

**Федеральное государственное бюджетное учреждение  
Национальный медицинский исследовательский центр  
«Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-  
лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации**

*На правах рукописи*

**ЧЕРЕДНИКОВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ**

**Применение композиции ксеногенного остеопластического материала  
и аутокостного материала при операции синус-лифтинг**

**3.1.7 Стоматология**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
Брайловская Татьяна Владиславовна  
д.м.н., профессор

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                               | 4  |
| ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВЫБОРЕ КОСТНО-<br>ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ..... | 12 |
| 1.1. Особенности процесса атрофии гребня альвеолярного<br>отростка верхней челюсти .....     | 12 |
| 1.2. Методы аугментации костной ткани перед дентальной<br>имплантацией. Синус-лифтинг .....  | 22 |
| 1.3. Костнопластические материалы применяемые при операции<br>синус-лифтинг .....            | 26 |
| ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....                                               | 64 |
| 2.1. Материалы исследования .....                                                            | 64 |
| 2.2. Клинические методы исследования .....                                                   | 65 |
| 2.3. Рентгенологический метод исследования .....                                             | 70 |
| 2.4. Резонансно-частотный анализ .....                                                       | 72 |
| 2.5. Статистический метод исследования .....                                                 | 74 |
| 2.6. Морфологический метод исследования .....                                                | 74 |
| ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....                                                       | 75 |
| 3.1 Результаты исследования I, II, III групп .....                                           | 75 |
| 3.1.1 Результаты исследования группы I .....                                                 | 75 |
| 3.1.2 Результаты исследования группы II .....                                                | 80 |
| 3.1.3 Результаты исследования группы III .....                                               | 85 |
| 3.2 Результаты резонансно-частотного анализа .....                                           | 90 |
| 3.3 Результаты выполнения синус-лифтинга .....                                               | 97 |
| 3.3.1 Результаты выполнения синус-лифтинга у I группы<br>пациентов .....                     | 97 |
| 3.3.2. Результаты выполнения синус-лифтинга у II группы<br>пациентов .....                   | 98 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.3 Результаты выполнения синус-лифтинга у III группы<br>пациентов..... | 100 |
| ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ                               |     |
| И ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                         | 132 |
| ВЫВОДЫ .....                                                              | 140 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....                                           | 142 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....                             | 143 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                    | 145 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы**

Недостаток объема костной ткани дистальных отделах верхней челюсти на сегодняшний день является актуальной проблемой современной стоматологии: уменьшение объема альвеолярного гребня верхней челюсти снижает возможности проведения операции внутрикостной имплантации, и, согласно данным исследований, эта проблема встречается у 20–70% пациентов (Иванов С.Ю., Ломакин М.В, 2020, Панин А.М, 2021, Яременко А.И. 2022).

Проблема атрофии костной ткани на верхней челюсти решается с помощью операции по поднятию дна верхнечелюстной пазухи с ведением костнопластических материалов (операция синус-лифтинга). Успех этой манипуляции во многом зависит от методики проведения и типа применяемого костнопластического материала (Al-Moraissi, 2020, Streckbein, 2022).

Несмотря большое количество исследований по разработке методов проведения синус-лифтинга и внедрению новых костнопластических материалов, перед врачами стоматологами - хирургами стоит задача выяснить, какой из предлагаемых костнопластических материалов является оптимальным для применения при проведении операции синус-лифтинга.

### **Степень разработанности исследования**

Проблема недостаточного объёма костной ткани в дистальных отделах верхней челюсти и необходимость её восполнения перед дентальной имплантацией достаточно широко освещена в отечественной и зарубежной литературе. В многочисленных исследованиях рассмотрены вопросы патогенеза атрофии альвеолярного гребня, динамики ремоделирования кости после удаления зубов, а также анатомо-функциональные особенности верхнечелюст-

ного синуса и факторы, влияющие на процесс пневматизации. Детально изучены хирургические техники синус-лифтинга, включая закрытый и открытый доступ, условия для одномоментной или отсроченной имплантации, особенности предоперационного планирования и возможные интра- и послеоперационные осложнения.

В значительном числе публикаций проведены исследования эффективности аутокостных, аллогенных, ксеногенных и аллопластических материалов при субантральной аугментации, однако большинство данных работ анализируют костно-пластические материалы изолированно или в рамках ограниченных клинических условий. Несмотря на наличие единичных сравнительных работ, комплексной оценки применения аутокостного материала, ксеногенного заменителя и их композиции в условиях операции открытого синус-лифтинга — с позиций клинических, рентгенологических и гистологических методов — в доступной литературе фактически нет.

Таким образом, несмотря на актуальность проблемы, в литературе отсутствуют данные прямого сравнительного анализа эффективности аутокостного материала, ксеногенного костно-пластического материала и их композиции при открытом синус-лифтинге, что определяет научную новизну и цель настоящего исследования.

### **Цель исследования**

Повышение эффективности дентальной имплантации у пациентов с частичной потерей зубов и недостаточным объемом альвеолярной кости в дистальных отделах верхней челюсти.

### **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. На основании результатов клинических методов исследования выполнить сравнительный анализ эффективности использования композиции ксеногенного костнопластического материала и аутокостного материала.

2. Провести гистологическую оценку особенностей репаративного остеогенеза в области проведенной операции синус-лифтинг в зависимости от композиции ксеногенного костнопластического материала и аутокостного материала.

3. Провести оценку стабильности дентальных имплантатов методом резонансно-частотного анализа после операции синус-лифтинга с использованием различных костно-пластических материалов.

4. По данным рентгенологических методов исследования выполнить оценку плотности новообразованной костной ткани в области проведенной операции синус-лифтинг в зависимости от композиции ксеногенного костнопластического материала и аутокостного материала.

5. На основании полученных данных разработать практические рекомендации к применению композиции ксеногенного костнопластического материала и аутокостного материала у пациентов с частичной потерей зубов и недостаточным объемом альвеолярной кости в дистальных отделах верхней челюсти.

### **Научная новизна исследования**

Настоящее исследование вносит следующий вклад в развитие методов костной пластики при операции синус-лифтинг — все положения новизны опираются на полученные в ходе работы данные.

Первый в отечественной практике сравнительный анализ эффективности «Cerabone» в разных соотношениях с аутокостной стружкой. Впервые в клинических условиях систематически изучены и сопоставлены результаты применения материала «Cerabone» при трёх вариантах его сочетания с аутокостной стружкой: 100 % «Cerabone» / 0 % аутокостная стружка (группа I); 25 % «Cerabone» / 75 % аутокостная стружка (группа II); 50 % «Cerabone» / 50 % аутокостная стружка (группа III). Для каждой комбинации получены количественные морфологические данные, позволяющие объективно оценить влияние соотношения компонентов на процессы регенерации.

Выявлены морфологические критерии успешной регенерации костной ткани при синус-лифтинге. На основании гистологического и морфометрического анализа определены объективные признаки успешной регенерации, включающие количественные показатели: BV (bone volume) — объём новообразованной костной ткани, %; MatBS/BS (material bone surface / bone surface) — относительная площадь контакта кости с материалом, %; N.ob (number of osteoblasts) — количество остеобластов на единицу площади; N.Mat.ob — количество остеобластов, локализованных непосредственно на поверхности материала; Ob.S (osteoblastic surface) — остеобластическая поверхность, мм<sup>2</sup> (доля поверхности трабекул, покрытая остеобластами). Также определены качественные характеристики архитектоники: наличие пластинчатой костной ткани со зрелой структурой; остеобластическая активность на поверхности трабекул и трансплантата; отложения остеоида как признак активного костеобразования; отсутствие участков некроза и фиброза в межбалочных пространствах; сохранение элементов ретикулярной стромы и жёлтого костного мозга; адекватная васкуляризация регенерата.

Установлена прямая корреляция между показателем MatBS/BS и качеством ремоделирования костного регенерата. В ходе исследования впервые для костного материала «CeraBone» экспериментально подтверждена зависимость качества ремоделирования костной ткани от степени интеграции материала, оцениваемой по показателю MatBS/BS. При значениях MatBS/BS < 65 % выявлены признаки дезорганизации костного матрикса (группа II). При MatBS/BS 65–67 % отмечены локальные нарушения регенерации, включая участки некроза (группа I). При MatBS/BS  $\geq$  70 % зафиксирована физиологичная картина репаративного остеогенеза с сохранением нормальной архитектоники и васкуляризации (группа III).

Разработаны практические рекомендации по оптимальному соотношению ксеногенного костнопластического материала «CeraBone» и аутокостной стружки. На основе полученных данных впервые сформулированы научно

обоснованные рекомендации по выбору соотношения материала «CeraBone» и аутокостной стружки для достижения максимальной интеграции материала (наивысшие значения MatBS/BS), наибольшего объема новообразованной костной ткани (максимальные значения BV), сохранения нормальной архитектуры регенерата и минимизации риска осложнений (некроз, фиброз). Оптимальным признано соотношение 50 % «CeraBone» / 50 % аутокостная стружка (группа III), которое обеспечивает объем новообразованной костной ткани  $BV = 34,50\text{--}36,25\%$ , площадь контакта MatBS/BS =  $70,20\text{--}71,60\%$ , высокую остеобластическую активность (N.ob до 36,00, Ob.S до  $2,10\text{ мм}^2$ ), отсутствие некроза и дезорганизации матрикса, сохранение васкуляризации и элементов костного мозга.

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

Теоретическая значимость работы заключается в расширении представлений о процессах регенерации костной ткани в условиях ограниченного кровоснабжения и изолированности субантрального пространства мембраной Шнайдера. Впервые проводимое комплексное изучение комбинированного применения аутогенной и ксеногенной кости в разных пропорциях позволяет уточнить закономерности ремоделирования и структурной перестройки костного регенерата при различных вариантах костно-пластических материалов.

Практическая значимость исследования состоит в получении объективных клинико-рентгенологических, позволяющих обоснованно выбирать соотношение аутогенного и костно-пластического материал при проведении открытого синус-лифтинга у пациентов с выраженной атрофией альвеолярного гребня. На основе выявленных закономерностей формируются практические рекомендации, направленные на повышение предсказуемости формирования костного регенерата, снижение риска осложнений и резорбции альвеолярной костной ткани, оптимизацию условий для успешной остеоинтеграции дентальных имплантатов, сокращение сроков комплексного лечения пациентов.

## **Методология и методы диссертационного исследования**

Методологическую основу исследования составляет комплексный подход, предполагающий сочетание клинических, рентгенологических, резонансно-частотного анализа и статистических методов анализа регенерации костной ткани после выполнения открытого синус-лифтинга с применением комбинированного сочетания аутогенного и костно-пластического материала. Методология исследования направлена на получение комплексных объективных данных о качестве сформированной костной ткани в зависимости от типа и комбинации костно-пластического материала, что позволяет сравнить клиническую эффективность исследуемых подходов.

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

1. Применение различных костно-пластических материалов — аутокостного, ксеногенного и их композиции — оказывает статистически значимое влияние на качество и объём новообразованной костной ткани после открытого синус-лифтинга.
2. Комбинированное использование аутогенной и ксеногенной кости (50% / 50%) обеспечивает оптимальный баланс между скоростью регенерации и сохранностью объёма трансплантата, превосходя по ряду показателей изолированное применение аутокости или ксеноматериала.
3. Структура и плотность костного регенерата, оцененные по данным КЛКТ, достоверно различаются в зависимости от применяемого материала, что влияет на сроки и предсказуемость остеоинтеграции дентальных имплантатов.
4. Показатели резонансно-частотного анализа демонстрируют зависимость стабильности дентальных имплантатов от характеристик новообразованной костной ткани.

### **Степень достоверности**

Достоверность проведенного исследования определяется достаточным количеством клинических наблюдений и многочисленными рентгенологическими данными. Уровень статистической значимости  $p < 0,05$ . Полученный массив данных был статистически обработан с использованием программ MS Excel и «Statistica» для обеспечения достоверности и объективности выводов.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Научные положения диссертации соответствует научной специальности: 3.1.7 - стоматология.

### **Публикации результатов исследования**

По материалам исследования опубликовано 12 печатных работ, из них 6 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

### **Личный вклад автора**

Автором определены цель и задачи исследования, разработан дизайн клинического исследования, а также сформированы критерии включения и исключения пациентов. Проведён анализ современных отечественных и зарубежных источников литературы по проблеме костной аугментации дна верхнечелюстного синуса и дентальной имплантации, на основании которого обоснован выбор направлений исследования и применяемых костно-пластических материалов.

Автор участвовал в выполнении хирургических вмешательств, включая операции синус-лифтинга и последующую дентальную имплантацию с использованием различных комбинаций аутогенной и ксеногенной костной ткани, осуществлял клиническое наблюдение пациентов на всех этапах лечения, включая послеоперационный период и сроки отдалённого наблюдения.

Текст диссертационной работы, включая разделы, посвящённые результатам исследования, обсуждению полученных данных и обобщающим выводам, написан автором лично.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертационная работа изложена на 151 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 17 таблиц. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, глав «Материалы и методы», «Результаты собственных исследований», «Обсуждение полученных результатов», выводов, практических рекомендаций, списка литературы, который содержит 54 источника на русском языке и 35 на английском языке.

# **ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВЫБОРЕ КОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ОТКРЫТЫЙ СИНУС-ЛИФТИНГ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

## **1.1. Особенности процесса атрофии гребня альвеолярного отростка верхней челюсти**

Открытие явления остеоинтеграции Per-Ingvar Brånemark стало одним из самых знаменательных событий стоматологии в двадцатом веке. Можно сказать, что это событие разделило стоматологию на две эпохи: доимплантационную, или эпоху симптоматической стоматологии, и имплантационную, или эпоху физиологической стоматологии. В доимплантационном периоде восстановительная стоматология имела только два варианта замещения дефектов зубных рядов: несъемные мостовидные протезы и частичные или полные съемные зубные протезы [40]. Как установка съемных протезов, так и несъемных протезов, основывалась на поддержке соседних зубов и подлежащей слизистой оболочки альвеолярной части/отростка челюсти, при этом относительно небольшое внимание уделялось сохранению кости.

Дентальные имплантаты революционизировали представление о стоматологическом лечении. Использование их в качестве опоры ортопедических конструкций позволяет людям иметь несъемные реставрации или пользоваться съемными или частично съемными конструкциями, которые полностью функциональны, что значительно повышает качество жизни этих пациентов. В противном случае пациенты вынуждены пользоваться плохо удерживающимися и неустойчивыми протезами [13, 30].

Дентальные имплантаты успешно используются при реабилитации пациентов с частичным или полным отсутствием зубов, однако, исход лечения с применением дентальных имплантатов измеряется не только выживаемо-

стью имплантата, но и долгосрочным эстетическим и функциональным результатом протезирования [21, 73]. Эстетическая и функциональная успешность ортопедических конструкции на имплантатах зависит от оптимального позиционирования, дентальных имплантатов которое, в свою очередь, определяется длиной и вестибулооральным положением, а также размерами альвеолярного гребня.

Возможность проведения дентальной имплантации, по мнению ряда авторов, зависит от анатомических и структурных особенностей альвеолярной кости пациента [7, 26]. Количество и качество костной ткани в области предполагаемого оперативного вмешательства становится решающим параметром для возможности установки имплантатов и напрямую влияет на успех лечения [18, 54]. Кроме того, клинический опыт показывает, что по мере ухудшения анатомических условий возрастает вероятность неудач дентальной имплантации, а недостаточный объем кости препятствует достижению адекватной первичной стабильности имплантата [31, 54].

Ортопедическое лечение с помощью дентальных имплантатов должно учитывать необходимость обеспечения оптимальной поддержки и стабильности окружающих костных и мягких тканей. Неправильное позиционирование имплантата в пространстве может привести к некорректному положению ортопедической конструкции, которое в итоге может стать причиной неудовлетворительных эстетических и физиологических результатов. Более вестибулярное позиционирование имплантата увеличивает риск развития рецессии маргинальной десны. С другой стороны, более оральное позиционирование имплантата может привести к более низкому профилю прорезывания или даже к нависающему краю конструкции. Некорректное мезиодистальное позиционирование имплантата может повлиять на форму межзубного сосочка и привести к появлению нежелательных «черных треугольников». Наконец, неправильное вертикальное позиционирование имплантата может стать причиной биологических проблем, если имплантат установлен слишком глубоко,

и эстетических проблем, если визуализируется металл имплантата. Помимо правильного позиционирования, эстетический результат проведенной имплантации может также зависеть от количества нативной кости вокруг имплантата и окружающих его мягких тканей. Контур десны зависит в основном от подлежащей костной основы, потому что, в сравнение с ней, объемы мягких тканей относительно постоянны.

При широкой востребованности и распространенности дентальной имплантации, все чаще приходится сталкиваться с проблемой недостаточного объема костной ткани для погружения и нормального функционирования имплантата [27]. Признаки атрофии костной ткани челюстей всегда сопровождают частичную или полную адентию, что в отношении операции имплантации не менее чем в 30% клинических случаев является показанием к восполнению недостаточного объема альвеолярной кости [14]. Объемные изменения, которые происходят в альвеолярном гребне после удаления зуба, были установлены с использованием различных методов, включающих клиническое обследование, изучение диагностических моделей и рентгенологическое исследование.

После множественного удаления зубов и использования полных съемных протезов гребень альвеолярного отростка подвергается заметной усадке в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Использование полного съемного протеза в течение нескольких лет приводит к различным вариантам атрофии альвеолярного гребня, вплоть до его полной резорбции [38]. Понимание процессов заживления лунки после удаления, в том числе процессов изменения контура альвеолярного гребня, вызванных костной резорбцией и ремоделированием, имеет важное значение для дальнейшего протезирования, удовлетворяющего эстетическим и функциональным требованиям [65].

Резорбция и ремоделирование альвеолярной кости альвеолярного гребня после удаления зуба являются компонентами естественного процесса заживления лунки. Физиологически они неизбежны и могут негативно сказаться на позиционировании имплантата. Таким образом, чтобы соответствовать

современным требованиям пространственного ортопедически направленного принципа установки имплантата, объем альвеолярного гребня должен быть восстановлен в большинстве случаев [67].

Процесс заживления лунки состоит из трех последовательных фаз: фазы воспаления, фазы пролиферации и фазы перестройки (моделирования/ремоделирования). Часто эти фазы дублируют друг друга. Воспалительная фаза воспаления делится на два этапа: сначала происходит формирование кровяного сгустка, а затем миграция воспалительных клеток. Незамедлительно после удаления зуба возникает кровотечение, после чего лунка заполняется кровью. Кровотечение останавливается в результате того, что кровяной сгусток закупоривает кровеносные сосуды. Спустя 2-3 дня после этого перед началом этапа формирования новой ткани к области раны мигрирует большое количество воспалительных клеток для «очистки места». Воспалительные клетки, прорастающие кровеносные сосуды и незрелые фибробласты вместе формируют в ране грануляционную ткань. После того как рана стала стерильной, грануляционную ткань замещает богатая коллагеновыми волокнами временная соединительная ткань. С этого момента инициируется пролиферативная фаза заживления. Фаза пролиферации характеризуется интенсивным течением и также может подразделяться на два этапа: этап фиброплазии и этап формирования костной ткани. Фиброплазия подразумевает ускоренное образование соединительной ткани. Впоследствии соединительная ткань пенетрируется образующими кость сосудами и клетками, вдоль которых она внедряется в виде пальцевидных выступов. Эти выступы полностью окружают сосуды и формируют таким образом первичный остеон. Первичные остеоны иногда могут быть укреплены грубоволокнистой костной тканью. Со второй недели после удаления зуба в заживающей лунке формируется незрелая костная ткань, которая остается в ране на протяжении нескольких недель. Незрелая кость не может подвергаться нагрузке и должна быть замещена зрелой костной тканью (пластинчатой костью и костным мозгом). Заключительной фазой процесса заживления лунки является фаза моделирова-

ния/ремоделирования костной ткани. Моделирование костной ткани характеризуется изменением формы и архитектоники кости, тогда как ремоделирование - это процесс перестройки костной ткани без изменения ее формы и архитектоники. Ремоделирование костной ткани характеризуется замещением незрелой кости пластинчатой костью и костным мозгом, протекает в течение нескольких месяцев и демонстрирует существенные различия среди индивидуумов [82].

Финал процесса заживления лунки клинически характеризуется эпителизацией костного отверстия и/или рентгенологическими признаками заполнения лунки костной тканью. Вход в лунку закрывается спустя 10-20 недель, а рентгенологические признаки заполнения лунки костной тканью отмечаются через 2-6 месяцев после удаления зуба. Все объемные изменения, сопровождающие процесс заживления лунки происходят в течение первых трех месяцев, а перестройка альвеолярного гребня продолжается в течение года после удаления зуба. Процесс заживления зависит от таких факторов, как биологические особенности индивидуума, размеры лунки и объем хирургического вмешательства.

