Romano, L. Corano [et al.] // International journal of oral and maxillofacial implants. – 2018. – № 33(2). – P. 373–382.

310. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: A volumetric study in the beagle dog / S. Fickl, O. Zuhr, H. Wachtel [et al.] // Journal of clinical periodontology. – 2008. – № 35. – P. 356–363.

311. Tufekcioglu S, Delilbasi C, Gurler G, Dilaver E, Ozer N. Is 2 mm a safe distance from the inferior alveolar canal to avoid neurosensory complications in implant surgery? / S. Tufekcioglu, C. Delilbasi, G. Gurler [et al.] // Nigerian journal of clinical practice. – 2017. – № 20(3). – P. 274-277.

312. Ultrasonic osteotomy in oral surgery and implantology / A. González-García, M. Diniz-Freitas, M. Somoza-Martín, A. García-García // Oral surgery, oral

medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology. – 2009. – № 108. – P. 360–367.

313. Urban, I. A. Guided bone regeneration in alveolar bone reconstruction / I. A. Urban, A. Monje // *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*. – 2019. – № 31(2). – P. 331-338.

314. Usefulness of the aesthetic result as a success criterion for implant therapy: A review / S. Annibali, I. Bignozzi, G. La Monaca, M. P. Cristalli // *Clinical Implant dentistry and related research*. – 2012. – № 14(1). – P. 3-40.

315. Using cone beam computed tomography angle for predicting the outcome of horizontal bone augmentation / C. Garaicoa, F. Suarez, J. H. Fu [et al.] // *Clinical Implant dentistry and related research*. – 2015. – № 17(4). – P. 717-723.

316. Van der Weijden, F. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: A systematic review / F. Van der Weijden, F. Dell'Acqua, D. E. Slot // *Journal of clinical periodontology*. – 2009. – № 36(12). – P. 1048-1058.

317. Vercellotti, T. Piezoelectric surgery in implantology: A case report-a new piezoelectric ridge expansion technique / T. Vercelotti // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2000. – № 20(4). – P. 358-365.

318. Wang, H. L. HVC ridge deficiency classification: a therapeutically oriented classification / H. L. Wang, K. Al-Shammari // *International journal of periodontics and restorative dentistry*. – 2002. – № 22(4). – P. 335-343.

319. Wessing, B. Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: A systematic review and meta-analysis / B. Wessing, S. Lettner, W. Zechner // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2018. – № 33(1). – P. 87–100.

320. Widmann, G. Accuracy in computer-aided implant surgery - A review / G. Widmann, R. J. Bale // *International journal of oral and maxillofacial implants*. – 2006. – № 21. – P. 305–313.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

**№ 2779693****Шаблон для проведения расщепления альвеолярного гребня**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Приволжский исследовательский медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU)*

Авторы: *Дурново Евгения Александровна (RU), Корсакова Алена Игоревна (RU)*

Заявка № **2022109755**Приоритет изобретения **12 апреля 2022 г.**Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретенийРоссийской Федерации **12 сентября 2022 г.**Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **12 апреля 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 68b80077e14e40f0a94edbd24145dSc7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 20.03.2022 по 26.05.2023

*Ю.С. Зубов*

**Приложение Б**

УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России  
Карякин Николай Николаевич  
«02» сентября 2022 г.

**АКТ****об использовании предложений в лечебно-диагностическом процессе**

научно-исследовательской работы Корсаковой Алены Игоревны на тему: «Оптимизация цифрового планирования и хирургического лечения при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти», представленной на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.7. Стоматология (Медицинские науки).

**1. Наименование предложений для внедрения:**

- 1) «Персонифицированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения»;
- 2) «Способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона».

**2. Название и адрес организации – исполнителя:**

Стоматологическая поликлиника федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603000, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 20А, телефон: +7 (831) 422-13-40.

**3. Кем и когда внедрено:**

Дурново Евгения Александровна, Корсакова Алена Игоревна с 2017 года.

**4. Сфера внедрения:** лечебно-диагностические мероприятия на базе стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.

**5. Формы внедрения:** алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения, цифровой направляющий шаблон для оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей.

Главный врач стоматологической  
поликлиники ФГБОУ ВО «ПИМУ»  
Минздрава России

Л.И. Егорова

## Приложение В



УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующая поликлиникой  
№2 стоматологической  
ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России  
Монакова Наталья Евгеньевна  
*Н.Е. Монакова*  
«02» сентября 2022 г.

### АКТ

#### об использовании предложений в лечебно-диагностическом процессе

научно-исследовательской работы Корсаковой Алены Игоревны на тему: «Оптимизация цифрового планирования и хирургического лечения при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти», представленной на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.7. Стоматология (Медицинские науки).