Изучение процесса резорбции костных стенок лунки проводилось по биоптатам человеческих челюстей, а также в ряде исследований, проведенных на собаках. По прошествии нескольких недель после удаления зуба, в области щечной и язычной стенок лунки, а также на внутренней и наружной стенках появляются остеокласты. Моделирование костной ткани происходит в равной степени на щечной и язычной стенках. В связи с тем, что оральная стенка обычно толще, чем вестибулярная, результаты моделирования, проявляющиеся вертикальной потерей костной ткани, более выражены в области тонкой вестибулярной стенки. Кроме того, процесс моделирования костной ткани инициируется раньше, нежели процесс ремоделирования, и протекает таким образом, что две трети процесса моделирования приходятся на первые 3 месяца заживления. Как процесс моделирования, так и процесс ремоделирования, в конечном итоге приводит к качественным и количественным изменениям в

адентичном участке и выражаются в объемной редукции альвеолярного гребня челюсти. Несмотря на то, что лунка заполняется вновь образованной костной тканью, полученный дефект будет восстановлен не полностью даже при неосложненном заживлении. Уменьшение толщины происходит в большей степени, нежели высоты, а вестибулярная стенка резорбируется больше оральной. На обеих челюстях широкие лунки (после удаления моляров) подвергаются большей резорбции, чем узкие (после удаления резцов, клыков или премоляров), и требуют больше времени для образования кортикального «мостика» над ними [73]. Степень резорбции костной ткани после удаления определяется уровнем кости в месте удаления и не зависит от состояния кости в области соседних зубов [74]. Лунки с горизонтальной убылью костной ткани заживают быстрее, потому что необходимо меньше кости, чтобы заполнить меньший объем. Процесс резорбции делает гребень альвеолярного отростка более узким и коротким, а вершина альвеолярного гребня переносится небно/язычно, что затрудняет установку имплантата в оптимальном положении без обнажения витков имплантата с вестибулярной стороны.

Согласно статистическим данным Европейской организации маркетинга, 40% пациентов нуждаются в аугментации альвеолярной кости челюстей перед проведением дентальной имплантации. Дефицит объема альвеолярного гребня у данных пациентов обычно является последствием потери зубов в результате осложнений кариеса или заболеваний тканей пародонта, но также может ассоциироваться с травмами, нарушениями развития и резекционными вмешательствами по поводу онкологических заболеваний [69].

В течение первого года после удаления зуба костный объем снижается на 25%. В последующие три года, по некоторым данным, объем альвеолярной кости может снизиться на 40-60%. Наиболее сильно резорбция костной ткани выражена при осложненном заживлении лунки после удаления зуба. Во фронтальном отделе верхней челюсти преобладает вестибулооральный дефицит кости, в дистальных отделах – вертикальный. Преобладающими ха-

раактеристиками недостаточного объема кости на нижней челюсти являются вертикальная или горизонтальная атрофия [26, 51].

Согласно литературным данным, через 6 месяцев после удаления зубов верхней челюсти степень атрофии гребня альвеолярного отростка достигает в среднем 4,5 мм. В отношении альвеолярной части нижней челюсти это значение достигает – 2,3 мм [3]. В течение первого года после удаления зуба потеря костной ткани составляет практически в 10 раз больше, нежели в последующие годы. По истечении первого года атрофия костной ткани верхней челюсти продолжается медленнее, чем нижней. Дистальные отделы нижней челюсти резорбируются быстрее, чем передние. Однако первоначальная высота костной ткани на нижней челюсти в 2 раза больше, чем на верхней [30]. По данным ряда авторов, в первые 3 года после удаления зубов наблюдается снижение ширины альвеолярного гребня в результате резорбции вестибулярной кортикальной пластинки. Причем дистальные отделы нижней челюсти теряют ширину и резорбируются примерно в 4 раза быстрее по сравнению с передними. Исследования свидетельствуют о предсказуемой резорбции гребня альвеолярного отростка верхней челюсти на 3-4 мм в течение 6 месяцев после удаления передней группы зубов. Основным препятствием для имплантации в эстетически значимой зоне является то, что в последующие 12 месяцев происходит критическая потеря костной массы до 50% в вестибуло-оральном направлении [54, 62].

Ряд авторов сформулировали современные взгляды на динамику атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти после потери зубов, которые представляются следующим образом: в течение первого года происходит потеря до 25% костного объема; в последующие 2-3 года теряется до 40-60% объема альвеолярного гребня относительно исходного показателя, приблизительно 2/3 от этой резорбции происходит в первые 3 месяца; далее атрофия костной ткани продолжается и характеризуется уменьшением объема на 0,25-0,5% в год. Изменения высоты и

ширины гребня альвеолярного отростка во фронтальном отделе верхней челюсти могут быть значительными, особенно если удалены несколько зубов. Остаточный альвеолярный отросток смещается в небном направлении на верхней челюсти, остаточный гребень альвеолярного отростка смещается в язычном направлении на нижней челюсти по отношению к местоположению зубов за счет кортикального слоя щечной стороны во всех отделах челюсти, вне зависимости от количества потерянных зубов [29, 57].

При уменьшении функциональной нагрузки, связанной с удалением зубов верхней челюсти, возрастными изменениями, патологическими состояниями организма происходит быстрая атрофия костной ткани. Первые признаки атрофии гребня альвеолярного отростка верхней челюсти могут отмечаться уже через 2-3 недели после удаления зуба. Наиболее выражена атрофия в дистальных отделах верхней челюсти, так как альвеолярный отросток в участках, соответствующих жевательной группе зубов, построен главным образом из губчатого вещества, и единственным элементом макроструктуры, способным выдержать жевательную нагрузку, являются стенки альвеол, которые образуют мощные опоры, резорбирующиеся после удаления зубов. Кроме того, возрастает активность остеокластов в области костных стенок верхнечелюстного синуса, что проявляется увеличением его пневматизации [3].

По мере развития верхнечелюстной кости полости синусов наполняются воздухом, что является физиологическим процессом, называемым пневматизацией [80]. Сама пневматизация заставляет верхнечелюстные синусы расширяться в сторону смежных анатомических структур. В литературе имеются сообщения о некоторых факторах, которые могут влиять на пневматизацию синусов, к которым относятся наследственность, черепно-лицевая конфигурация, плотность костной ткани, оперативные вмешательства на синусе, гормоны роста, давление воздуха в полости синуса и возраст. На скорость и степень процесса пневматизации верхнечелюстного синуса также может оказывать влияние выступание корней зуба в верхнечелюстной синус

(корни, выступающие в синус, покрыты тонким слоем кортикальной кости; при удалении зуба этот слой может разрушиться и сместиться, способствуя тем самым расширению синуса в сторону пустой лунки) и удаление моляров (большой объем пневматизации выявляют при удалении моляров, нежели премоляров, что может объясняться большим дефектом кости после удаления моляров, что требует более длительного периода заживления) [8]. Сочетание значительной костной атрофии и прогрессирующей пневматизации верхнечелюстного синуса приводит к уменьшению доступной высоты гребня альвеолярного отростка.

Данный феномен увеличения объема верхнечелюстного синуса, при котором синус становится все более пневматизированным, «захватывая» альвеолярную кость ниже своего дна, которое медленно резорбируется, называется функциональной атрофией [20]. Уменьшение функциональной нагрузки на кость после потери зуба вызывает смещение процесса ремоделирования в сторону костной резорбции, согласно закону Вольфа, что, в свою очередь, приводит к увеличению объема синуса за счет беззубого альвеолярного отростка [74]. Одновременно с этим за счет рассасывания костных балок происходит снижение плотности трабекулярной сети, и, как следствие, изменение количественного соотношения компактного и губчатого слоев. Снижение функциональной нагрузки на альвеолярную кость челюсти ведет к существенному падению величины биопотенциалов и уменьшению активности остеобластов. Результатом нарушения баланса жизнедеятельности костной ткани является доминирование процесса резорбции над процессом остеогенеза [25, 34].

Костная ткань характеризуется уникальным регенеративным потенциалом, который лучше всего иллюстрируется репарацией кости после перелома. Переломы или локальные дефекты регенерируются новообразованной тканью без потери высокой структурной организации и в отсутствие рубцов. Подобную схему заживления костной ткани часто считают кратким повторением остеогенеза и роста костной ткани в период эмбриогенеза [59, 66].

Репарация маленьких кортикальных дефектов может подразделяться на две фазы, тесно напоминающие формирование компактной костной ткани во время ее развития и роста [59]. В процессе сверления костная ткань повреждается, активируя тем самым запрограммированную последовательность событий. Область дефекта заполняется путем аппозиционного остеогенеза и структурно преобразуется путем ремоделирования гаверсовой системы [29, 59].

Подобная двухэтапная схема заживления присуща и небольшим дефектам губчатой костной ткани [48]. Заживление начинается с грубоволокнистого остеогенеза на всем протяжении дефекта, а также в смежных интертрабекулярных пространствах. Впоследствии эта матрица укрепляется путем концентрического заполнения губчатой решетки костной тканью с преимущественно параллельно ориентированными фибриллами, что позволяет значительно увеличить плотность кости в области бывшего дефекта [48]. Во второй фазе трабекулярная архитектура губчатой кости полностью восстанавливается за счет процесса ремоделирования [49, 59].

Как было описано выше, костная ткань обладает прекрасным потенциалом регенерации и способна подлинно восстанавливать свою оригинальную структуру и механические свойства. Однако данная способность имеет ограничения и может даже завершиться неудачно при отсутствии определенных условий [59]. К факторам, препятствующим репарации костной ткани, относят плохое кровоснабжение, механическую нестабильность, большие размеры дефекта и конкуренцию с тканями с высокой пролиферативной активностью. Несмотря на это, для активации и поддержания процесса остеогенеза используются различные методики, которые можно использовать по отдельности или в комбинации друг с другом [75].

Поскольку костная ткань обладает уникальной способностью к самовосстановлению, вся задача реконструктивной хирургической стоматологии сводится к использованию этого громадного регенераторного потенциала в

целях усиления процесса остеогенеза в различных клинических ситуациях. Таким образом, адекватная костная аугментация и замещение костных дефектов требуют от врача глубокого понимания процессов роста и развития костной ткани, а также ее морфогенеза на молекулярном и клеточном уровнях [27, 67, 83].

## **1.2. Методы аугментации костной ткани перед дентальной имплантацией. Синус-лифтинг**

В последние несколько десятилетий стало ясно, что успех имплантологии и выживаемость дентальных имплантатов зависит от трех факторов, образующих «имплантационный треугольник». Этими факторами являются: (1) правильное размещение имплантатов, направленное на дальнейшее восстановление ортопедической конструкцией, (2) наличие достаточного объема костной ткани - основы для остеоинтеграции, (3) наличие здоровых периимплантных мягких тканей для формирования эпителиального прикрепления, обеспечения надлежащих гигиены и ухода в области имплантатов. Отсутствие какого-либо одного компонента имплантационного треугольника может, в конечном счете, привести к нарушению стабильности имплантата или его долговечности и часто может приводить к отторжению имплантата [33, 80].

Основные требования к установке дентальных имплантатов на челюстях пациента - наличие достаточного объема кости. Однако в некоторых клинических ситуациях установка дентальных имплантатов достаточной длины невозможна из-за отсутствия адекватного объема кости [42, 65].

Благодаря естественным процессам моделирования и ремоделирования костной ткани, которые происходят во время заживления лунки после удаления зуба, возможность установки дентальных имплантатов часто может быть создана только с использованием восстановительных методов, которые поз-

воляют адекватно подготовить ложе под будущий имплантат [4, 5, 31, 40]. Подобные процедуры позволяют клиницисту установить имплантат в позиции, которая будет удовлетворять биологическим, функциональным и эстетическим требованиям, предъявляемым к супраструктуре [40, 66].

В разное время для решения этой проблемы на верхней челюсти предлагались следующие методы: установка имплантатов в обход верхнечелюстного синуса [57], использование субпериостальных имплантатов [74], установка имплантатов с перфорированием дна верхнечелюстного синуса [82], onlay и inlay методы пластики костными блоками [83], сегментарная остеотомия [65], поднятие дна верхнечелюстного синуса во время установки имплантата (закрытый синус-лифтинг) [66], субантральная аугментация с доступом через латеральную стенку верхнечелюстного синуса (открытый синус-лифтинг с одномоментной или отсроченной установкой имплантатов) [86].

Попытки установки имплантатов в обход верхнечелюстного синуса часто приводили к отсутствию стабильности имплантатов по причине их недостаточного размера, малого количества опор и большой протяженности мостовидных конструкций, опирающихся на них. Тонкая кортикальная кость, присутствующая на гребне и латеральной поверхности верхней челюсти, является недостаточной опорой для субпериостальных имплантатов, что часто приводит к смещению последних под действием окклюзионных и парافункциональных сил [50, 55]. Поэтому в настоящее время наибольшее распространение получила пластика альвеолярного отростка верхней челюсти путем поднятия дна верхнечелюстного синуса. Успех данной манипуляции достигается в 94,4-100% случаев [30].

Операция синус-лифтинг (также известная как субантральная аугментация или подъем дна верхнечелюстного синуса) - это хирургическая процедура по увеличению объема костной ткани в дистальном отделе верхней челюсти путем отслаивания синусовой (Шнейдеровой) мембраны от подлежащей стенки

синуса и помещения в образовавшееся пространство костно-пластического материала. Целью операции синус-лифтинг является получение большего объема кости для улучшения поддержки имплантата. Имплантаты могут устанавливаться одновременно с аугментацией синуса (одномоментная имплантация), так и после периода заживления (отсроченная имплантация).

Поднятие дна синуса можно осуществлять следующими методами: через сформированное ложе имплантата (закрытый синус-лифтинг), путем формирования «окна» с костным фрагментом или без него (открытый синус-лифтинг) и за счет компрессии кости винтовым имплантатом.

Наиболее эффективным является проведение данной процедуры открытым способом с доступом через латеральную стенку синуса, особенно если высота костной ткани не позволяет провести одновременную операцию имплантации [38]. Сообщается, что результаты успешной установки имплантата и остеоинтеграции после проведения латерального (открытого) синус-лифтинга составляют от 78,1 до 100%. Сообщалось также и о 6,4% неудач при установке имплантатов в аугментированное дно синуса [68].

На сегодняшний день не существует стандарта предоперационной визуализации перед операцией синус-лифтинга и имплантации. Такие решения должны быть специфичны относительно конкретного пациента и основываться на опыте врача. Однако конусно-лучевая компьютерная томография обеспечивает отличную визуализацию региональной анатомии и позволяет клиницисту идентифицировать перегородки, патологические изменения в синусе, а также подтвердить проходимость остиомеатального комплекса.

В настоящее время литература переполнена различными методами, материалами трансплантатов и протоколами для аугментации дистального отдела верхней челюсти и синуса до и после имплантации. Имеются данные об успешности применения многих биологических и синтетических материалов для аугментации синуса. Однако ни один материал не продемонстрировал клинического превосходства [79].

Установка мембраны над латеральным (боковым) костным отверстием была рекомендована после проведения синус-лифтинга. Данный метод обоснован управляемой регенерацией тканей костных дефектов. Установка мембраны также может быть полезна при перфорации мембраны Шнейдера. Имеются данные в пользу рутинного использования резорбируемых и нерезорбируемых мембран для закрытия отверстий после остеотомии латеральной (боковой) стенки верхней челюсти.

Как и любая хирургическая процедура, латеральный синус-лифтинг имеет свои осложнения. Последние включают в себя перфорацию синусовой мембраны, развитие послеоперационного синусита, смещение трансплантата внутрь синуса, отторжение костно-пластического материала по причине его резорбции и отторжение имплантата. Наиболее распространенным интраоперационным осложнением является перфорация синусовой мембраны, которая может встречаться в 10-60% случаев. Хотя и более редким, но более значительным осложнением является формирование ороантрального свища, что может привести к хроническому инфицированию синуса [61].

С 1974 года, когда была проведена первая операция синус-лифтинга, наука о биоматериалах значительно шагнула вперед и позволила клиницистам выполнять установку дентальных имплантатов даже в сложных клинических ситуациях в дистальных отделах верхней челюсти. В настоящее время субантральная аугментация является полностью документированной хирургической манипуляцией с долгосрочным клиническим успехом [45, 63]. Она остается точным индикатором для оценки и сравнения потенциала заживления и замещения костно-пластических материалов собственной костной тканью, несмотря на то, что в верхнечелюстном синусе замещение костно-пластического материала органической костной тканью может происходить и после операции имплантации и не всегда соответствует уровню выживаемости имплантатов [22]. Однако все еще существует дискуссия о лучшем биоматериале или комбинации биоматериалов в отношении хирургии верхнече-

люстного синуса [42].

### **1.3. Костнопластические материалы, применяемые при операции синус-лифтинг**

Материалы для костной пластики используются в реконструктивной хирургии для того, чтобы заполнить пустоты, восполнить отсутствующие участки кости, провести костную аугментацию, облегчить или даже усилить репарацию костных дефектов посредством остеокондукции, оказать механическую поддержку мембранам, стабилизировать кровяной сгусток или послужить средством доставки антибиотиков или факторов роста. Такой костный наполнитель должен, по крайней мере, быть безопасным, нетоксичным, и биологически совместимым; оказывать механическую поддержку и представлять собой остеоиндуктивную матрицу; впоследствии остеоинтегрироваться или заменяться новообразованной костной тканью; позволять прорастанию в него кровеносных сосудов; и быть простым и рентабельным в использовании [42, 74]. На сегодняшний день разработано несколько вариантов материалов для проведения костной пластики, они включают в себя аутогенные, аллогенные, ксеногенные и аллопластические материалы. Эти материалы демонстрируют один или несколько механизмов действия, которые обычно описываются как (1) остеокондуктивный, (2) остеоиндуктивный, и (3) остеогенный.

Остеокондуктивные материалы являются матрицей, которая служит каркасом или твердой основой для отложения костной ткани. Материалы, обладающие остеоиндуктивными свойствами, содержат белки, которые стимулируют и поддерживают процессы пролиферации и дифференцировки клеток – предшественников остеобластов. Свойство остеогенности подразумевает, что материал содержит остеогенные клетки (остеобласты или предшественники остеобластов), способные к формированию костной ткани при помещении в надлежащую среду.

Аутогенная кость – наиболее предпочтительный для костной пластики

материал, обладающий остеоиндуктивными, остеогенными, и остеокондуктивными свойствами [2]. Использование аутогенных трансплантатов считается золотым стандартом для реконструкций различных костных дефектов головы и лица [35]. Их применение дает достаточно хороший и прогнозируемый результат при костной пластике дефектов челюстно-лицевой области различной протяженности и этиологии благодаря остеогенным, остеоиндуктивным и остеокондуктивным свойствам. По данным различных авторов, эффективность устранения дефектов костной ткани аутоотрансплантатами достаточно высока и достигает от 72 % до 91 % [35, 56].

Однако широкое применение аутоотрансплантатов ограничивает ряд существенных недостатков: необходимость пребывания больного в условиях стационара; дополнительное анестезиологическое пособие; увеличение стоимости и продолжительности оперативного вмешательства; нанесение дополнительной травмы в месте забора аутоотрансплантата, что отягощает состояние больного; риск повреждения жизненно важных органов (плевра, брюшина, оболочки головного мозга, крупные артерии и вены); ограничение в количестве донорского материала (а, следовательно, и размеров восстанавливаемого дефекта); отсутствие конгруэнтности поверхности получаемого аутоблока рельефу костного дефекта челюсти; отсутствие точности в мануальном моделировании сложных форм; различия в структуре и биомеханике костей из разных частей тела; частичная или полная резорбция; отторжение трансплантатов после пересадки; присоединение инфекции, что может приводить к развитию остеомиелита и секвестрации аутоотрансплантата [8, 35]. Данные особенности аутогенных костнопластических материалов лимитируют возможность их применения для реконструкции утраченного объема альвеолярной кости челюстей.

Альтернативным решением восполнения донорского материала для костной пластики является использование аллогенных костных материалов, чужеродных по отношению к реципиенту, но взятых у донора того же биологического вида. По эффективности применения они находятся на следующей

ступени после аутокости, в них нет живых клеток, они представляют из себя костный матрикс естественной анатомической формы с потенциалом для клеточной активации [35]. Сравнительный анализ гистологических аспектов формирования новообразованной кости в атрофированной нижней челюсти, восстановленной аутокостным и аллокостным блоками, не выявили никаких статистически значимых различий. Аллогенные имплантаты из кадаверных тканей человека считаются оптимальными материалами для реконструкции повреждений зубочелюстной системы и составляют до 70 % всех пересадок кости в странах Евросоюза, в Японии и США. Обработанные и приготовленные по специальным методикам, они оказываются вполне сопоставимыми по ряду параметров с аутокостью и даже превосходят ее по устойчивости к инфекциям [35].

Аллогенные имплантаты после соответствующей обработки костной ткани донора отличаются от нативной аутокости полным отсутствием клеток. В экспериментальных исследованиях показано, что отсутствие клеток (остеоцитов) в костной ткани еще не является критерием ее жизнеспособности, так как само межклеточное вещество, составляющее основную массу костной ткани, способно обеспечить сохранение жизненных свойств кости и формирование постоянной сосудистой связи. Благодаря этому аллокость, консервированная с соблюдением соответствующих технологий, сохраняет свою жизнеспособность и вступает в межклеточный обмен с кровью реципиента [35].

Материалы аллогенного происхождения выпускаются трех видов: лиофилизированная кость (FDBA), деминерализованная лиофилизированная кость (DFDBA) и свежая замороженная кость. В связи с наличием риска передачи вирусных заболеваний, свежая замороженная кость, в настоящее время, редко используется для лечения костных дефектов. FDBA показывает хорошие результаты благодаря остеокондуктивным и остеоиндуктивным свойствам. Хотя FDBA рекомендован к применению в практике, есть лишь не-

большое количество гистологических исследований на людях, подтверждающих заживление. Поэтому этот материал, как правило, размещается совместно с аутотрансплантатами. Предполагается, что DFDBA индуцирует формирование кости благодаря влиянию так называемых костных морфогенетических белков, высвобождаемых в процессе деминерализации. Было обнаружено 13 белков из этой группы, обладающих остеоиндуктивными свойствами. Как следствие, DFDBA считается остеоиндуктивным и остеокондуктивным материалом [9].

Недавние исследования предусматривают включение аллогraftов в различные носители, такие как коллаген или специальные полимеры. Данные материалы могут иметь тестообразную консистенцию, консистенцию геля или губки. Недостатками аллогенных материалов являются необходимость сублимации, облучения или лиофилизации для устранения большинства иммуногенных факторов, вызывающих побочные реакции. Методики обработки материала влияют как на механические, так и на биологические свойства материала, ухудшая прочность и остеоиндуктивность [4, 15, 32].

В контексте поиска эффективных методов стимуляции регенерации альвеолярной кости значительный интерес представляет исследование Romão и соавторов, в котором изучалось влияние лазерной фототерапии на процессы восстановления костной ткани у человека. Авторы применили комплексный подход к оценке результатов, сочетая микрокомпьютерную томографию (микро-КТ) и гистоморфометрический анализ — методы, позволяющие получить взаимодополняющие данные о структурных изменениях костной ткани.

Микро-КТ использовалась для неинвазивной визуализации трёхмерной микроархитектуры костной ткани и оценки её плотности. Метод дал возможность проследить динамику структурных изменений в зоне регенерации. Гистоморфометрический анализ, выполненный на гистологических препаратах, позволил объективно оценить объём новообразованной костной ткани и оха-

рактизовать тканевые изменения на микроскопическом уровне.

В ходе исследования сравнивались показатели регенерации альвеолярной кости в двух группах: у пациентов, получавших лазерную фототерапию после хирургического вмешательства, и в контрольной группе без применения лазера. Результаты продемонстрировали положительные изменения в группе с лазерной фототерапией: отмечалось более выраженное формирование новой костной ткани и улучшение её плотности по сравнению с контрольной группой. При этом микро-КТ подтвердила структурную целостность новообразованной кости, а гистоморфометрия — наличие зрелых костных трабекул и признаков активного remodelирования.

Полученные данные свидетельствуют о потенциальной эффективности низкоинтенсивной лазерной фототерапии как вспомогательного метода для стимуляции регенерации альвеолярной кости после хирургических вмешательств. Сочетание микро-КТ и гистоморфометрии подтвердило свою ценность для комплексной оценки процессов заживления костной ткани, обеспечивая как трёхмерную визуализацию, так и количественный тканевой анализ. Это открывает перспективы для дальнейших клинических исследований в области хирургической стоматологии и имплантологии, направленных на оптимизацию протоколов восстановления костной ткани с применением лазерных технологий [77].

Этические и юридические проблемы, возникающее в процессе получения и обработки аллопластических материалов в некоторых странах, а также возрастающая доступность животных тканей стимулировали использование ксенотрансплантатов в качестве альтернативы ауто- и аллопластическим заменителям костной ткани [27, 46, 47]. В связи с низкой стоимостью животной кости, её доступностью и простотой в обработке, многие компании по всему миру производят заменители костной ткани для медицинского и стоматологического применения.

Аугментация верхнечелюстной пазухи — широко используемая хирур-

гическая процедура для увеличения объема костной ткани перед установкой имплантата. Для прогнозирования стабильности дентального имплантата необходим анализ изменения объема и качества костной ткани после синус-лифтинга. Целью исследования Kwon JJ и соавторов являлся анализ изменения объема и качества костного материала после аугментации верхнечелюстной пазухи с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). 22 пациентам проводились операции по подъему верхнечелюстной пазухи с использованием бычьей костной ткани (Bio-Oss, Geistrich, Швейцария) без немедленной дентальной имплантации. КЛКТ-изображения получены до операции (T1), через день после операции (T2) и через 4–7 месяцев при последующем наблюдении (T3). Изображения T2 и T3 совмещены с изображением T1 с помощью сопоставления гистограмм и регистрации на основе интенсивности. Всего проведено трехмерное (3D) исследование 30 пазух с использованием разработанного программного обеспечения MATLAB 2018a (MathWorks, Натик, Массачусетс). Измерены и проанализированы объем и структурные показатели костнопластического материала. Средний объем костнопластического материала уменьшился, а средний уровень серого увеличился в течение периода наблюдения, однако эти изменения не были статистически значимыми. Структурные показатели костнопластического материала после сопоставления гистограмм показали значительную разницу в однородности, связности, толщине и шероховатости при послеоперационном наблюдении. Объем и уровень серого не показали статистически значимых изменений после процедур синус-лифтинга верхней челюсти. Результаты данного исследования показывают, что структурный анализ с использованием сопоставления гистограмм может быть использован в качестве перспективного инструмента для анализа качества костнопластических материалов [10, 70].

В рамках исследования Иванова С.С. разработаны новые методы устранения дефекта слизистой оболочки верхнечелюстного синуса более 10

мм во время синус-лифтинга (патент РФ на изобретение №2759491), что позволило снизить частоту осложнений до 3% от общего числа проведенных операций. Средний показатель высоты костного регенерата при этом составил 7,5 мм, разработан метод санации нижних отделов верхнечелюстного синуса во время синус-лифтинга (патент РФ на изобретение №2808511), что также обеспечило частоту осложнений не выше 3% и повысило средний показатель высоты костного регенерата до 9,4 мм. Клинически и рентгенологически подтверждена эффективность дентальной имплантации при использовании разработанных методик: выживаемость дентальных имплантатов за первый год составила 98,2 %, а уровень пришеечной резорбции в области имплантатов — в среднем  $1 \pm 0,8$  мм [24].

Процедура синус-лифтинга показана, если необходимо установить дентальный имплантат в заднюю часть верхней челюсти с ограниченным количеством костной ткани для установки дентального имплантата. Как открытый, так и закрытый синус-лифтинг являются надежными подходами для увеличения объема костной ткани, необходимого для поддержки правильного расположения имплантата. Однако данные методы могут привести к ряду осложнений. Помимо общих осложнений, обычно связанных с хирургией полости рта, таких как отек или гематома, основным осложнением при открытом синус-лифтинге, как правило, является перфорация мембраны Шнайдера во время остеотомии. Детальное и всестороннее предоперационное обследование имеет решающее значение для минимизации таких осложнений. Следует отметить, что, хотя методы остеотомии и латерального окна могут помочь врачам в решении сложностей установки дентальных имплантатов при недостаточности задней части верхней челюсти, высота кости перед имплантацией остается решающим фактором, определяющим успешность и долговечность имплантатов [56].

Существуют известные и хорошо документированные осложнения, которые могут возникнуть и действительно возникают. Наиболее распростра-

ненными являются интраоперационные осложнения, такие как перфорация мембраны пазухи и кровотечение, а также послеоперационные осложнения, такие как инфекции синус-трансплантата, инфекции пазух и синусит. Большинство данных осложнений можно предотвратить или значительно снизить их частоту благодаря глубокому пониманию анатомии верхнечелюстной пазухи, многогранной этиологии этих состояний и мер, которые можно предпринять для их предотвращения [16, 79].

При открытом синус-лифтинге перфорация мембраны Шнайдера во время остеотомии является наиболее распространенным осложнением, частота которого составляет около 20–25%. Помимо осложнений, связанных с хирургией полости рта в целом, существуют специфические осложнения открытого синус-лифтинга, которые могут возникать реже (хронический риносинусит, кровотечение или закупорка устья чрезмерным пломбированием), но которые, тем не менее, могут поставить под угрозу жизнеспособность трансплантата и/или имплантатов и причинить существенный дискомфорт пациенту. Закрытый синус-лифтинг является менее инвазивным подходом, позволяющим устанавливать имплантаты транскрестально в случаях достаточной остаточной высоты кости. Однако это может быть связано с определенными осложнениями, включая перфорацию мембраны, доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение и смещение имплантата в полость пазухи. Для снижения данных осложнений и сопутствующих заболеваний, связанных с традиционными процедурами синус-лифтинга, предложены новые технологии, такие как использование пьезоэлектрических устройств и гидравлического синус-лифтинга или боров-римеров. Однако данные, подтверждающие их эффективность и безопасность, до сих пор отсутствуют. Перед любым видом костной регенерации в верхнечелюстной пазухе необходимо собрать подробный анамнез, а также провести тщательное рентгенологическое и клиническое обследование. Более того, рекомендуется использовать хирургическую технику, наиболее подходящую для конкрет-

ных особенностей случая, с учетом опыта и навыков хирурга [73].

Операция по поднятию гайморовой пазухи (MSLS) считается действенный методом лечения для пациентов с атрофической альвеолярной костью. Выбор подходящей хирургической процедуры для одновременного уменьшения рассасывания трансплантата и получения долгосрочной выживаемости дентальных имплантатов по-прежнему является сложной задачей. В исследовании Ding Y и соавторов 20 пациентам проведена MSLS с трансплантатом костного морфогенетического белка 2 (BMP2)-фосфата кальция. Дентальные имплантаты установлены одновременно 10 пациентам, получавшим MSLS (группа 1 этапа), и 10 пациентам, получавшим дентальные имплантаты с задержкой от 3 до 6 месяцев (группа 2 этапа). Эффект оценивали на основе клинического и рентгенологического обследования в течение 4-5 лет наблюдения. Результаты показали, что в группе 1 этапа наблюдалась только 1 перфорация слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи, которая перекрыта коллагеновой мембраной. Отмечено среднее увеличение костной ткани на 6,8 мм, и все имплантаты не проявили расшатывания, периимплантита или перелома, все они были стабильны во время последующего наблюдения и демонстрировали хорошую функцию зубов в течение 4-5 лет наблюдения. Потеря высоты периимплантной кости составила  $1,12 \pm 0,47$  и  $1,10 \pm 0,39$  мм, глубина зондирования пародонтального кармана составила  $1,79 \pm 0,62$  и  $1,81 \pm 0,71$  мм, индекс кровоточивости бороздки составил  $1,63 \pm 0,47$  и  $1,72 \pm 0,54$  в группе 1-го этапа и группе 2-го этапа, соответственно, и не было никаких существенных различий между этими двумя группами. Данные результаты подразумевают, что фосфат кальция, нагруженный BMP2, может быть подходящим материалом для MSLS, особенно для пациентов с минимальной высотой кости. Врачи могут использовать одноэтапную или двухэтапную методику в зависимости от клинического состояния, выбора пациента и опыта врача. Если у пациентов с минимальной высотой кости невозможно стабилизировать имплантаты, двухэтапная операция может быть более

подходящей [68].

Первостепенной целью исследования Lambert F и соавторов являлось сравнение краткосрочной и долгосрочной трёхмерной стабильности объёма регенерации костной ткани в подпазушной области у кроликов с использованием различных заполнителей пространства. Второй целью была качественная и количественная оценка процесса раннего формирования костной ткани и долгосрочного поведения регенерированной кости. Пятнадцати кроликам проведена процедура двойного синус-лифтинга с использованием: кровяного сгустка (Clot), аутогенной костной крошки (Auto) и бычьего гидроксиапатита (ВНА). Животных подвергали эвтаназии через 1 неделю, 5 недель и 6 месяцев. Образцы подвергали рентгеновской микрофотографии и гистологическому исследованию. Вариации объёма костной аугментации рассчитывали в различные временные точки. Качественный анализ проводили с использованием 7-миллиметровых срезов, а количественный гистоморфометрический анализ – с помощью сканирующей электронной микроскопии. От исходного уровня (100%) к 5 неделям увеличенные объёмы снизились до 17,3% (Clot), 57,6% (Auto) и 90,6% (ВНА). Через 6 месяцев обнаружено только 19,4% (Clot) и 31,4% (Auto) от исходных объёмов, в то время как в группе ВНА он оставался более стабильным (84%). Через 1 неделю во всех трех группах наблюдался начальный процесс остеогенеза вдоль костных стенок. Через 5 недель, несмотря на значительное снижение объёма, плотность новообразованной кости выше при использовании Clot и Auto, чем при использовании ВНА. Через 6 месяцев плотность костей в трех группах была статистически сопоставима. Однако через 6 месяцев поверхность, занятая новообразованной костью (регенерированная область), являлась значительно выше, когда в качестве заполнителя пространства использовался ВНА. В группе ВНА площадь биоматериала незначительно уменьшилась с 42,7% (1 неделя) до 40% (5 недель) и 34,9% (6 месяцев), а плотность регенерированной композитной ткани (кость + ВНА) достигла 450% через 6 месяцев. Три заполнителя про-

странства способствовали формированию костной ткани. Тем не менее, в группах Clot и Auto объемы аугментации снизились, тогда как в группе ВНА они оставались стабильными. Медленно рассасывающийся биоматериал может быть подходящим для аугментации кости в подпазушной области для предотвращения процесса повторного расширения и повышения плотности регенерированной ткани [71].

Пиотровичем А.В. проведено комплексное изучение клинического лечения послеоперационного периода, цитологических показателей назального секрета и параметров мукозального иммунитета полости рта у пациентов при проведении закрытого синус-лифтинга с одномоментной дентальной имплантацией. Он выявил клинические, цитологические и иммунологические показатели, влияющие на исход хирургического этапа и дентальной имплантации в рамках комплексной реабилитации стоматологических пациентов. Определил показания к местной иммунотерапии рекомбинантными цитокинами IL-1 $\beta$  и IL-2 у пациентов при проведении закрытого синус-лифтинга с одномоментной дентальной имплантацией. Разработал методики локальной иммунокоррекции препаратами беталейкин (патент РФ на изобретение №2600867) и ронколейкин (приоритетная справка от 02.02.2016 по заявке №2016103392 на патент РФ на изобретение). Провел сравнительную оценку клинической эффективности препаратов беталейкин и ронколейкин, которая выявила схожее положительное воздействие рекомбинантных IL-1 $\beta$  и IL-2 на клинические показатели послеоперационного течения и исход хирургического этапа имплантации. Описан характер локального влияния беталейкина и ронколейкина на цитологические показатели назального секрета и иммунологические параметры полости рта [36, 41, 43].

По сравнению с аутооттрансплантатами, заменители костной ткани затвердевают медленнее. Понимание причин этого может открыть возможности для разработки стратегий ускорения формирования новой костной ткани и, следовательно, сокращения времени установки дентального имплантата. В ис-

следовании Соуас BR и соавторы стремились сравнить аутологичный костный трансплантат с заменителем костной ткани быка в доклинической модели синус-лифтинга. Задняя околоносовая пазуха мыши служила местом трансплантации. Аутоотрансплантат из полости рта сравнивался с заменителем костной ткани с помощью молекулярного, клеточного и гистологического анализов, проведенных на 0, 9, 18 и 120-й день после трансплантации (ДПЗ). Аутоотрансплантаты или заменители костной ткани располагались на дне пазухи и оставались на месте на протяжении всего исследования. На момент трансплантации и до 9-го дня заменители костного трансплантата лишены клеток и активности щелочной фосфатазы (ЩФ), в то время как аутоотрансплантаты состояли из жизнеспособных клеток и показали сильную активность ЩФ (минерализации). Следовательно, новая кость формировалась быстрее в аутоотрансплантатах по сравнению с заменителями костного трансплантата ( $140,21 \pm 41,21$  мкм против  $41,70 \pm 10,09$  мкм соответственно, PSD9,  $p = .0143$ ). К PSD18 остеогенез очевиден в участках аутоотрансплантата и ксенотрансплантата. Остеокласты, идентифицированные с помощью тартрат-резистентной кислой фосфатазы, прикрепилась к матрице заменителя костного трансплантата, но не резорбировали ее. Матрица аутоотрансплантата, однако, подверглась обширной резорбции. У трансгенных мышей обнаружено, что Wnt-чувствительные остеопрогениторные клетки происходят преимущественно из внутренней надкостницы верхней челюсти, а не из мембраны Шнайдера. Аутоотрансплантаты быстрее формируют новую костную ткань, но заменители костного трансплантата из коровьего рога со временем консолидируются и затем устойчивы к резорбции. Повышение рекрутирования остеопрогениторных клеток в заменитель костного трансплантата представляет собой жизнеспособную стратегию ускорения формирования кости при синус-лифтинге [66].

Ершова А.М. в своей работе проводила сравнительный анализ эффективности применения синтетических и ксеногенных костно-пластических материалов для восстановления объема альвеолярной кости челюстей перед

дентальной имплантацией. Получены данные сравнительного анализа эффективности применения синтетического костнопластического материала «Matri™ BONE» и ксеногенного материала «Bio-Oss» для увеличения объема альвеолярной кости перед дентальной имплантацией. В работе проведены рентгенологические исследования и определена плотность остеорегенерата, образованного после использования «Matri™ BONE» в операциях синус-лифтинга и аугментации лунки удаленного зуба, с последующим сравнительным анализом плотности костных образований после применения синтетических и ксеногенных материалов. Также выполнены гистологические исследования структуры остеорегенерата, образованного после применения «Matri™ BONE», с проведением сравнительного анализа морфологических особенностей костной ткани в результате использования синтетических и ксеногенных костно-пластических материалов. На основе комплексных клинических, гистологических и рентгенологических данных впервые определены показания к применению синтетического костно-пластического материала «Matri™ BONE», что позволяет оптимизировать выбор материалов для костной регенерации перед дентальной имплантацией [23].

Целью сетевого метаанализа Al-Moraissi EA и соавторов являлось выявление наиболее эффективных биоматериалов, обеспечивающих более высокий уровень образования новой костной ткани (NBF) и более низкий уровень остаточного трансплантата (RG) и соединительной ткани (CT) после аугментации верхнечелюстной пазухи (MSA), а также создание рейтинга на основе их эффективности. Базы данных MEDLINE, Embase и CENTRAL проанализированы для выявления рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), в которых оценивались гистоморфометрические результаты после MSA. Предикторными переменными являлись аутогенная кость (AB), аллотрансплантаты (AG), ксенотрансплантаты (XG), аллопластическая кость (AP), AB + XG, AB + AP, AG + XG, XG + AP и трансплантаты в сочетании с аутологичными тромбоцитарными концентратами/рекомбинантными факто-

рами роста, мезенхимальными стволовыми клетками (MSC) или рекомбинантными костными морфогенетическими белками (BMP). Переменными результата являлись NBF%, RG% и СТ%. Учитывалось время заживления. Взвешенная средняя разница (BCP) с 95% доверительным интервалом (ДИ) рассчитывалась с помощью частотного сетевого мета-анализа с использованием программного обеспечения Stata. В исследование включено 52 РКИ (1483 биопсии). При сроке заживления <6 месяцев АВ превосходил АР (BCP — 10,66%, 95% ДИ — от 16,38% до —4,94%) и ХГ (BCP — 7,93%, 95% ДИ — от 15,11% до —0,75%) по NBF. Что касается СТ, АВ превосходил ХГ + АР, АР, MSC и ХГ. При сроке заживления ≥6 месяцев NBF выше для АВ, чем для АР (BCP — 7,06%, 95% ДИ — от 12,59% до —1,52%). RG ниже в АВ, чем АР (WMD 12,03%, 95% ДИ 3,04% до 21,03%), ХГ (WMD 14,62%, 95% ДИ 4,25% до 24,98%) и факторы роста (WMD 12,32%, 95% ДИ 0,04% до 24,60%). Три биоматериалами с наивысшим рейтингом для увеличения NBF были АГ + ХГ (95%, очень низкое качество доказательств), факторы роста (69,9%, низкое качество доказательств) и только АВ (69,8%, умеренное качество доказательств). Три биоматериалами с наивысшим рейтингом для снижения RG были BMP (88,8%, очень низкое качество доказательств), только АВ (81,5%, умеренное качество доказательств) и АВ + АР (58,9%, очень низкое качество доказательств). Три биоматериала с наивысшим рейтингом для снижения объёма КТ представлены комбинацией ХГ + АР (84,7%, низкое качество доказательств), АР отдельно (77,7%, среднее качество доказательств) и MSC (76,1%, низкое качество доказательств). Сетевой метаанализ предоставил доказательства среднего качества, свидетельствующие о том, что АВ отдельно, вероятно, является наилучшим вариантом для достижения большего NBF после MSA в течение первых 6 месяцев после операции. Кроме того, результаты данного сетевого метаанализа подтверждают гипотезу о том, что остеокондуктивные костнозамещающие материалы следует комбинировать с остеогенными или остеоиндуктивными трансплантатами для до-

стижения наилучших гистоморфометрических результатов при MSA [57].