#### 1. Наименование предложений для внедрения:

- 1) «Персонифицированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения»;
- 2) «Способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона».

#### 2. Название и адрес организации – исполнителя:

Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Приволжский окружной медицинский центр» Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации, 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская наб., д. 2, телефон: +7 (831) 428-81-88.

#### 3. Где и когда внедрено:

ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская наб., д. 2, телефон: +7 831 428 81 88, с 2022 года.

4. **Сфера внедрения:** лечебно-диагностические мероприятия на базе поликлиники №2 стоматологической ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России.

5. **Уровень внедрения:** региональный (г. Нижний Новгород, Нижегородская область).

Заведующий стоматологическим отделением  
поликлиники №2 стоматологической  
ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России



Дмитрий Николаевич Бухалкин

## Приложение Г

УТВЕРЖДАЮ:  
 Главный врач ООО «Центр  
 развития стоматологии «Садко»  
 Родионова Ольга Владимировна  
 «07» ноября 2022 г.



### АКТ

#### об использовании предложений в лечебно-диагностическом процессе

научно-исследовательской работы Корсаковой Алены Игоревны на тему: «Оптимизация цифрового планирования и хирургического лечения при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти», представленной на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.7. Стоматология (Медицинские науки).

#### 1. Наименование предложений для внедрения:

- 1) «Персонифицированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения»;
- 2) «Способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона».

#### 2. Название и адрес организации – исполнителя:

Общество с ограниченной ответственностью «Центр развития стоматологии «Садко», 603057, г. Нижний Новгород, ул. Бекетова, д. 13А, телефон: +7 (831) 412-01-20.

#### 3. Где и когда внедрено:

ООО «Центр развития стоматологии «Садко», 603057, г. Нижний Новгород, ул. Бекетова, д. 13А, телефон: +7 (831) 412-01-20, с 2022 года.

**4. Сфера внедрения:** лечебно-диагностические мероприятия на базе ООО «Центр развития стоматологии «Садко».

**5. Уровень внедрения:** г. Нижний Новгород.

Заведующий центром профессиональной имплантации ООО «Центр развития стоматологии «Садко»

  
 Андрей Вадимович Пузак



## Приложение Д



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России  
Карякин Николай Николаевич

«02» сентября 2022 г.

### АКТ

#### об использовании предложений в учебном процессе

научно-исследовательской работы Корсаковой Алены Игоревны на тему: «Оптимизация цифрового планирования и хирургического лечения при горизонтальной атрофии альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти», представленной на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.7. Стоматология (Медицинские науки).

#### 1. Наименование предложений для внедрения:

- 1) «Персонифицированный алгоритм предварительной и динамической объективной оценки состояния костной ткани альвеолярного гребня в боковых отделах нижней челюсти на этапах имплантологического лечения»;
- 2) «Способ оптимизации расщепления альвеолярного гребня челюстей с использованием цифрового направляющего шаблона».

#### 2. Название и адрес организации – исполнителя:

Кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603000, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 20А, телефон: +7 (831) 422-13-41.

#### 3. Кем и когда внедрено:

Дурново Евгения Александровна, Корсакова Алена Игоревна с 2017 года.

**4. Сфера внедрения:** учебный процесс кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.

**5. Форма внедрения:** внесение значимого материала диссертации о планировании имплантологического лечения, реконструктивных вмешательствах на костной ткани альвеолярного гребня челюстей в лекции и практические занятия, проводимые со студентами стоматологического, лечебного факультетов, факультета международного медицинского образования, в занятия с обучающимися на постдипломных программах.

Заведующий кафедрой хирургической стоматологии  
и челюстно-лицевой хирургии,  
д.м.н., профессор

Евгения Александровна Дурново

## Приложение Е

Индивидуальная регистрационная карта обследования пациента № \_\_\_\_\_

ФИО: \_\_\_\_\_

Возраст: \_\_\_\_\_ Пол: \_\_\_\_\_

Перенесённые и сопутствующие заболевания: \_\_\_\_\_

Аллергологический анамнез: \_\_\_\_\_

Прием лекарственных препаратов: \_\_\_\_\_

### Обследование

Данные внешнего осмотра:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Зубная формула:

Подвижность:																	
Состояние зубов:																	
Верхняя челюсть:	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	
Нижняя челюсть:	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	
Состояние зубов:																	
Подвижность:																	

Состояние зубов:	И - искусственный зуб;
С - кариес;	Р - корень зуба;
Р - пульпит;	О - отсутствующий зуб;
Рт - периодонтит;	А - пародонтит.
П - пломба;	Подвижность:
К - искусственная коронка;	Степень - I, II, III.