В своем исследовании Драгунова С.Г. провела сравнение моделирования хирургических вмешательств в челюстно-лицевой области, включая септопластику, формирование дентальной лунки, синус-лифтинг, дентальную имплантацию и их сочетания. Выполнено моделирование осложнений при синус-лифтинге. Также дана физиологическая характеристика стрессовых реакций на основе анализа вариабельности сердечного ритма у экспериментальных животных при моделировании различных хирургических вмешательств на верхней челюсти: синус-лифтинга и дентальной имплантации. Показано, что у пациентов при проведении синус-лифтинга с одновременной дентальной имплантацией необходимо мониторировать вариабельность сердечного ритма для оценки стрессовых реакций и контроля качества периоперационной аналгезии. Выявлено, что применение селективных блокаторов циклооксигеназы-2 в периоперационном периоде при проведении синус-лифтинга с одновременной дентальной имплантацией вызывает минимальный болевой синдром, минимальные изменения в вариабельности сердечного ритма и дисбаланс вегетативной нервной системы [19].

Целью обзора Malcangi G. и соавторов является обзор новейших исследований возможностей концентрированных факторов роста, используемых в технике подъема верхнечелюстной пазухи. «PRP», «PRF», «L-PRF», «CGF», «oral surgery», «sticky bone», «sinus lift» являлись поисковыми терминами, используемыми в базах данных Scopus, Web of Science и Pubmed, с булевыми операторами «AND» и «OR». 1534 исследований и 22 публикации включены в данный обзор. Аутологичные факторы роста, высвобождаемые из тромбоцитарных концентратов, могут способствовать ремоделированию костной ткани и пролиферации клеток, а применение тромбоцитарных концентратов снижает количество аутологичной кости, необходимой во время регенеративной хирургии. Многие авторы сходятся во мнении, что факторы роста значительно усиливают раннюю васкуляризацию костных трансплантатов и

оказывают выраженное положительное проангиогенное влияние *in vivo* в сочетании с аллопластическими и ксеногенными материалами, уменьшая воспаление и послеоперационную боль, стимулируя регенерацию повреждённых тканей и ускоряя их заживление. Даже при необходимости дальнейших исследований использование аутологичных тромбоцитарных концентратов может улучшить клинические результаты в случаях, когда требуется значительное поднятие верхнечелюстной пазухи, за счёт улучшения высоты, толщины и васкуляризации кости в области хирургического вмешательства, а также ускорения послеоперационного заживления [72].

Колганов И.Н. в своей работе разработал малоинвазивный метод субантральной аугментации альвеолярного отростка верхней челюсти, который позволил научно обосновать возможность инсталляции полноценных дентальных имплантатов при дефиците костной ткани (патент РФ на изобретение № 2651085). Проведена оценка остеогенеза с помощью биохимических исследований ротовой жидкости, что расширило понимание процессов остеоинтеграции дентальных имплантатов после синус-лифтинга в зависимости от методов хирургического вмешательства и способов костной пластики. С помощью перитестометрии изучена динамика стабильности дентальных имплантатов после различных методов мягкого синус-лифтинга, что также позволило научно обосновать структуру ремоделированной костной ткани. Рентгенологические исследования состояния плотности вновь образованной костной ткани методом КЛКТ в области установленных дентальных имплантатов после различных методов синус-лифтинга выявили тип костной ткани (D3, D4) в границах аугментированных участков верхней челюсти. Проведённый статистический анализ соотношения С-реактивного белка и P-CrossLaps — маркера костной резорбции — позволил изучить процессы адаптации и остеоинтеграции дентальных имплантатов после различных методов мягкого синус-лифтинга, расширяя научные знания о биохимических процессах созревания костного регенерата [28, 87].

Целью исследования Schaaf Н. и соавторов являлось изучение влияния обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP) на костную пластику при синус-лифтинге. Разработано проспективное, контролируемое, рандомизированное исследование, включающее 34 пациента, перенесших синус-лифтинг до установки дентального имплантата. Группа вмешательства получила дополнительное лечение PRP. Рентгенологическое исследование проводилось с помощью компьютерной томографии (КТ) и панорамной рентгенографии через 4 месяца после аугментации и до установки дентального имплантата. Плотность костной ткани не показала значительного увеличения при использовании PRP в сочетании с аутологичной костной пластикой по сравнению с использованием только аутологичной кости. Данное исследование не выявило положительного влияния PRP на плотность костной ткани при КТ-анализе при использовании PRP при синус-лифтинге. Плотность костной ткани при КТ не коррелировала с гистоморфометрической оценкой. Имплантационная реабилитация беззубой или частично беззубой верхней челюсти часто ограничена качеством и количеством костной ткани, что обуславливает необходимость разработки методов аугментации. Исследование *in vitro* показало, что пролиферация человеческих остеобластоподобных клеток может стимулироваться тромбоцитарными концентратами, зависящими от концентрации, что подтверждает предположение о том, что клиническое применение PRP может усиливать регенерацию костной ткани. Помимо отдельных сообщений о местном применении PRP в хирургии полости рта, другие исследования изучали ее действие в экспериментах на животных. Кроме того, в некоторых исследованиях обсуждались различные комбинации аутогенной кости или бычьего коллагена с PRP [76].

В работе Щеплякова Д.С. на основе томографических и эндоскопических исследований определена структура изменений в верхнечелюстных пазухах (ВЧП), полости носа, околоносовых пазух и крючковидного отростка у больных на дооперационном этапе синус-лифтинга. Выявлено, что предшествующие синус-лифтингу эндоскопическая гайморотомия и функциональ-

ная эндоскопическая риносинусхирургия, проведенные за 6-8 месяцев до операции, являются факторами риска осложнённого течения субантральной аугментации. Установлена клиническая значимость выявленных на дооперационном этапе патологий: костных септ ВЧП, патологии крючковидного отростка с сужением соустья ВЧП и отёка слизистой оболочки остиомеатального комплекса, а также одонтогенного синусита и гайморозмоидита, для развития осложнений при проведении операции. Впервые при оценке факторов риска осложнённого течения синус-лифтинга применён метод построения таблиц сопряжённости с анализом зависимости признаков и контингентности (ассоциации), а также проведена статистическая оценка диагностической информативности методов с расчетом посттестовой вероятности прогнозирования и предсказательной ценности выявленных факторов с учётом их распространенности среди пациентов. Кроме того, выполнена количественная стратификация риска интра- и послеоперационных осложнений субантральной аугментации у больных с различной патологией и предварительными вмешательствами на верхнечелюстной пазухе [52].

При проведении аугментации альвеолярных гребней верхней челюсти у людей применение DBB и аутогенной кости гистологически ассоциировалось с активным новообразованием кости. Биопсия, взятая после 6-9-месячного периода заживления участков, где была проведена аугментация синусов с использованием DBB, продемонстрировала 30% новообразованной кости, 30% DBB и 40% костного мозга. Усиленная минерализация была обнаружена через 14 месяцев, а остеокластическая резорбция частиц DBB - через 4 года. Было показано, что добавление аутогенной кости при вмешательствах на верхнечелюстных синусах не улучшает результат [79].

В работе Головичева М.Е. получены данные сравнительного анализа эффективности использования композиции ксеногенного костно-пластического материала и препаратов биомодифицированной гиалуроновой кислоты при операции синус-лифтинга, основанные на клинических, рентге-

нологических и гистологических методах исследования. Он выявил клинические преимущества течения послеоперационного периода при использовании данной композиции по сравнению с аналогичным методом, в котором костно-пластический материал применяется в сочетании с физиологическим раствором. Также изучил параметры и плотность новообразованной кости при сочетанном применении ксеногенного костно-пластического материала с препаратами биомодифицированной гиалуроновой кислоты и с физиологическим раствором. Кроме того, определил различия в структуре новообразованной костной ткани при использовании ксеногенного костно-пластического материала в сочетании с препаратами биомодифицированной гиалуроновой кислоты и в сочетании с физиологическим раствором [12].

На сегодняшний день эффективным и хорошо изученным материалом для костной пластики является препарат «Bio-Oss». Данный материал представляет собой минеральный компонент бычьей костной ткани в виде гидроксиапатита естественного происхождения, освобожденного от всех органических составляемых. Изначально «Bio-Oss» рассматривался как остеокондуктивный материал, но результаты, полученные при исследовании белковых фракций – составных данного материала, продемонстрировали наличие факторов роста кости. Установлено, что «Bio-Oss» обладает также и остеоиндуктивными свойствами. Структура «Bio-Oss», в частности система взаимосвязанных макро- и микропор, повторяющих губчатое вещество кости, способствует быстрой реваскуляризации материала. Исследования показали, что уже через 2 месяца в микропространствах прослеживаются мелкие капилляры и мезенхимальные клетки. Приблизительно в это же время на поверхности материала происходит остеообразование с постепенной резорбцией материала и замещением его структур собственной костной тканью. Satori S. et al. (2003) применяли ксеногенный материал «Bio-Oss» при операциях синус-лифтинг и отметили, что резорбция гранул данного материала наиболее активно выражена в первые 2 года (прирост новообразованного костного

матрикса увеличивается на 3,55% в месяц). В последующие 8 лет показатели прироста составляли 0,58% в месяц. Также через 10 лет после проведенной имплантации обнаруживались частицы нерезорбированного материала.

В работе Юрьева Е.М. выполнена клинико-рентгенологическая и морфологическая оценка костного регенерата при дифференцированном применении костно-пластических материалов ксеногенного происхождения с сохранённым коллагеном и без него, в сочетании с резорбируемой коллагеновой мембраной, при направленной костной регенерации и синус-лифтинге, с учётом различных типов костной ткани челюстей. Определены результаты иммуногистохимических и морфологических исследований биоптатов, позволяющие дифференцировать клетки костной ткани — остеобласты и остециты — в зависимости от используемого материала и плотности костной ткани. С помощью компьютерной томографии проведена оценка плотности полученного костного регенерата в единицах Хаунсфилда, с учётом качества нативной кости в зоне атрофии или дефекта челюстей и применяемых костнопластических материалов. На основании клинических, морфологических и рентгенологических методов исследования рекомендовано использование ксеногенных материалов различного состава и плотности в зависимости от типа костной ткани нативной кости [6, 53].

Ксенотрансплантаты могут служить источниками переноса инфекции, а также при пересадке их в организм человека может возникнуть иммунологический конфликт, поскольку костно-пластические материалы этой группы изготавливаются из другого биологического вида [20, 37, 102, 175]. Для предотвращения такого типа реакций и удаления из состава ксенотрансплантатов органических компонентов они обрабатываются при помощи таких методов, как замораживание, лиофилизация, частичная депротеинизация, обработка химическими средствами и гамма-излучением. В результате в их составе остается лишь неорганическая структура, представленная гидроксиапатитом [37]. Гидроксиапатит в таком случае является источником кальция и обеспечивает каркас для построения собственной кости в области проведенной операции аугментации [48].

По причине риска заражения коровьей губчатой энцефалопатией (BSE) или «коровьим бешенством», использование ксеногенных костно-пластических материалов долгое время не являлось общепризнанным [39].

Все большее значение в современной стоматологии приобретает использование синтетических (аллопластических) костнозамещающих материалов в качестве альтернативы аутогенным костным трансплантатам [44, 66]. Они вошли в практику реконструктивной хирургии челюстей и дентальной имплантации с 80-90-х годов XX века. Аллопластические трансплантаты можно назвать наиболее перспективным направлением в развитии имплантологического материаловедения [22]. Они не имеют таких недостатков, как ограниченность источников материала в случае ауотрансплантатов и риск для здоровья пациентов в случае ксено- или аллотрансплантатов [50]. Лишенным антигенных свойств биологических материалов синтетическим материалам можно придавать любую форму, плотность, а также изменять их свойства. Альтернативой аутогенным трансплантатам является синтетический гидроксиапатит или  $\beta$ -трикальцийфосфат (ТКФ), включающиеся после ремодуляции в процессы остеогенеза и обеспечивающие минерализацию вновь образованной остеобластами костной матрицы ионами фосфора и кальция.

В отношении пригодности использования синтетических материалов в качестве костного заменителя проводится большое число исследований. Но их применение не всегда позволяет получить необходимый объем костной ткани. Альтернативным высокотехнологичным методом может стать трансплантация тканеинженерных конструкций, содержащих остеогенные клетки-предшественники.

Применение биологических препаратов может быть показано для сохранения и реконструкции альвеолярного гребня (САЛ), а также для развития ложа имплантата (РЛИ). Целью систематического обзора Suárez-López Del Amo F. и соавторов являлся анализ влияния аутологичных препаратов крови

(АПК), производных эмалевой матрицы (ДЭМ), рекомбинантного человеческого тромбоцитарного фактора роста-BB (rhPDGF-BB) и рекомбинантного человеческого костного морфогенетического белка-2 (rhBMP-2) на результаты терапии САЛ/РЛ и РЛИ (т.е. аугментации альвеолярного гребня (ААЛ) и аугментации дна верхнечелюстной пазухи (ДВЧП)).

Проведён электронный поиск статей подходящих для включения в исследование. Рандомизированные клинические исследования, оценивающие эффективность биологически активных добавок (АБП), ЭМП, rhBMP-2 и rhPDGF-BB при АРП/АРР и ИСД, включены в исследование в соответствии с заранее установленными критериями отбора. Извлечены и подвергнуты критическому анализу данные о линейных и объемных изменениях размеров, гистоморфометрических данных и различных вторичных результатах (клинических, связанных с имплантатами, цифровой визуализацией, безопасностью и результатами, сообщаемыми пациентами [PROM]). Также проведена оценка риска смещения в выбранных исследованиях.

В обзор включено и качественно проанализировано 39 статей. В связи с высокой гетерогенностью исследований количественный анализ оказался невозможным. Большинство исследований, посвященных АРП/АРР, показали, что применение биопрепаратов дало схожие результаты по сравнению с традиционными протоколами. Однако, в сравнении с самостоятельным заживлением или заполнением лунки коллагеновыми губками, применение биопрепаратов способствовало уменьшению атрофии альвеолярного гребня после удаления зуба в большинстве исследований. Кроме того, применение биопрепаратов положительно влияло на гистоморфометрические результаты. Использование биопрепаратов при вмешательствах АРА не дало превосходных клинических или рентгенологических результатов по сравнению с контрольной терапией. Тем не менее, АБП усиливали образование новой костной ткани и снижали вероятность раннего расхождения краев раны. Использование биопрепаратов при вмешательствах MSFA не приводило к превосходным клиническим или рентгеноло-

гическим результатам. Тем не менее, было отмечено, что использование некоторых биопрепаратов может способствовать формированию костной ткани на более ранних стадиях заживления. Только в четырёх клинических исследованиях оценивались PROM и сообщалось об умеренном положительном влиянии биологических препаратов на боль и отёк. Серьёзных побочных эффектов, связанных с применением биологических препаратов, оцениваемых в данном систематическом обзоре, не наблюдалось.

Результаты терапии после постэкстракционного ARP/ARR и ARA в области беззубых альвеол сопоставимы при использовании различных терапевтических методов, рассмотренных в данном систематическом обзоре. Тем не менее, использование биологических препаратов (например, PRF, EMD, rhPDGF-BB и rhBMP-2) в сочетании с костным материалом, как правило, приводит к лучшим гистоморфометрическим результатам и более быстрому заживлению ран по сравнению с контрольными группами [79].

В работе Davydova GA и соавторов новые трёхмерные пористые композиты альгината-пектина (А/П) с цинк- или марганецзамещёнными гидроксипатитами (А/П-ZnГА и А/П-MnГА) синтезированы методом лиофилизации и сшивания кальцием. Анализ методом порошковой рентгеновской дифракции и инфракрасной спектроскопии подтвердил однофазное образование апатита (размер кристаллитов  $< 1$  мкм), при этом ZnГА демонстрирует сжатие кристаллической решетки (ось  $*c*$ :  $6,881 \text{ \AA}$  против  $6,893 \text{ \AA}$  для ГА). Механические испытания выявили регулируемые свойства: исходные губки А/Р демонстрировали модуль упругости  $4,7 \text{ МПа}$  и прочность на разрыв  $0,10 \text{ МПа}$ , которые снижались на  $30\text{--}70\%$  при добавлении гиалуроновой кислоты (ГА) из-за увеличения пористости (размер пор:  $112 \pm 18 \text{ мкм}$  в случае MnHA против  $148 \pm 23 \text{ мкм}$  для ZnHA). Набухаемость увеличивалась в  $2,3\text{--}2,8$  раза ( $125\text{--}155\%$  против  $55\%$  для А/Р) за счет взаимодействия полисахаридов. Исследование с помощью сканирующей электронной микроскопии показало эволюцию микроструктуры от слоистой структуры А/Р ( $<100 \text{ мкм}$ ) к трех-

мерной архитектуре с внедренными минеральными частицами. Композиты А/Р-MnHA продемонстрировали минимальную цитотоксичность для клеток NCTC и хорошую жизнеспособность стволовых клеток пульпы зуба, в то время как А/Р-ZnHA вызвал  $\approx 20\%$  подавление метаболизма, что связано с закислением, вызванным гидролизом. Антибактериальные исследования выявили широкий спектр эффективности А/Р-MnHA против грамположительных (*Bacillus atrophaceus*) и грамотрицательных (*Pseudomonas protegens*) штаммов, тогда как А/Р-ZnHA был нацелен только на грамположительные штаммы. Разработанные композитные губки сочетают цитосовместимость и антимикробную активность, потенциально развивая костно-пластические материалы для регенерации костной ткани и контроля инфекций в ортопедических/стоматологических применениях [67].

Целью исследования Netto HD и соавторов является сравнение формирования костной ткани при подъеме верхнечелюстной пазухи с аутогенной костной трансплантатом при гистологической оценке через 2 или 6 месяцев. Разработано сравнительное исследование, в котором были отобраны 10 пациентов с двусторонним отсутствием зубов в задней зоне верхней челюсти. Пациентам проведена трансплантация измельченной аутогенной костной ткани в одинаковых хирургических условиях, с выбором места для взятия биопсии и гистологического исследования через два месяца и еще одно через шесть месяцев после операции. Проведена гистоморфометрия с использованием теста Колмогорова-Смирнова, t-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Спирмена, принимая значение  $p < 0,05$ . Выявлены различия в характеристиках воспалительного инфильтрата и васкуляризации; однако в группе, проанализированной через два месяца, представлено  $38,12\% \pm 6,64\%$  минерализованной ткани, тогда как в группе, проанализированной через 6 месяцев, в среднем  $38,45 \pm 9,27\%$ . Статистических различий между группами не было. Сделан вывод о том, что формирование костной ткани может быть аналогичным при интрасинусной аутогенной костной трансплантации при оценке через два или шесть месяцев; при этих

условиях ранняя установка имплантатов является целесообразной [74].

Основной целью научного обзора Browaeys Н. и соавторов являлась оценка эффективности различных трансплантационных материалов, используемых при процедурах синус-лифтинга, как было продемонстрировано в исследованиях на животных. Для сравнения и обсуждения доступны 26 статей; ни одна из них не касалась использования аллопластических материалов; 24 представляли собой сравнительные гистоморфометрические исследования; и два – биомеханические исследования. В связи с большой вариабельностью дизайна исследований, различными типами имплантатов, большим разбросом в сроках наблюдения и отсутствием определённого периода интеграции или нагрузки сравнение исследований и использованных биоматериалов было затруднено. В целом, аутогенная кость является наиболее предсказуемым материалом выбора для процедур аугментации, несмотря на 40% резорбцию, поскольку она обладает высокой остеокондуктивностью и меньше зависит от миграции эндостальной кости дна верхнечелюстной пазухи. Добавление бычьего костного минерала к аутогенной кости может быть полезным для успеха трансплантации, поскольку он действует как медленно резорбируемый удерживатель пространства. Пористый гидроксиапатит подходит для смешивания с аутогенной костью, поскольку он усиливает формирование кости и контакт кости с имплантатом в аугментированных пазухах. Гистологическая оценка показала, что деминерализованная лиофилизированная кость уступает другим материалам. В рамках ограничений исследований на животных, рассмотренных в этом обзоре, и основываясь только на гистологическом исследовании, начальная остеоинтеграция имплантатов, по-видимому, не зависит от биоматериала, используемого в процедурах трансплантации [60, 81].

Пациенты проходили лечение с помощью операций синус-лифтинга и установки имплантатов. Хирургические процедуры зажили без осложнений с минимальной болью, отеком или болезненностью. Трансплантаты зажили с небольшим количеством осложнений или неудач. Имплантаты, помещенные

в трансплантаты, поддерживают протезную реконструкцию и предсказуемы с течением времени. Авторами обсуждался вопрос о том, какой материал трансплантата использовать. Представлены трансплантаты из нерезорбируемого ГА (Interpore 200), бычьего кортикального ГА (Bio-Oss), резорбируемого ГА (OsteoGen) и лиофилизированного деминерализованного костного порошка и гранул. Результаты биопсии, гистометрии, обратнорассеянной электронной микроскопии, маркировки клеток и специального окрашивания предполагают последовательный рост кости в различных материалах трансплантата. По мнению авторов, исследования должны быть продолжены, чтобы 1. Определить время заживления для различных материалов трансплантата. В настоящее время отдельные данные свидетельствуют о том, что синус-трансплантаты из аутогенной кости заживают в течение 4-6 месяцев; Заживление лиофилизированной деминерализованной кости занимает от 12 до 16 месяцев; а заживление аллопластических материалов с лиофилизированной деминерализованной костью занимает от 9 до 11 месяцев. 2. Оценить гистологические данные о росте кости в различных материалах для замещения костной ткани. 3. Оценить долгосрочное наблюдение и успешность имплантатов, установленных в синус-трансплантаты. 4. Определить потенциал моделирования различных материалов для трансплантатов твердых тканей под функциональной нагрузкой имплантатов [78].

Целью исследования Khijmatgar S. и соавторов являлось определение влияния остаточной высоты костной ткани (RBH) на формирование новой костной ткани после латеральной аугментации дна верхнечелюстной пазухи с использованием различных биоматериалов с помощью сетевого метаанализа (NMA). Поиск соответствующих статей проводился в электронных базах данных PUBMED, Scopus и Web of Science по состоянию на 31 декабря 2022 года. Также проводился ручной поиск. В обзор включены рандомизированные контролируемые исследования по гайморолонтерской аугментации, сравнивающие различные материалы для трансплантации у пациентов с

атрофией задних отделов верхней челюсти, нуждающихся в протезной реабилитации. Риск смещения оценивался в соответствии с рекомендациями Кокрейновского сотрудничества. Первичным результатом было формирование новой костной ткани (NBF), оцениваемое гистоморфометрически. Статистический анализ проводился путем разделения данных по RBH ( $<4$  мм и  $\geq 4$  мм). Всего 67 исследований соответствовали критериям проведения NMA. В целом, во включенных исследованиях было пролечено 1955 пациентов и выполнено 2405 процедур синус-лифтинга. Используемые биоматериалы сгруппированы следующим образом: аутогенная кость (Аутогенная кость), ксенотрансплантаты (КГ), аллотрансплантаты (АГ), аллопласты (АП), биоактивные агенты (Био), гиалуроновая кислота (ГК) и их комбинации. Фактор непоследовательности (IF), наблюдаемый во всей петле КГ, АП и Био+АП, оказался статистически значимым. Биоматериалами с наивысшим рангом для результата RBH  $<4$  мм были КГ+АГ, КГ+АП и Аутогенные биоматериалы. Аналогичным образом, поверхность под кумулятивной ранговой кривой (SUCRA) биоматериалов для RBH  $\geq 4$  мм была Аутогенная кость, Био+ХГ и ХГ+Аутогенная кость. Не существует биоматериала для аугментации, который бы неизменно превосходил другие. Эффективность материалов с точки зрения NBF может зависеть от RBH. При выборе биоматериала практикующим врачам следует учитывать как индивидуальные особенности пациента, так и клинические характеристики околоносовых пазух [1, 11, 69].

Целью исследования Chen J. являлось изучение гистоморфометрические характеристики двухэтапного подъема дна верхнечелюстной пазухи (TMSFE) с использованием различных костных заменителей при лечении атрофии задних отделов верхней челюсти. Проведен поиск по четырем базам данных (PubMed, Embase, Web of Science и Cochrane Library) с начала создания базы данных по 8 августа 2023 года. Включенные статьи ограничены англоязычными. Проведен систематический поиск для выявления рандомизированных контролируемых исследований, оценивающих гистологические ха-

рактеристики различных биоматериалов при TMSFE с последующим наблюдением в течение 5–8 месяцев. Основным результатом являлась область новой костной ткани, а дополнительным результатом – остаточный материал трансплантата. Извлеченные данные проанализированы с использованием байесовского подхода (цепь Маркова Монте-Карло) для установления рангов различных биоматериалов в языке R. Наконец, поиск выявил 22 исследования, в которых сообщалось о 22 испытаниях на костной области (17 видов биоматериалов) и 12 исследованиях по остаточным трансплантационным материалам (12 видов биоматериалов). Не удалось обнаружить локального несоответствия в исследованиях, касающихся формирования кости, в то время как не было обнаружено замкнутой петли в остаточном трансплантационном материале. Топ-3 вероятностей биоматериалов с точки зрения формирования кости были аллотрансплантат + ксенотрансплантат (AG + X) (87,14%), X + полимер (75,69%) и аутогенная кость + биоактивное стекло (AB + BG) (71,44%). AG + X имел самую высокую вероятность (87,14%) быть наиболее оптимальным лечением для формирования кости. Двухфазный фосфат кальция + фибриновый герметик (BCP + FS) был оценен как самый медленно рассасывающийся биоматериал (78,27%) в TMSFE. В рамках ограничений сетевого метаанализа, AG + X может представлять собой оптимальный биоматериал для формирования костной ткани при TMSFE. Использование X в сочетании с другими биоматериалами демонстрирует превосходные остеогенные эффекты при TMSFE. BCP + FS продемонстрировал высокие механические свойства в течение краткосрочного периода наблюдения. Полученные данные свидетельствуют о том, что AB не является единственным приемлемым стандартом для костных трансплантатов [64].

В ходе экспериментального исследования на взрослых самках овец Naas R и соавторы изучили ценность нерезорбируемого пористого гидроксиапатита (ГА) в качестве материала для трансплантации при одноэтапной процедуре синус-лифтинга. Два титановых цилиндрических имплантата, изготовленных ме-

тодом плазменно-пламенного напыления, были установлены с двух сторон в каждую из 54 пазух 27 взрослых самок овец. В двух группах по 18 пазух субантральное пространство заполнялось пористым гиалуроновой кислотой или аутогенной губчатой костью, полученной из гребня подвздошной кости, соответственно. Восемнадцать пазух не подвергались аугментации и служили контролем. Динамика формирования новой костной ткани и ремоделирования кости оценивалась методом последовательного мечения полифлуорохромом. Периоды наблюдения составили 12, 16 и 26 недель после операции. Для гистологического исследования были доступны шесть пазух на период наблюдения и в каждой тестовой группе. Все имплантаты остеointегрировались в местную кость. Новое костеобразование наблюдалось в треугольной области, ограниченной поверхностью имплантата, местной буккальной стенкой антрального отдела и подслизистой соединительной тканью вокруг всех имплантатов. Средняя длина контакта кости с имплантатом составила  $3,9 \pm 0,3$  мм в контрольной группе,  $5,7 \pm 0,3$  мм в группе аутогенной кости и  $5,9 \pm 0,3$  мм в группе аугментации пористым ГА. За период наблюдения относительная длина прямого контакта кости с имплантатом увеличилась с 20% до 25,1% в контрольной группе, с 30,4% до 35,5% в группе аутогенной кости и с 29,8% до 41,7% в группе ГА. На расстоянии 1 мм от имплантата средний объём костной ткани в группе аутогенной кости составил  $29,7 \pm 15,7\%$ . В группе аугментации гиалуроновой кислотой средний объём костной ткани составил  $11,2 \pm 13,0\%$ . Существенной разницы между ГА и аутогенной костью в отношении контакта кости с имплантатом не наблюдалось ( $P = 0,89$ ). В обеих группах наблюдался значительно более выраженный контакт между костью и имплантатом (гиалуроновая кислота:  $P = 0,002$ ; аутогенная кость:  $P = 0,0005$ ), чем в контрольной группе без имплантата. Однако, поскольку результаты значительно различались, применение гиалуроновой кислоты в качестве монотерапии для синус-лифтинга при операциях синус-лифтинга следует проводить с осторожностью [17, 58, 84].

Исследование Sennerby L. и соавторов разработано для клинической и

гистологической оценки интеграции титановых имплантатов в различные трансплантационные материалы, используемые для процедур аугментации верхнечелюстной пазухи. В общей сложности 21 пациенту и 36 гайморовым пазухам проведена аугментация с использованием (1) аутогенной измельченной костной ткани из ветви нижней челюсти, (2) бычьего гидроксиапатита (ВН) с мембранным покрытием или (3) смеси ВН и аутогенной кости в соотношении 80/20. Трансплантаты заживали в течение 6–9 месяцев до установки микроимплантатов для гистологического исследования и стандартных имплантатов для протезирования. Ещё через 6 месяцев заживления, после установки абатментов, микроимплантаты были извлечены для гистологического и морфометрического анализа. Результаты применения стандартных имплантатов были клинически оценены через год после нагрузки. Средняя площадь контакта кости с имплантатом составила  $34,6 \pm 9,5\%$ ,  $54,3 \pm 33,1\%$  и  $31,6 \pm 19,1\%$  для аутогенной кости, смеси 20% аутогенной кости/80% ВН и 100% ВН соответственно. Соответствующие значения параметра площади кости составили  $37,7 \pm 31,3\%$ ,  $39,9 \pm 8\%$  и  $41,7 \pm 26,6\%$ . Площадь ВН составила  $12,3 \pm 8,5\%$  и  $11,8 \pm 3,6\%$  для 20% аутогенной кости/80% ВН и 100% ВН соответственно. Статистически значимых различий по каким-либо параметрам между группами не наблюдалось. Через год нагрузки утрачены 6 из 33 имплантатов, установленных в аутогенные костные трансплантаты, 2 из 35 имплантатов, установленных в смесь ВН/аутогенная костная ткань, и 2 из 43 имплантатов, установленных в ВН. Статистически значимых различий между группами не наблюдалось. Гистоморфометрический анализ не выявил различий между тремя группами, что свидетельствует о возможности замены аутогенного костного трансплантата бычьим гидроксиапатитом в соотношении 80% или 100% при аугментации дна верхнечелюстной пазухи. Эффект добавления аутогенной кости остаётся неясным, но может способствовать сокращению времени заживления. Результаты данного клинического и гистологического исследования показывают, что можно ожидать схожих краткосроч-

ных результатов при использовании аутогенной кости, ВН или их смеси для увеличения дна верхнечелюстной пазухи и отсроченной установки дентальных имплантатов [79].

Vissink A. и соавторы систематически анализировали литературу, посвященную результатам поднятия дна верхнечелюстной пазухи для создания достаточной фракции костной ткани для установки имплантата. Оценивали фракцию костной ткани и показатель выживаемости имплантата, чтобы определить, повлиял ли материал трансплантата или примененный фактор роста на фракцию костной ткани. Выявлены исследования, в которых поднятие дна верхнечелюстной пазухи с помощью аутогенной кости (контрольные группы) сравнивали с аутогенной костью в сочетании с факторами роста или костными заменителями, или только с костными заменителями (испытательные группы); 12 из 1124 соответствовали всем критериям включения. Мета-анализы, сравнивающие фракцию костной ткани после применения: аутогенной кости; аутогенной кости с факторами роста (богатая тромбоцитами плазма); или аутогенной кости и костных заменителей (бычий гидроксиапатит, биоактивное стекло, корково-губчатая свиная кость), не выявили значимых различий в формировании костной ткани через 5 месяцев. Значительно более высокая фракция костной ткани обнаружена в группе аутогенной кости по сравнению с использованием только  $\beta$ -трикальцийфосфата ( $P=0,036$ ). Общая выживаемость имплантатов в течение года не выявила существенных различий между имплантатами. Костные заменители в сочетании с аутогенной костью представляют собой надежную альтернативу аутогенной кости в качестве единственного материала для реконструкции костных дефектов верхнечелюстной пазухи, а также для поддержки дентальных имплантатов через 5 месяцев. Добавление факторов роста (богатой тромбоцитами плазмы) к костному материалу и использование только  $\beta$ -трикальцийфосфата не способствовали формированию костной ткани [85].

Проведенное исследование Брайловской Т.В. и Чередникова С.М. позволяет констатировать более высокую клиническую эффективность приме-

нения композиции аутокостного и ксеногенного костно-пластического материала в соотношении 50% / 50% (группа «Аутокостная стружка 50% ксеноматериал ("Cerabon") 50%») для формирования костного регенерата при операции синус-лифтинга по сравнению с использованием исключительно ксеногенного материала (группа «Ксеноматериал ("Cerabon") 100%»).

Первичным объективным подтверждением преимуществ комбинированного подхода являются результаты денситометрического анализа. Исходные показатели плотности закономерно варьировали: максимальное значение было зарегистрировано в группе «Ксеноматериал ("Cerabon") 100%» (979 у.е.), что обусловлено исходно высокой рентгенологической плотностью минерального компонента. В группе «Аутокостная стружка 25% ксеноматериал ("Cerabon") 75%» исходная плотность составила 857 у.е., а в группе с равным соотношением компонентов («Аутокостная стружка 50% ксеноматериал ("Cerabon") 50%») — 691 у.е., что отражает сбалансированную начальную стадию регенеративного процесса при включении рентгенопрозрачного аутогенного компонента.

Наиболее значимые различия выявлены в динамике денситометрических показателей. Через 6 месяцев наблюдения во всех группах отмечен прирост плотности, однако наиболее выраженная позитивная динамика зафиксирована в группе «Аутокостная стружка 50% ксеноматериал ("Cerabon") 50%», где показатель увеличился с 691 у.е. до 898 у.е. К 12 месяцам в данной группе наблюдается дальнейшее увеличение плотности до 926 у.е., в то время как в группе «Ксеноматериал ("Cerabon") 100%» к этому сроку зарегистрировано снижение средней плотности до 896 у.е. Группа «Аутокостная стружка 25% ксеноматериал ("Cerabon") 75%» демонстрировала стабильно высокие показатели плотности (958 у.е.), однако без выраженного дальнейшего прироста. Представленная динамика свидетельствует о том, что композиция в соотношении 50% / 50% обеспечивает не только удовлетворительные исходные структурные характеристики, но и наиболее интенсивный и устойчивый при-

рост плотности в процессе ремоделирования, что объясняется синергическим взаимодействием остеогенных свойств аутокости и остеокондуктивного каркаса ксеноматериала. Рентгенологически через 6 месяцев визуализировалась успешная перестройка костного регенерата во всех группах, о чем свидетельствовало отсутствие признаков резорбции на границе с костным дном верхнечелюстного синуса и формирование организованных костных трабекулярных структур. При этом комбинированный подход в группе «Аутокостная стружка 50% ксеноматериал ("Cerabon") 50%» обеспечил не только оптимальные количественные показатели прироста плотности, но и, вероятно, более высокие качественные характеристики новообразованной костной ткани, определяющие ее долговременную стабильность.

Таким образом, комплексное применение композиции аутокости и ксеногенного материала в равном соотношении приводит к формированию зрелого, васкуляризированного костного регенерата, характеризующегося высокой и прогрессирующей плотностью, а также выраженной структурной стабильностью. Данный биомеханически полноценный костный регенерат, демонстрирующий оптимальный баланс между скоростью ремоделирования и сохранением объема, создает необходимые условия для последующей успешной остеоинтеграции дентальных имплантатов, обеспечивая их первичную стабильность и являясь основой долгосрочного функционального и клинического успеха реабилитации [8].

Целью перспективного рандомизированного контролируемого клинического исследования Pisoni L. и соавторов являлось сравнение вертикального прироста костной ткани и резорбции костной ткани после процедур синус-пластики, выполненных либо с использованием измельченного, либо с использованием аутогенного костного блока. 41 пациент перенёс синус-лифтинг с использованием аутогенной кости. Все пациенты случайным образом распределены в 2 группы. Первая группа (22 пациента) проходила лечение с использованием аутогенного костного блока с использованием измель-

ченной кости или без неё, в то время как вторая группа (19 пациентов) проводила синус-лифтинг только с использованием измельченной аутогенной кости. Линейные измерения регистрировались до операции с помощью компьютерной томографии во время операции и через 36 месяцев после синус-лифтинга с помощью повторной компьютерной томографии. Для выявления статистических различий применялся t- критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при значениях  $P < 0,05$ . Наблюдалась статистически значимая разница в приросте костной ткани в группе, получавшей лечение с использованием костных блоков. В качестве общего клинического руководства клиницисту следует отдавать предпочтение, по возможности, блочным костным трансплантатам при процедурах по увеличению дна верхнечелюстной пазухи [75].

Целью исследования Pereira RDS и соавторов являлось сравнение скорости резорбции костной ткани, гистоморфометрию и иммуногистохимические результаты биоактивного стекла (Biogran; Biomet, Варшава, штат Индиана, США), смешанного с аутогенными костными трансплантатами (50% / 50%), и изолята аутогенного костного трансплантата при операции по поднятию верхнечелюстной пазухи. В общей сложности 9 верхнечелюстных пазух залечены с помощью Biogran с аутогенным костным трансплантатом (группа 1), а 12 были смешаны с аутогенным костным трансплантатом (группа 2). Послеоперационная конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) использовалась для измерения начального объема трансплантата через 15 дней (T1), а через 6 месяцев проведено еще одно КЛКТ-сканирование для оценки конечного объема трансплантата (T2) и определения скорости резорбции трансплантата. Результаты резорбции составили  $37,9\% \pm 18,9\%$  в группе 1 и  $45,7\% \pm 18,5\%$  в группе 2 ( $P = 0,82$ ). Через 6 месяцев были получены биопсии одновременно с установкой дентальных имплантатов; эти имплантаты были подвергнуты гистоморфометрическому анализу и иммуногистохимическому анализу на тартрат-резистентную кислую фосфатазу (TRAP). Средний пока-

затель костеобразования в группе 1 составил  $36,6\% \pm 12,9\%$  в области исходной кости,  $33,2\% \pm 13,3\%$  в промежуточной области и  $45,8\% \pm 13,8\%$  в апикальной области; в группе 2 показатели составили  $34,4\% \pm 14,4\%$ ,  $35,0\% \pm 13,9\%$  и  $42,0\% \pm 16,6\%$  в области исходной кости, промежуточной и апикальной областей соответственно. Иммуноокрашивание на TRAP показало слабую активность класта в обеих группах, что может указывать на то, что они находились в фазе ремоделирования. Сходство между группами по формированию и сохранению объема трансплантата через 6 месяцев позволяет предположить, что биоактивное стекло, смешанное с аутогенной костью (50% / 50%), можно безопасно использовать в качестве заменителя костной ткани при подъеме верхнечелюстной пазухи [75].

В обзоре Zaniboni M. и соавторов оценивались успешность различных хирургических методов реконструкции беззубых альвеолярных отростков и показатели выживаемости/успешности имплантатов, установленных в увеличенных областях. В исследование включены клинические исследования, опубликованные на английском языке, включающие более 10 последовательно пролеченных пациентов со средним периодом наблюдения не менее 12 месяцев после начала ортопедической нагрузки. Рассматривались следующие процедуры: накладные костные трансплантаты, синус-лифтинг через латеральный доступ, остеотомия по Le Fort I с интерпозиционными трансплантатами, техники расщепления гребня/расширения гребня и альвеолярный дистракционный остеогенез. Полные тексты статей были найдены с помощью компьютерного и ручного поиска по ключевым словам. Анализировались успешность и связанная с этим заболеваемость процедур аугментации, а также показатели выживаемости/успешности имплантатов, установленных в области аугментации. Выявлен широкий спектр хирургических процедур. Однако было сложно продемонстрировать, что одна хирургическая процедура обеспечивает лучшие результаты, чем другая. Каждая хирургическая процедура имеет свои преимущества и недостатки. Приоритет следует отдавать тем процедурам, которые проще и менее

инвазивны, связаны с меньшим риском осложнений и достигают своих целей в кратчайшие сроки. Основным ограничением, обнаруженным в данном обзоре литературы, являлось общее низкое методологическое качество опубликованных статей. Необходимы более крупные, хорошо спланированные долгосрочные исследования [89].

Независимо от типа биоматериала, использованного для трансплантата, очевидно, что со временем он претерпевает изменения размеров, которые могут повлиять на конечный объём полученной костной ткани, что, в свою очередь, может повлиять на стабильность установленных имплантатов. Целью исследования Vidigal B.C. и соавторов являлось сравнение и установление корреляции между поведением трансплантата и количеством (в граммах) ксеногенных и аллопластических биоматериалов, использованных для трансплантатов для синус-лифтинга. В данном ретроспективном когортном исследовании использованы 148 КЛКТ-изображений 74 трансплантатов, полученных от 68 пациентов, которым была выполнена операция по поднятию верхнечелюстной пазухи в университетской клинике последипломного образования. Вес биоматериалов, классифицированных по интервалам в зависимости от использованного количества, коррелировал с объёмами трансплантатов в V1 (10 дней) и V2 (180 дней). Для оценки возможного влияния веса на сохранность трансплантата использовался критерий Краскела-Уоллиса. Средний вес использованных биоматериалов составил: Bio-Oss Small® (1,58 г); Bio-Oss Large® (1,35 г); Endobon® (0,72 г); BoneCeramic®+Emdogaim® (0,96 г); Cerasorb® (1,13 г) и Osteogen® (2,70 г). Значимых различий не наблюдалось ( $p > 0,05$ ). Было выявлено влияние этих средних количеств на сохранение трансплантата: Bio-Oss Small® (18); Bio-Oss Large® (10); Endobon® (17); BoneCeramic®+Emdogaim® (10); Cerasorb® (11); и Osteogen® (0,8) в V1 и V2. Однако при классификации биоматериалов по интервалам все группы интервалов Cerasorb® показали статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) в объёме трансплантата в V2. Количество использованных биоматериалов может влиять на конечный объём в зависимости от их характе-

ристик. Установка имплантатов была возможна со всеми исследованными трансплантатами, однако при выборе биоматериала для синус-лифтинга следует учитывать усадку трансплантата [86].