Прикус: \_\_\_\_\_

Индекс гигиены: \_\_\_\_\_

Индекс КПУ: \_\_\_\_\_

Состояние слизистой оболочки полости рта, дёсен, альвеолярных отростков и неба:

---



---

Диагноз:

---

Данные исходного КЛКТ-исследования по сегментам (в миллиметрах):

Классическая схема измерений						
Сегмент	W (ширина на уровне вершины гребня)	W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины гребня)	W3 (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	H (высота альвеолярного гребня)	
Измерения по разработанному персонафицированному алгоритму						
Сегмент	W (ширина на уровне вершины гребня)	W1 (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	W2 (ширина на высоте 3 мм от вершины гребня)	W3 (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	H (высота гребня)	A (угол наклона гребня)

**Первый этап хирургического лечения:** модифицированная двухэтапная сплит-техника в области \_\_\_\_\_

Использование индивидуального цифрового шаблона:  Да  Нет

Дата операции: \_\_\_\_\_ Время операции: \_\_\_\_\_

Данные клинических измерений ширины альвеолярного гребня (в миллиметрах):

Сегмент	W <sub>m</sub> (исходная ширина вершины альвеолярного гребня с учетом толщины слизистой)	W <sub>c</sub> (исходная ширина вершины альвеолярного гребня после отслойки лоскутов)	W <sub>1c</sub> (исходная ширина гребня на высоте 3 мм от его вершины после отслойки лоскутов)

Характеристика раннего послеоперационного периода (в баллах):

Показатель	Характеристика	Диапазон баллов	1-е сутки после операции	3-и сутки после операции	7-е сутки после операции	14-е сутки после операции
Боль	Отсутствует	0				
	Слабая	1-3				
	Умеренная	4-6				
	Интенсивная	7-9				
	Нестерпимая	10				
Отёк	Отсутствует	0				
	Умеренный	1				
	Выраженный	2				
	Сильный	3				
Гематома	Нет	0				
	Да	1				
Осложнения	Нет	0				
	Да	1				

Описание осложнений: \_\_\_\_\_

**Второй этап хирургического лечения:** операции имплантации в области \_\_\_\_\_

Дата операции: \_\_\_\_\_

Данные клинических измерений ширины альвеолярного гребня (в миллиметрах):

Сегмент	Wcs (ширина вершины альвеолярного гребня без учета слизистой после костной пластики)	W1cs (ширина гребня на высоте 3 мм от его вершины без учета слизистой после костной пластики)

Данные КЛКТ-исследования перед операцией имплантации по сегментам (в миллиметрах):

Классическая схема измерений					
Сегмент	Ws (ширина на уровне вершины гребня)	W1s (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	W2s (ширина на высоте 3 мм от вершины гребня)	W3s (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	Hs (высота альвеолярного гребня)
Измерения по разработанному персонализированному алгоритму					

Проведен забор костных трепанобиоптатов из области \_\_\_\_\_

**Третий этап хирургического лечения:** аугментация мягких тканей, установка формирователей десны в области \_\_\_\_\_

Дата операции: \_\_\_\_\_

Данные КЛКТ-исследования перед установкой формирователей десны (в миллиметрах):

Измерения по разработанному персонифицированному алгоритму					
Сегмент	W <sub>i</sub> (ширина на уровне вершины гребня)	W <sub>1i</sub> (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	W <sub>2i</sub> (ширина на высоте 3 мм от вершины гребня)	W <sub>3i</sub> (ширина на высоте 1 мм от вершины гребня)	H <sub>i</sub> (высота альвеолярного гребня)

**Ортопедический этап лечения**

Индекс PSI (в баллах от 0 до 4): \_\_\_\_\_

Сегмент	Мезиально- вестибулярная точка	Дистально- вестибулярная точка	Мезиально- оральная точка	Дистально- оральная точка

**Данные КЛКТ-исследования через 1 год после протезирования (в миллиметрах):**

Измерения по разработанному персонафицированному алгоритму					
Сегмент	W <sub>n</sub> (ширина на уровне вершины ребня)	W <sub>1n</sub> (ширина на высоте 1 мм от вершины ребня)	W <sub>2n</sub> (ширина на высоте 3 мм от вершины ребня)	W <sub>3n</sub> (ширина на высоте 1 мм от вершины ребня)	H <sub>n</sub> (высота альвеолярного ребня)

**Оценка убыли апроксимальной костной ткани от уровня платформы имплантата на КЛКТ (в миллиметрах):**

Сегмент	Убыль костной ткани мезиально	Убыль костной ткани дистально