Проведенное исследование Брайловской Т.В. и Чередникова С.М. позволило установить существенную зависимость показателя ISQ от качественного состава костнопластического материала. Сравнительный анализ трех клинических групп демонстрирует два статистически и клинически важных сценария формирования стабильности имплантата. Первый сценарий, характеризующий группы 1 и 2, где использовались 100% ксенопластический материал и его комбинация с 25% аутокостной стружки соответственно, отличается высокой и идентичной первичной стабильностью ( $78,3 \pm 0,4$  у.е.), достигающей пикового значения к 6-му месяцу наблюдения ( $82,2 \pm 0,2$  у.е.) с последующей незначительной стабилизацией на уровне  $80,5 \pm 0,1$  у.е. к 12-му месяцу. Полное совпадение динамики во всех контрольных точках измерения позволяет сделать категоричный вывод об отсутствии какого-либо значимого влияния добавления 25% аутогенного материала на процесс остеоинтеграции в рамках данной модели исследования, что определяет функциональную эквивалентность этих двух протоколов.

Второй сценарий, выявленный в группе 3 с применением композиции 50% аутокостной стружки и 50% ксеноматериала, имеет принципиально иную биомеханическую и биологическую траекторию. Ключевой особенностью является достоверно более низкий уровень первичной стабильности ( $73,5 \pm 0,1$  у.е.), что обусловлено менее плотной первоначальной структурой костного ложа, формируемого при значительной доле аутогенной стружки. Однако именно в данной группе регистрируется наиболее выраженный и клинически впечатляющий прирост вторичной стабильности, характеризующийся увеличением среднего показателя ISQ на 11,7 у.е. к 6-му месяцу ( $85,2 \pm 0,3$  у.е.) и достижением абсолютного максимума в  $87,3 \pm 0,1$  у.е. к 12-му месяцу наблюдения. Данный факт свидетельствует об интенсификации про-

цессов костного ремоделирования и неогенеза, инициируемых остеоиндуктивными свойствами аутогенной кости при ее достаточной (50%) доле в композиции.

Таким образом, стратегический выбор в пользу комбинации с равным соотношением аутогенной и ксеногенной кости представляется патогенетически обоснованным для достижения функциональных результатов в отдаленном послеоперационном периоде, несмотря на необходимость учета ее специфических интраоперационных характеристик [9].

Анализ литературы показывает, что атрофия альвеолярного отростка верхней челюсти — это многофакторный процесс, ведущий к дефициту костной ткани, требующему аугментации. Открытый синус-лифтинг является эффективной методикой для решения этой проблемы. Сравнение костно-пластических материалов выявило, что аутогенная кость обладает выраженными остеогенными свойствами, но требует дополнительного забора, в то время как ксеногенные материалы, являясь остеокондуктивными, резорбируются медленнее, что обосновывает необходимость сравнительного изучения комбинированных подходов, которые могут объединить преимущества разных типов материалов для оптимизации костной регенерации.

## **ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Дефицит костной ткани в дистальных отделах верхней челюсти, встречающийся у 20-70% пациентов [Иванов С.Ю., Ломакин М.В, 2020, Панин А.М, 2021, Яременко А.И.2022], является ключевым ограничением для дентальной имплантации. Для его устранения широко применяется аугментация дна верхнечелюстного синуса с использованием различных костно-пластических материалов. Однако вопрос о выборе оптимального материала, обеспечивающего наилучшие клинико-морфологические результаты, остаётся дискуссионным. В данной главе представлены материалы и методы исследования, направленного на сравнительный анализ эффективности аутокостного материала, ксеногенного костно-пластического материала («Cerabon») и их композиций. В исследовании приняли участие 60 пациентов отделения клинической и экспериментальной имплантологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России.

После тщательного изучения поэтапного плана лечения, а также информации о сроках, ходе оперативного вмешательства и возможных осложнениях, все пациенты выражали свое информированное согласие на проведение операции, подписав письменные документы.

### **2.1. Материалы исследования**

У пациентов, включённых в исследование, дефицит костной ткани в дистальных отделах верхней челюсти был обусловлен атрофией альвеолярного гребня после потери зубов и пневматизацией верхнечелюстного синуса, что делало невозможным установку имплантатов стандартных размеров без предварительной аугментации. Снижение функциональной нагрузки на кость после утраты зубов, в соответствии с законом Вольфа, смещает процесс ремоделирования в сторону резорбции, что приводит к увеличению объема синуса за счет беззубого альвеолярного отростка и резорбции его дна, что, в свою очередь, обуславливает низкое расположение дна верхнечелюстного синуса и критическое уменьшение высоты альвеолярного гребня, становя-

щейся недостаточной для установки дентальных имплантатов стандартных размеров и достижения их первичной стабильности.

## 2.2. Клинические методы исследования

Для проведения сравнительного анализа эффективности применения аутокостного материала, ксеногенного костно-пластического материала и их композиций при операции синус-лифтинга проведено обследование 60 пациентов с частичной потерей зубов и диагностированной выраженной атрофией костной ткани в дистальных отделах альвеолярного отростка верхней челюсти.

Для целей настоящего исследования основное внимание было уделено трем ключевым группам, соответствующим основным клиническим подходам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1. Клинические группы

| № группы   | Материал                                                                                    | Процентное соотношение |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Группа I.  | Ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия))                      | 100%                   |
| Группа II  | Аутокостная стружка/ ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) | 25%/75%                |
| Группа III | Аутокостная стружка/ ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) | 50%/50%                |

Все пациенты, включенные в исследование, были разделены на три сопоставимые группы по 20 человек в каждой. Всем пациентам проведена операция открытого синус-лифтинга, которая на сегодняшний день рассматрива-

ется как наиболее эффективный и прогнозируемый метод аугментации костной ткани в условиях значительного ее дефицита, позволяющий добиться успеха. Данная методика является полностью документированной хирургической манипуляцией с долгосрочным клиническим успехом.

Стандартный хирургический протокол открытого синус-лифтинга, выполняемый всем пациентам в рамках исследования, базировался на общепринятой методике доступа через латеральную стенку верхнечелюстной пазухи. Данный подход, известный также как латеральный или открытый синус-лифтинг, является наиболее эффективным, особенно в условиях выраженной атрофии, когда высота костной ткани не позволяет провести одновременную операцию имплантации. Ключевым этапом предоперационной подготовки являлось детальное планирование с использованием методов лучевой диагностики, в частности конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). КЛКТ обеспечивает отличную визуализацию региональной анатомии, позволяя клиницисту идентифицировать костные перегородки, патологические изменения в синусе (например, признаки синусита), а также подтвердить проходимость остиомеатального комплекса, что в совокупности направлено на минимизацию интра- и послеоперационных осложнений.

После обеспечения хирургического доступа выполнялась трепанация костной части передней стенки верхнечелюстной пазухи. Учитывая, что наиболее распространенным интраоперационным осложнением является перфорация слизистой оболочки (мембраны Шнейдера), встречающаяся, по данным литературы, в 10–60% случаев, для остеотомии использовались современные инструменты, такие как пьезоэлектрическое устройство. Новые технологии, включая пьезоэлектрические устройства, предложены для снижения осложнений, связанных с традиционными процедурами синус-лифтинга, так как они позволяют более селективно работать на костной ткани, минимизируя риск повреждения мягкотканых структур. Последующая отслойка мембраны Шнейдера и перемещение её вверх позволяли создать

защищенное пространство (субантральную полость), необходимое для размещения костно-пластического материала.

Ключевым дифференцирующим фактором в рамках данного проспективного исследования явился тип костно-пластического материала, примененного для заполнения сформированного субантрального пространства.

В группе I аугментация выполнялась с использованием исключительно ксеногенного костно-пластического материала на основе ксеногенного костно-пластического материала («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) (Таблица 2).

Таблица 2. Группа I - Ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 100%

| № группы | Материал                                                               | Процентное соотношение |
|----------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Группа I | Ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) | 100%                   |



Рисунок 1. Ксеногенный костно-пластический материал «Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)

Данный материал представляет собой высокоочищенный костный минерал, характеризующийся строго контролируемыми размерами частиц (0,5-1,0 мм) и высокой степенью кристалличности. Данный продукт является 100% минеральным компонентом и обладает идентичным человеческой кости минеральным составом. Его механизм действия основан на выраженных остеокондуктивных свойствах: трехмерная пористая структура служит идеальным каркасом для адсорбции белков плазмы, миграции остеогенных клеток и последующей неоваскуляризации. Главным преимуществом данного подхода является полное исключение этапа забора аутогенной кости, что значительно снижает травматичность вмешательства и сокращает продолжительность операции. Благодаря гидрофильной поверхности, Cerabone® эффективно смешивается с кровью или физиологическим раствором, обеспечивая оптимальную пластичность и вязкость. Трехмерная структура материала способствует интенсивному проникновению кровяной сыворотки и белков, что стимулирует рост собственной костной ткани. Процесс производства с высокотемпературной обработкой удаляет все органические компоненты и предотвращает потенциальные иммунные реакции.

Во второй группе применялась композиция, состоящая из аутокостного материала (25%) и ксеногенного костно-пластического материала (75%). В качестве ксеногенного компонента использовался костно-пластического материала на основе ксеногенного костно-пластического материала («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) (Таблица 3).

Таблица 3. Группа II - Аутокостная стружка/ ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 25%/75%

| № группы   | Материал                                                                                    | Процентное соотношение |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Группа II. | Аутокостная стружка/ ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия)) | 25%/75%                |

Сочетанное применение аутокости и ксеноматериала было направлено на достижение синергического эффекта: аутоматериал обеспечивает немедленный остеогенный и остеоиндуктивный импульс, инициируя быстрое формирование новой кости, в то время как ксеноматериал выполняет роль поддерживающего объем. Забор аутокостной стружки осуществляли с помощью костного скребка.



Рисунок. 2. Костный скребок «Micros».

В третьей группе применялась композиция, состоящая из аутокостного материала и ксеногенного костно-пластического материала («CeraBon» (Botiss Biomaterials, Германия)) в соотношении 50% / 50% (50%/50%) (Таблица 4).

Таблица 4. Группа III - Аутокостная стружка/ксенопластический материал («CeraBon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 50%/50%

| № группы   | Материал                                                                                    | Процентное соотношение |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Группа III | Аутокостная стружка/ ксенопластический материал («CeraBon» (Botiss Biomaterials, Германия)) | 50%/50%                |

Использование данного соотношения позволило оценить эффект от большего вклада остеогенного компонента (аутокости) при сохранении стабилизирующей функции ксеногенного каркаса костно-пластического материала.

Забор аутокостного материала для групп II и III осуществлялся у самого пациента, из области подбородка или наружной косой линии нижней челюсти. Это обеспечивало получение аутокостной стружки содержащей жизнеспособные остеобласты и клетки-предшественники (остеогенность), костные морфогенетические белки и другие факторы роста, стимулирующие дифференцировку мезенхимальных клеток (остеоиндуктивность), а также выполняющего роль биологического каркаса для инфильтрации сосудов и миграции остеогенных клеток (остеокондуктивность).

В I группе пациентов установлено в общей сложности 51 дентальный имплантат, из которых два были удалены перед началом ортопедического этапа в связи с их нестабильностью, вызванной развитием периимплантита. Таким образом, выживаемость дентальных имплантатов в III группе в течение первого года составила 96,1%.

Шесть месяцев спустя после выполнения синуслифтинга пациентам второй группы была проведена дентальная имплантация, в результате чего было установлено 55 имплантатов. Из-за отсутствия остеоинтеграции на этапе ортопедической реабилитации удален один имплантат. Таким образом, выживаемость имплантатов среди пациентов второй группы через год после их установки составила 98,2%.

Шесть месяцев спустя после выполнения синуслифтинга пациентам третьей группы установлено 42 дентальных имплантата, и остеоинтеграция этих имплантатов спустя год после установки составила 100%.

### **2.3. Рентгенологический метод исследования**

Для объективной и всесторонней оценки как непосредственных результатов аугментации, так и долгосрочных изменений в структуре и плотности

новообразованной костной ткани всем пациентам, включенным в исследование, проводилось контрольное рентгенологическое исследование с помощью компьютерной томографии (КТ). В современной челюстно-лицевой хирургии и имплантологии КТ, и в особенности конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), по праву считается «золотым стандартом» диагностики.

В рамках данного исследования был реализован стандартизированный протокол лучевого контроля, включавший две ключевые временные точки. Первое сканирование (точка T1) выполнялось в первые сутки после операции синус-лифтинга. Его основной целью была верификация исходного состояния зоны аугментации: оценка объема, контура и равномерности распределения костно-пластического материала в созданном под мембраной Шнейдера пространстве, подтверждение правильности его расположения и отсутствия смещения в полость синуса.

Повторное контрольное КТ-исследование (точка T2) проводилось через 6 месяцев после операции. Данный временной интервал признан в литературе достаточным и оптимальным для оценки процессов консолидации, перестройки и созревания костного регенерата. На этом этапе особое внимание уделялось оценке признаков успешного ремоделирования костно-пластического материала, таких как отсутствие признаков резорбции костно-пластического материала и формирования костной ткани на границе с костью дна гайморовой пазухи с формированием новых костных пластинок трабекул.

Проведенный анализ мультипланарных реконструкций (MPR) и 3D-моделей обеспечил возможность детального сравнительного денситометрического исследования. Количественная оценка плотности костного регенерата в условных единицах (у.е.) позволила получить объективные числовые данные для сравнительной оценки эффективности костно-пластических материалов и его комбинаций. Помимо денситометрических показателей, проводилась оценка структурных параметров новообразованной костной ткани, таких как ее однородность и связность. Данный комплексный лучевой подход,

интегрирующий анализ как плотности, так и архитектоники регенерата, представляет собой высокоинформативную методологию для прогнозирования успешности последующей остеоинтеграции дентальных имплантатов. На его основе могут быть сформулированы научно обоснованные выводы о сравнительной эффективности исследуемых костно-пластических методик.

#### **2.4. Резонансно-частотный анализ**

Ключевым фактором, определяющим долгосрочный клинический успех и функциональную надежность зубного протезирования с опорой на дентальные имплантаты, является достижение и поддержание состояния полноценной остеоинтеграции. Под этим процессом понимается формирование непосредственной структурной и функциональной связи между живой костной тканью и поверхностью внутрикостного имплантата без интерпозиции соединительной ткани. Биомеханической основой данной связи служит стабильность имплантата, которая выступает интегральным показателем качества остеоинтеграции и главным прогностическим критерием его долговечности. Первоначальная стабильность обусловлена чисто механическим заклиниванием имплантата в костном ложе, тогда как долговременная, вторичная стабильность является результатом сложных биологических процессов костного ремоделирования и неогенеза. Для комплексной оценки состояния имплантационно-костного комплекса наряду с традиционными клинικο-рентгенологическими методами исследования в настоящей работе применялся объективный количественный метод – резонансно-частотный анализ (RFA), выполняемый с помощью специализированного прибора «Osstell Mentor» (производства Integration Diagnostics, Швеция).

Принцип действия данного устройства основан на регистрации резонансных электромагнитных колебаний, генерируемых в системе «имплантат – кость» при воздействии на нее переменного электромагнитного поля. Это воздействие осуществляется посредством намагниченного штифта-трансдюсера, который временно фиксируется на имплантате. Получаемый



Рисунок 3. Прибор для измерения стабильности имплантата методом частотно-резонансного анализа («Osstell Mentor» (производства Integration Diagnostics, Швеция)).

количественный показатель, известный как коэффициент стабильности имплантата (Implant Stability Quotient, ISQ), является безразмерной величиной и выражается в условных единицах по шкале от 1 до 100, где более высокие значения соответствуют большей жесткости соединения между имплантатом и костной тканью. В рамках данного исследования мониторинг стабильности имплантатов проводился в три ключевых временных точки, позволяющих отследить динамику остеоинтеграции: первый замер осуществлялся непосредственно после установки имплантата на этапе хирургического вмешательства, что позволяло оценить уровень первичной стабильности; второй замер выполнялся через 6 месяцев после операции, что соответствует периоду активного биологического ремоделирования кости и перехода от механической к биологической стабильности; третий контрольный замер проводился через 12 месяцев после установки, что соответствует этапу завершения основных процессов остеоинтеграции и позволяет судить о достигнутой долговременной вторичной стабильности. Такой протокол динамического наблюдения предоставляет объективные данные для анализа надежности фиксации имплантатов и эффективности применяемых клинических методик.

## **2.5. Статистический метод исследования**

Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартного пакета статистического анализа. Для количественных показателей, представленных в виде  $M \pm m$  (среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка), проводилась оценка достоверности различий с помощью t-критерия Стьюдента. Для анализа качественных признаков (частоты осложнений в группах) применялись методы непараметрической статистики, в частности, критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат). Различия считались статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ .

## **2.6. Морфологический метод исследования**

Морфологическое исследование костеобразования при использовании материала «Cerabon» и аутогенной костной стружки в ходе операции синус-лифтинг выполнено на базе кафедры патологической анатомии и судебной медицины ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Настоящее морфологическое исследование направлено на комплексную оценку процессов репаративной регенерации и остеоинтеграции костно-пластического материала после операции синус-лифтинг.

Забор биоматериала (1–3 трепанобиоптата) проводили через 180 дней после операции синус-лифтинг. Образцы фиксировали в 10 % нейтральном забуференном формалине в течение 24 часов, деминерализовали раствором Софтидек в течение 90–120 минут, проводили в гистопроцессоре «Microm», заливали в парафин на станции «Microm EC-350». Срезы толщиной 3 мкм готовили на микротоме «Thermo HM 355S», окрашивали гематоксилином и эозином на автостейнере «Leica Autostainer XL».

Микроскопический анализ выполняли на микроскопе Nikon Eclipse 50i с использованием объективов  $\times 5$ ,  $\times 10$ ,  $\times 20$  и  $\times 40$ . Морфометрию и текстурный анализ проводили на Zeiss Axio с камерой AxioCam 208 и программой Zen 3.0. Оценивали BV, MatBS/BS, N.ob, N.Mat.ob, Ob.S, архитектуру трабекул, наличие некроза, фиброза и васкуляризацию.

### **ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В данной главе представлены результаты клинического исследования, в котором оценивалась эффективность различных композиций аутокостной стружки и ксеногенного костно-пластического материала («Cerabon») при открытом синус-лифтинге. Целью было определить влияние пропорций этих материалов на регенерацию костной ткани, качество формируемого костного ложа и стабильность дентальных имплантатов. Объективная оценка проводилась с помощью клинических, рентгенологических (КЛКТ) и инструментальных (резонансно-частотный анализ) методов в динамике: сразу после операции, через 6 и 12 месяцев. Полученные данные позволяют выявить закономерности регенерации и определить оптимальную стратегию костной пластики для последующей успешной имплантации.

#### **3.1. Результаты исследования I, II, III групп**

##### **3.1.1. Результаты исследования группы I**

Для оценки процессов репаративного остеогенеза на тканевом уровне через 180 дней после операции было проведено гистологическое исследование трепанобиоптатов костной ткани от пациентов всех трёх групп. Микроскопическая картина и морфометрический анализ позволили детально охарактеризовать структуру формирующегося костного регенерата в зависимости от состава применённого костно-пластического материала.

В группе I аугментация дна верхнечелюстного синуса была выполнена с использованием исключительно ксеногенного костно-пластического материала «Cerabon». Данный подход позволил оценить регенеративный потенциал и динамику преобразования чистого остеокондуктивного каркаса в условиях субантрального пространства. Основным методом объективной оценки процессов костеобразования явился денситометрический анализ по данным конусно-лучевой компьютерной томографии, выполненный в раннем послеоперационном периоде, а также через 6 и 12 месяцев после вмешательства.

Полученные количественные данные, отраженные в таблице 5, демонстрируют характерную для данного материала динамику изменения плотности костного регенерата. Высокие исходные показатели обусловлены первоначальной рентгеноконтрастностью минерального матрикса ксеноматериала. Последующее наблюдение фиксирует закономерные изменения, связанные с процессами биodeградации имплантированного материала и его замещения вновь образованной костной тканью, что позволяет судить о скорости и завершенности репаративного остеогенеза при использовании стопроцентного ксеногенного компонента.

Таблица 5. Сравнительная динамика плотности костного регенерата (у.е.) у группы I по данным КЛКТ в отдаленные сроки наблюдения.

| % соотношение ауто/<br>Ксенопластический материал                              | КЛКТ сразу                                                                          | КЛКТ через 6<br>месяцев                                                            | КЛКТ через 12 месяцев                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ксенопластический материал («Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия))<br>100% | Среднее:<br>979±0,3у у.е.<br>Минимум:<br>688±0,1 у.е.<br>Максимум:<br>1435±0,4 у.е. | Среднее:<br>933±0,2 у.е.<br>Минимум:<br>482±0,1 у.е.<br>Максимум:<br>1320±0,1 у.е. | Среднее: 896±0,2 у.е.<br>Минимум: 367±0,3 у.е.<br>Максимум: 1253±0,4 у.е. |

В данной группе аугментация проводилась исключительно ксеногенным костно-пластическим материалом («Cerabon»). Исходно, сразу после операции, был зафиксирован наиболее высокий средний показатель плотности — 979 у.е., что объясняется первоначальной высокой рентгенологической плотностью минерального матрикса ксеногенного костно-пластического материала. Однако к 6 месяцам наблюдается незначительное снижение до 933 у.е., вероятно, связанное с начальной фазой остеогенеза на поверхности частиц. Ключевым изменением является снижение средней плотности до 896 у.е. к 12 месяцам. Данная динамика четко указывает на начавшийся процесс активной биodeградации каркаса и его замещения собственной, менее плотной в рентгенологическом отношении, костной тканью.

Данный прирост плотности в группе I, несмотря на схожую с группами, содержащими аутокость, динамику, объясняется не остеогенным потенциалом, а медленной резорбцией и структурной консолидацией рентгеноконтрастного ксеногенного каркаса с одновременным остеогенезом. Данный результат является закономерным и патогенетически обоснованным, поскольку аутогенная кость обладает не только остеокондуктивными, но и остеогенными и остеоиндуктивными свойствами. Наличие в ее составе жизнеспособных остеогенных клеток и факторов роста обеспечивает более быстрый запуск и интенсивное протекание процессов неоангиогенеза и репаративного остеогенеза, что в отдаленном периоде проявляется активной минерализацией и созреванием собственной костной ткани.

Для подтверждения процессов репаративного остеогенеза на тканевом уровне нами изучена микроскопическая картина трепанобиоптатов костной ткани от пациентов I группы через 180 дней после операции синус-лифтинга.

В I группе материал представлен в основном зрелой губчатой костной тканью, отличающейся выраженной трабекулярной структурой с упорядоченным расположением костных балок. Остеоциты имеют четкое строение, находятся в толще трабекул, заключены в костные лакуны; компактное межклеточное вещество окрашено монотонно. В части межбалочных пространств определялась рыхлая волокнистая соединительная ткань с капиллярами, макрофагами, лимфоцитами, гистиоцитами, единичными эозинофилами; отмечались островки липоцитов; в других - прослойки неоформленной грубоволокнистой соединительной ткани с артериолами и мелкими артериями, отдельными макрофагами и лимфоцитами.

На поверхности части трабекул наблюдались отложения гомогенных эозинофильных масс, соответствующих остеοидной ткани, что указывало на активный процесс костеобразования. В остеοидной ткани определялись островки костных пластинок. Важным аспектом явилось наличие в структуре очагов остеопластического материала (микрогранулярный матрикс) и фрагментов костных балок (ауто-

костный материал), которые были интегрированы в окружающую ткань. Встречались незрелые костные балки, покрытые с поверхности остеобластами и с интенсивно окрашенным межклеточным веществом. В целом, микроскопическая картина отражала продолжающееся ремоделирование костной ткани.

Проведенный морфометрический анализ позволил количественно оценить структуру сформированного костного регенерата (Таблица 6).

Таблица 6. Морфометрическая характеристика поверхности костного регенерата, оценка клеточного состава и относительных объемных долей основных компонентов костного регенерата трепанобиоптата I группы через 180 дней после операции синус-лифтинг.

| Показатель         | Значение     |
|--------------------|--------------|
| N.ob               | 34,00        |
| N.Mf               | 17,00        |
| N.Mat.ob           | 22,00        |
| BV (%)             | <b>25,75</b> |
| FbV (%)            | 10,30        |
| MatV (%)           | 17,50        |
| Ob.S               | 1,75         |
| Mat.Ob.S/Mat.S (%) | 1,50         |
| MatBS/BS (%)       | 67,60        |

Результаты исследования демонстрируют, что доля вновь образованной костной ткани (BV) в исследуемой области составила 25,75%, что указывает на активный процесс остеогенеза, инициированный имплантированным материалом. Особого внимания заслуживают высокие количественные показатели остеобластической активности. Так, количество остеобластов на поверхности как кости, так и остеопластического материала (N.ob = 34,00), а также удельная остеобластическая поверхность (Ob.S = 1,75) свидетельствуют об интенсивном костеобразовании. Подтверждением этому служит и зна-

чительное число остеобластов, непосредственно ассоциированных с поверхностью имплантированного материала ( $N.Mat.ob = 22,00$ ), а также относительная площадь, занимаемая остеобластами на материале ( $Mat.OB.S/Mat.S = 1,50\%$ ). Совокупность этих данных позволяет заключить, что процесс формирования костной ткани на границе с имплантированным костнопластическим материалом «CeraBon» (100%) протекает активно.

Наличие относительно высокого количества макрофагов в межтрабекулярных пространствах ( $N.Mf = 17,00$ ) в совокупности с приведенными выше индикаторами остеогенеза косвенно указывает на то, что процессы ремоделирования и стимуляции костной ткани продолжаются, а этап репарации еще не завершен. Важно подчеркнуть, что репаративный остеогенез происходит как вариант прямого остеогенеза. Остеопластический материал выступает в качестве остеокондуктивного каркаса. Показатель интеграции материала, выраженный в относительной площади контакта кости с трансплантатом ( $MatBS/BS = 67,60\%$ ), находится на достаточном уровне, что отражает хорошую степень приживления и взаимодействия с окружающей костной тканью.

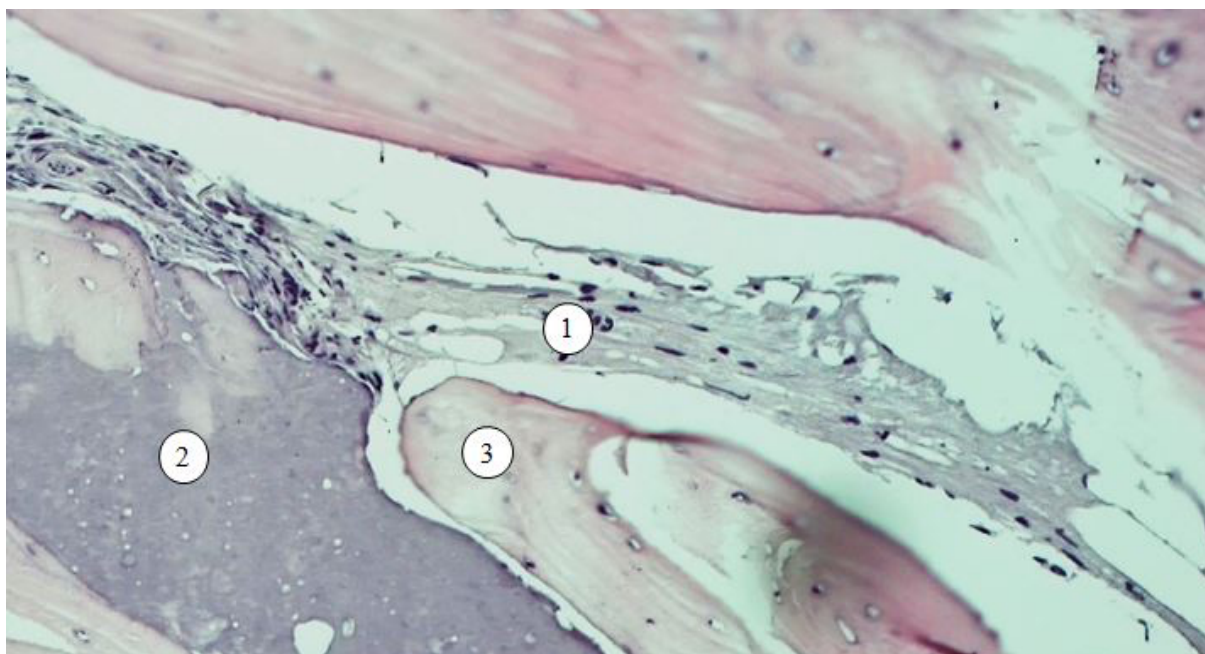


Рисунок 4. Рыхлая волокнистая соединительная ткань (1), остеоид с костными пластинками и остеопластическим материалом (2), новообразованная костная ткань (3) в I группе. Окраска Г+Э, ув. 200

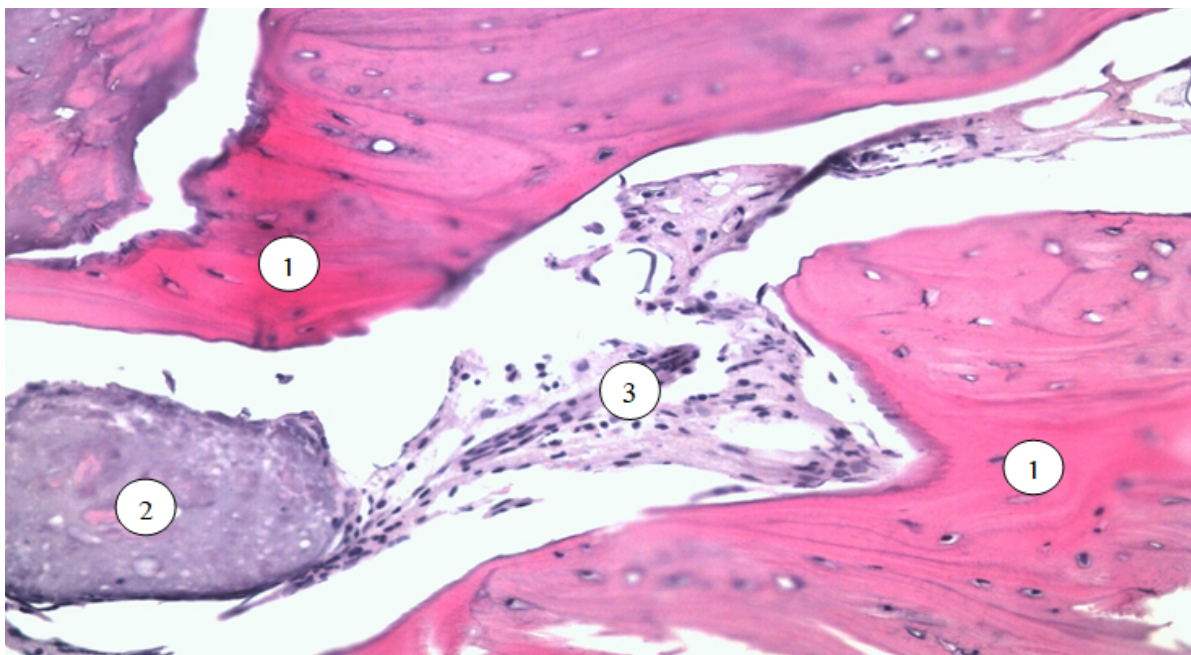


Рисунок 5. Новообразованная костная ткань (1), остеод с костными пластинками и остеопластическим материалом (2), рыхлая волокнистая соединительная ткань (3) в I группе. Окраска Г+Э, ув. 200

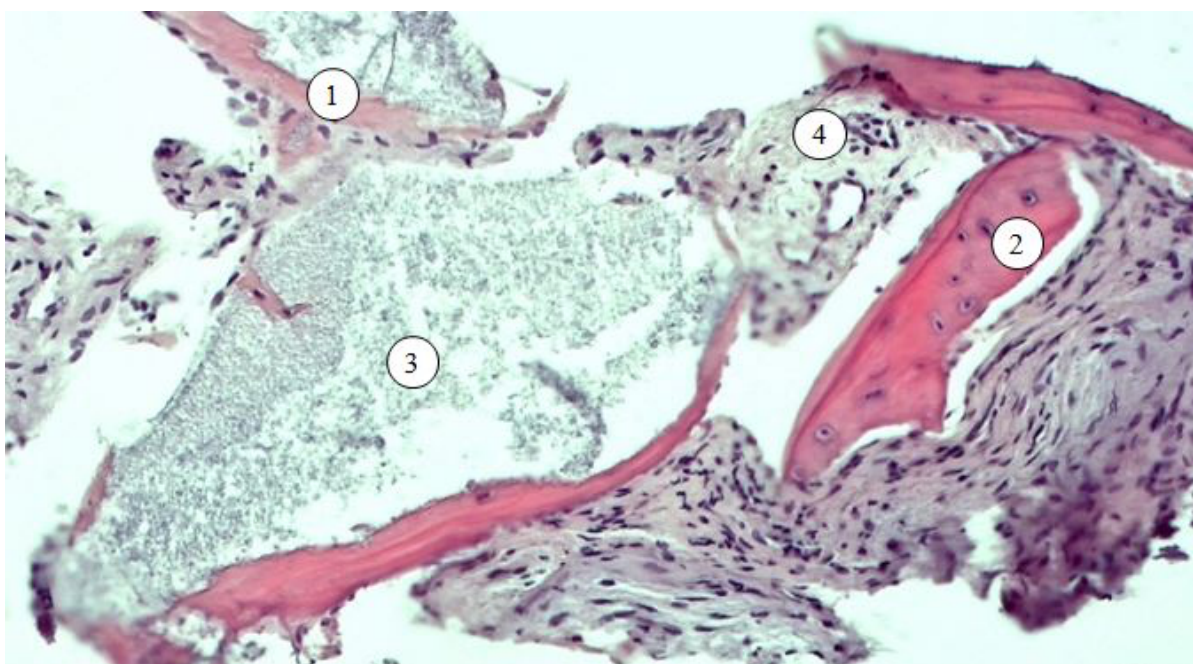


Рисунок 6. Формирующаяся костная ткань (1), зрелая костная ткань (2), ксеногенный материал (3), рыхлая соединительная ткань (4) в I группе. Окраска Г+Э, ув. 200

### 3.1.2. Результаты исследования группы II

Клиническое исследование во второй группе было сфокусировано на оценке эффективности композиции, состоящей из 25% аутокостной стружки и 75% ксеногенного материала «Cerabon». Сочетанное применение материа-

лов с различными биологическими свойствами было направлено на изучение синергетического эффекта, при котором остеогенный потенциал аутокостного материала дополняется объем-сохраняющей функцией ксеногенного каркаса. Мониторинг состояния костного регенерата осуществлялся с помощью стандартизированного протокола КЛКТ-денситометрии в установленные сроки наблюдения.

Анализ динамики денситометрических показателей, систематизированный в таблице 7, выявил специфический паттерн преобразования трансплантата. Включение четверти аутогенного компонента модифицировало характер ремоделирования по сравнению с группой монотерапии ксеноматериалом. Полученные результаты позволяют оценить влияние относительно небольшой доли аутокости на интенсивность остеогенеза, стабильность формирующегося регенерата и общую эффективность аугментации в среднесрочной перспективе.

Таблица 7. Сравнительная динамика плотности костного регенерата (у.е.) у группы II по данным КЛКТ в отдаленные сроки наблюдения.

| % соотношение ауто/ ксенопластический материал                                                      | КЛКТ сразу                                                                | КЛКТ через 6 месяцев                                                      | КЛКТ через 12 месяцев                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Аутокостная стружка 25% ксенопластический материал («Cera-bon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 75% | Среднее: 857±0,2 у.е.<br>Минимум: 531±0,4 у.е.<br>Максимум: 1181±0,6 у.е. | Среднее: 998±0,3 у.е.<br>Минимум: 496±0,1 у.е.<br>Максимум: 1440±0,2 у.е. | Среднее: 958±0,1 у.е.<br>Минимум: 385±0,5 у.е.<br>Максимум: 1330±0,2 у.е. |

В группе I (аутокостная стружка 25% / ксеноматериал («Cera-bon»)) 75%) зафиксирована принципиально иная динамика регенерации. Исходная плотность, составившая 857 у.е., была ожидаемо ниже, чем в первой группе, за счет включения рентгенопрозрачного аутогенного компонента. Ключевым отличием явился выраженный прирост плотности к 6-му месяцу наблюдения до 998 у.е. с последующей стабилизацией на высоком уровне к 12-му месяцу

(958 у.е.). Данный паттерн отражает успешное синергическое взаимодействие компонентов смеси: аутокостная стружка, обеспечивая остеогенный и остеоиндуктивный импульс, инициировала активное формирование новой кости, в то время как преобладающая доля ксеноматериала (75%) эффективно выполняла роль объем-стабилизирующего биостента. Такой состав композиции позволил добиться значительного увеличения плотности регенерата по сравнению с исходным состоянием, сочетая преимущества интенсивного остеогенеза с долговременным сохранением аугментированного объема.

Гистологическое исследование трепанобиоптатов пациентов II группы через 180 дней после операции позволило оценить тканевые реакции при использовании композиции 25% / 75%.

Во II группе образцы были представлены преимущественно зрелой губчатой костью с характерной архитектоникой. Межбалочные пространства заполнены рыхлой волокнистой соединительной тканью, а также содержали участки неоформленной грубоволокнистой соединительной ткани с небольшим количеством лимфоцитов, гистиоцитов, макрофагов. На некоторых участках поверхности костных трабекул отмечались отложения гомогенных эозинофильных масс, соответствующие остеοидной ткани. Среди остеοидной ткани видны костные пластинки. Островки остеопластического материала и очаги остеοида прилежат к формирующимся костным трабекулам. В незрелых костных балках была выражена остеобластическая активность.

Морфометрическая оценка костного регенерата выявила следующие показатели, приведенные в таблице 8.

Объемная доля вновь сформированной костной ткани (BV) составила 29,50%. Данный результат свидетельствует о выраженной эффективности имплантированного материала в стимуляции остеогенеза. Показатели, характеризующие остеобластическую активность, такие как общее количество остеобластов ( $N.ob = 31,00$ ) и удельная остеобластическая поверхность ( $Ob.S = 1,90$ ), находились на достаточно высоком уровне. Особенно показательно

число остеобластов, непосредственно расположенных на поверхности имплантированного материала ( $N.Mat.ob = 25,00$ ), а также доля поверхности материала, занятая этими клетками ( $Mat.Ob.S/Mat.S = 1,60\%$ ). Эти морфометрические данные однозначно указывают на активное и прямое вовлечение костнопластического материала «Cerabon» с аутокостной стружкой (в соотношении 25%/75%) в процесс костеобразования.

Таблица 8. Морфометрическая характеристика поверхности костного регенерата, оценка клеточного состава и относительных объемных долей основных компонентов костного регенерата через 180 дней после операции синус-лифтинг у пациентов II группы.

| Показатель         | Значение     |
|--------------------|--------------|
| N.ob               | 31,00        |
| N.Mf               | 15,00        |
| N.Mat.ob           | 25,00        |
| BV (%)             | <b>29,50</b> |
| FbV (%)            | 10,40        |
| MatV (%)           | 23,25        |
| Ob.S               | 1,90         |
| Mat.Ob.S/Mat.S (%) | 1,60         |
| MatBS/BS (%)       | 65,40        |

Присутствие в межтрабекулярных пространствах значительного количества макрофагов ( $N.Mf = 15,00$ ) является важным диагностическим признаком. В контексте остальных высоких остеогенных индексов это позволяет интерпретировать макрофагальную инфильтрацию как компонент продолжающегося репаративного ремоделирования. Такой процесс указывает на активно протекающую репарацию, когда процессы синтеза и резорбции костной ткани сбалансированы в динамическом состоянии. Показатель интеграции

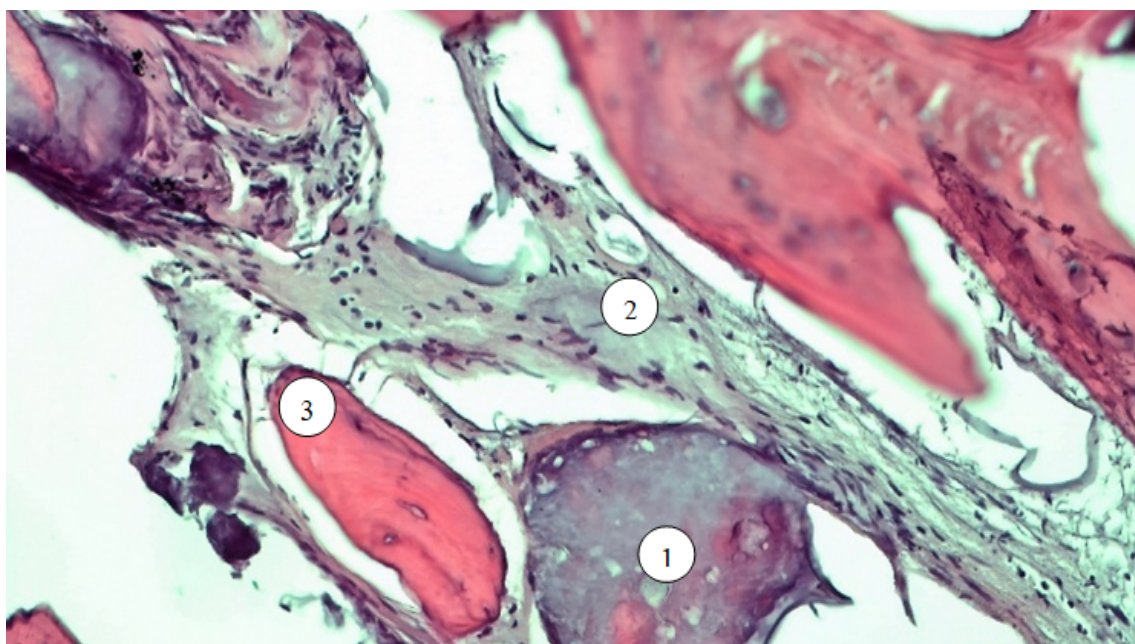


Рисунок 7. Остеоид с остеопластическим материалом и костными пластинками (1), рыхлая волокнистая соединительная ткань (2), зрелая костная ткань (3) во II группе. Окраска Г+Э, ув. х200

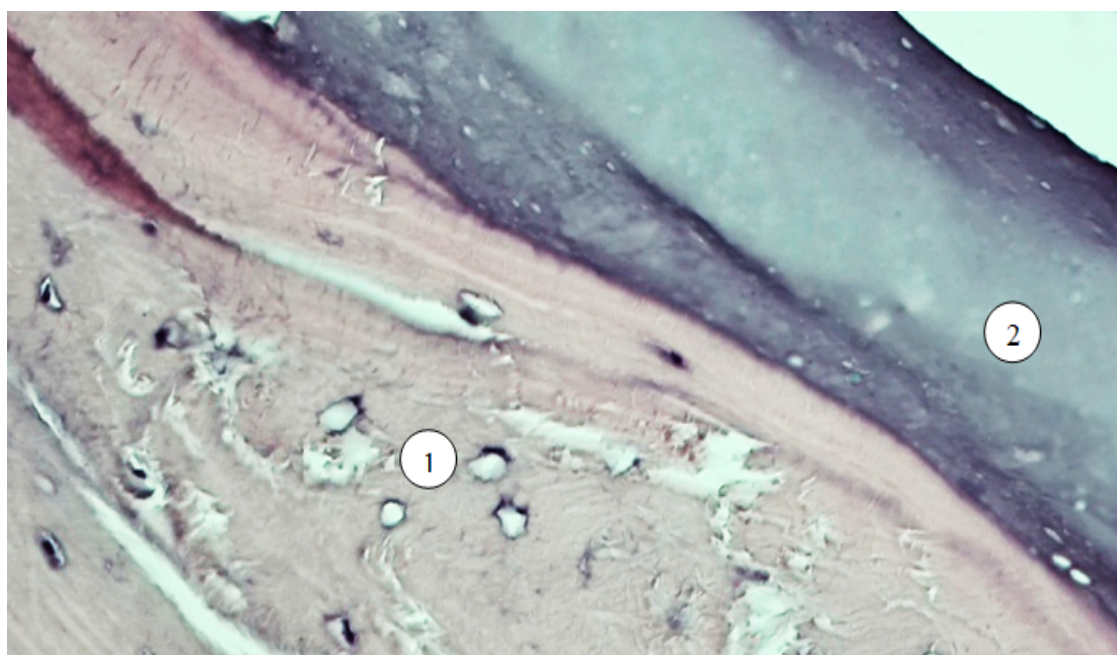


Рисунок 8. Новообразованная костная ткань (1) в контакте с остеопластическим материалом (2) во II группе. Окраска Г+Э, ув. х400

материала, отражаемый величиной относительной площади контакта кости с имплантированным материалом ( $\text{MatBS/BS} = 65,40\%$ ), демонстрирует хорошую степень его приживления и функционального взаимодействия с регенератом. У пациентов этой группы также происходит прямой остеогенез.

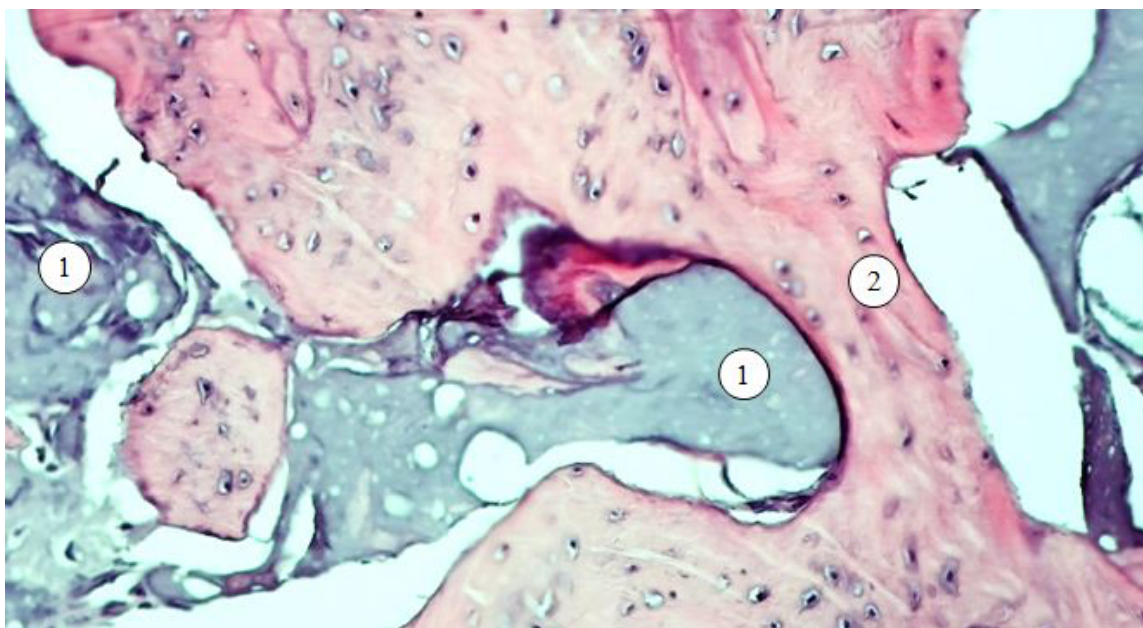


Рисунок 9. Остеоид с костными пластинками и остеопластическим материалом (1), зрелая костная ткань (2) во II группе. Окраска Г+Э, ув. х400

### 3.1.3. Результаты исследования группы III

В группе III применялась сбалансированная композиция аутокостной стружки и ксеногенного материала «Cerabon» в соотношении 50% / 50%. Данный протокол представляет значительный научный и практический интерес, поскольку теоретически позволяет максимально реализовать преимущества обоих типов материалов: мощный остеоиндуктивный и остеогенный импульс аутоматериала и стабильный остеокондуктивный каркас ксенотрансплантата. Оценка результатов проводилась на основе анализа динамики рентгенологической плотности новообразованной костной ткани.

Представленные в таблице 9 данные денситометрического контроля отражают процесс регенерации при равном соотношении компонентов. Исходно более низкие показатели плотности по сравнению с группами, где преобладал ксеноматериал, закономерны и обусловлены большим объемом рентгенопрозрачной аутокости. Последующая динамика прироста плотности является ключевым индикатором, позволяющим судить об активности и ка-

честве костеобразования, а также о долговременной стабильности сформированного костного объема при использовании комбинированного подхода.

Таблица 9. Сравнительная динамика плотности костного регенерата (у.е.) у группы III по данным КЛКТ в отдаленные сроки наблюдения.

| % соотношение ауто/ ксенопластический материал                                                        | КЛКТ сразу                                                                | КЛКТ через 6 месяцев                                                      | КЛКТ через 12 месяцев                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Аутокостная стружка 50% / ксенопластический материал («Cera-bon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 50% | Среднее: 691±0,1 у.е.<br>Минимум: 281±0,1 у.е.<br>Максимум: 1032±0,1 у.е. | Среднее: 898±0,1 у.е.<br>Минимум: 480±0,2 у.е.<br>Максимум: 1187±0,4 у.е. | Среднее: 926±0,6 у.е.<br>Минимум: 442±0,1 у.е.<br>Максимум: 1234±0,2 у.е. |

Данная группа, где было применено равное соотношение материалов, продемонстрировала наиболее благоприятную и физиологичную динамику. Исходная плотность (691 у.е.) была существенно ниже, чем в группах с преобладанием ксеногенного компонента, что закономерно, так как аутогенная костная стружка обладает меньшей первоначальной рентгеноплотностью. Однако именно в этой группе зафиксирован наиболее выраженный и стабильный прирост плотности в процессе ремоделирования: до 898 у.е. через 6 месяцев и до 926 у.е. через 12 месяцев. Данная динамика является прямым свидетельством активного синергического эффекта. Аутогенная кость обеспечила мощный остеогенный и остеоиндуктивный импульс для быстрого формирования новой кости, в то время как ксеногенный компонент, резорбируясь медленнее, чем в группе I, создавал оптимальные условия для направленного и стабильного остеогенеза, предотвращая коллапс.

Наиболее полная картина регенерации была получена при гистологическом анализе трепанобиоптатов III группы через 180 дней после операции.

В III группе определялись участки ткани хорошо выраженной губчатой кости, обладающей зрелой структурой. Межбалочные пространства преимущественно заполнены рыхлой соединительной тканью с очагами липоцитов,

с сосудами капиллярного типа, единичными лимфоцитами и макрофагами; в отдельных костно-мозговых промежутках видны прослойки неоформленной грубоволокнистой соединительной ткани. На поверхности формирующихся трабекул отмечались отложения гомогенных эозинофильных масс, соответствующих остеоиду. Среди остеоида встречались островки костных пластинок. Очаги зрелых новообразованных костных трабекул, в костно-мозговых пространствах которых определялось значительное количество остеопластического материала. В незрелой костной ткани была выражена остеобластическая активность.

Морфометрическая оценка состава костного регенерата выявила наиболее выраженный результат среди исследуемых групп (Таблица 10).

Таблица 10. Морфометрическая характеристика поверхности костного регенерата, оценка клеточного состава и относительных объемных долей основных компонентов костного регенерата через 180 дней после операции синус-лифтинг у пациентов III группы.

| Показатель         | Значение     |
|--------------------|--------------|
| N.ob               | 35,00        |
| N.Mf               | 14,00        |
| N.Mat.ob           | 23,00        |
| BV (%)             | <b>34,50</b> |
| FbV (%)            | 12,10        |
| MatV (%)           | 19,75        |
| Ob.S               | 2,10         |
| Mat.Ob.S/Mat.S (%) | 1,40         |
| MatBS/BS (%)       | 70,20        |

Удельный объем новообразованной костной ткани (BV) достиг 34,50%, что свидетельствует о высокой эффективности остеогенеза, индуцированного

остеопластическим материалом. Полученные данные демонстрируют стабильно высокую активность остеобластов: общее их количество на поверхностях ( $N.ob = 35,00$ ) и удельная остеобластическая поверхность ( $Ob.S = 2,10$ ) находятся на повышенных значениях. Активное взаимодействие с трансплантационным материалом подтверждается значительным числом остеобластов, непосредственно локализованных на его поверхности ( $N.Mat.ob = 23,00$ ), а также тем, что 1,40% площади материала занято остеобластическим слоем ( $Mat.Ob.S/Mat.S$ ). Эти количественные характеристики указывают на интенсивный и устойчивый процесс интеграции костнопластического материала «CeraBon» с аутокостной стружкой (в соотношении 50%/50%).



Рисунок 10. Остеоид с костными пластинками и остеопластическим материалом (1), новообразованная костная ткань (2), рыхлая соединительная ткань с остеопластическим материалом (3) в III группе. Окраска Г+Э, ув. х400

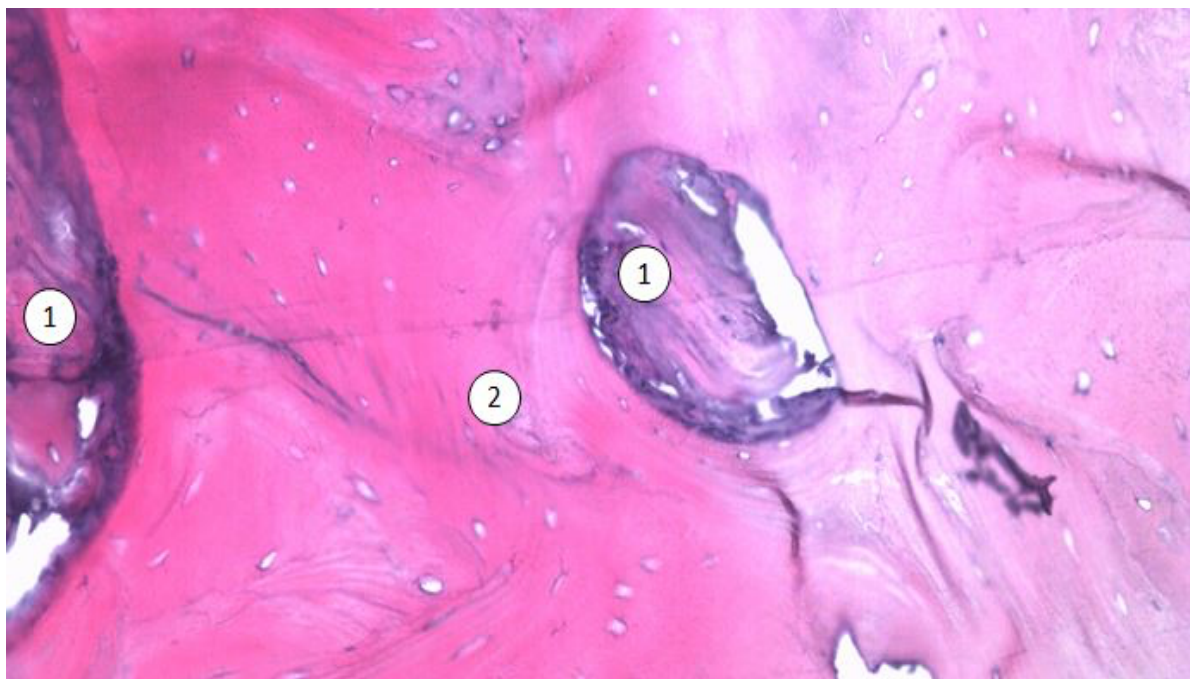


Рисунок 11. Костные пластинки с остеοидом (1), формирующаяся костная ткань (2) в III группе. Окраска Г+Э, ув. х400

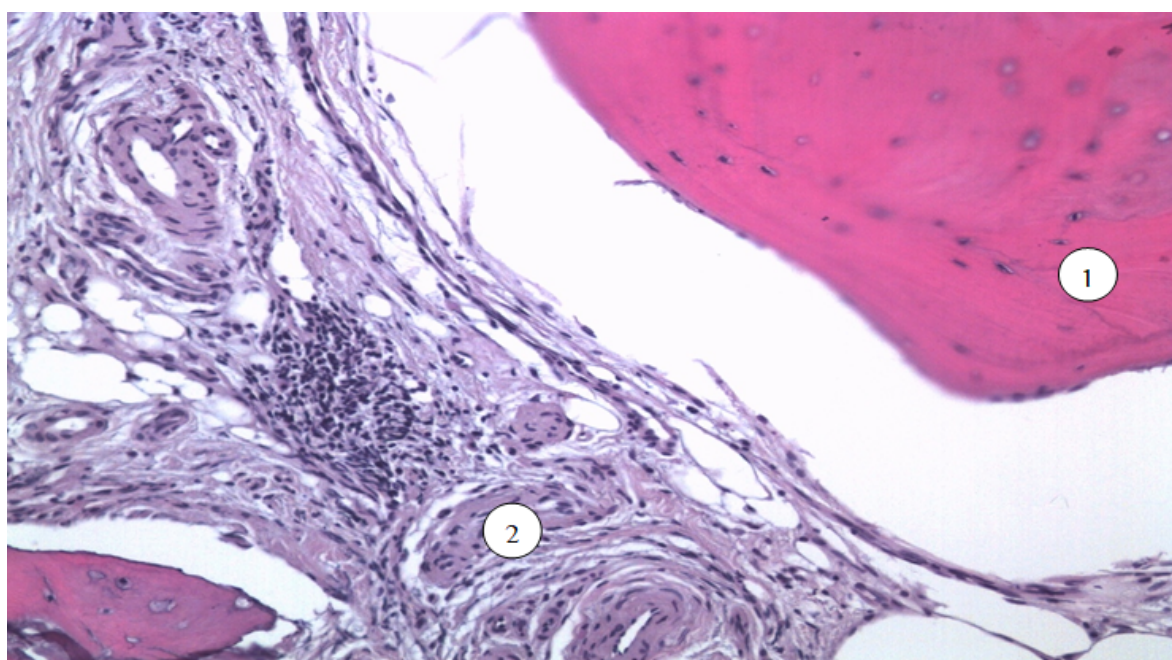


Рисунок 12. Новообразованная костная ткань (1), ретикулярная строма (2) в III группе. Окраска Г+Э, ув. х200

Присутствие в межтрабекулярных пространствах умеренного количества макрофагов ( $N.Mf = 14,00$ ) в контексте высокой остеогенной активности можно определить как признак продолжающегося ремоделирования костного регенерата, при котором фаза активного синтеза костной ткани еще не сменилась фазой стабилизации. Показатель интегративной способности матери-

ала, определяемый как относительная площадь контакта кости с его поверхностью ( $MatBS/BS = 70,20\%$ ), достиг максимального среди групп уровня, что свидетельствует об отличной остеокондуктивности и его эффективном структурном включении в формирующуюся костную ткань, что создает оптимальные условия для последующей функциональной нагрузки.

В группе пациентов, где для аугментации дна верхнечелюстного синуса применялась композиция аутокостного материала и ксеногенного костно-пластического материала в соотношении 50% /50%, по данным контрольного рентгенологического исследования через 6 месяцев после операции была зафиксирована плотность костного регенерата, составившая 898 у.е. Это значение не только статистически значимо превышает исходные послеоперационные показатели данной группы (691 у.е.), но и выше итоговой плотности, достигнутой в группе I, где использовался только аутогенный костный материал ( $531,1 \pm 0,91$  у.е.).

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о синергическом эффекте, возникающем при комбинировании материалов с различными биологическими свойствами. Аутогенная кость обладает остеогенными, остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами. Она обеспечивает быстрое начало репаративного остеогенеза за счет наличия жизнеспособных остеогенных клеток (остеобластов) и костных морфогенетических белков (BMPs), стимулирующих дифференцировку мезенхимальных предшественников. В то же время, ксеногенный компонент, такой как депротеинизированная бычья кость (DBB, например, «Bio-Oss») или ксеногенный костно-пластический материал («Cerabon»), выполняет роль долговременного остеокондуктивного каркаса.

### **3.2. Результаты резонансно-частотного анализа**

Для объективной оценки костной пластики во всех группах проводился резонансно-частотный анализ (RFA) стабильности имплантатов с помощью прибора Osstell Mentor. Коэффициент стабильности имплантата (ISQ) изме-

рялся непосредственно после установки, через 6 и 12 месяцев. Это позволило отследить динамику перехода от первичной механической стабильности к вторичной биологической в зависимости от использованного костно-пластического материала.

В группе I применялся ксенопластический материал «Cerabon» (Botiss Biomaterials, Германия) в объеме 100%. В группе II использовалась комбинация, состоящая на 25% из аутокостной стружки и на 75% из ксенопластического материала «Cerabon». В группе III применялась композиция, состоящая на 50% из аутокостной стружки и на 50% из ксенопластического материала «Cerabon».

В результате проведенного исследования были установлены средние значения показателя ISQ в зависимости от состава костнопластического материала и сроков наблюдения. В группе I средний показатель стабильности имплантатов составил непосредственно после операции  $78,3 \pm 0,4$  у.е., через 6 месяцев –  $82,2 \pm 0,2$  у.е., через 12 месяцев –  $80,5 \pm 0,1$  у.е. (Таблица 11).

В группе II средний показатель стабильности имплантатов на момент операции был зафиксирован на уровне  $76,3 \pm 0,4$  у.е., через 6 месяцев он увеличился до  $82,2 \pm 0,2$  у.е., а через 12 месяцев составил  $85,5 \pm 0,3$  у.е. (Таблица 12).

В группе III динамика показателя ISQ имела отличный характер: среднее значение сразу после операции составило  $73,5 \pm 0,1$  у.е., через 6 месяцев было зарегистрировано увеличение до  $85,2 \pm 0,3$  у.е., а через 12 месяцев показатель достиг  $87,3 \pm 0,1$  у.е. (Таблица 13).

Таблица 11. Динамика коэффициента стабильности имплантата (ISQ) у пациентов группы I

| Группа I                     |          |          |                       |
|------------------------------|----------|----------|-----------------------|
| Этапы                        | min у.е. | max у.е. | Среднее значение у.е. |
| Сразу после операции         | 75       | 84       | $77,3 \pm 0,4$        |
| Через 6 мес. после операции  | 73       | 87       | $80,2 \pm 0,2$        |
| Через 12 мес. после операции | 81       | 89       | $83,5 \pm 0,2$        |

Анализ данных, представленных в таблице 11, позволяет детально охарактеризовать динамику стабильности имплантатов в группе I, где использовался 100% ксенопластический материал. Непосредственно после хирургического вмешательства показатель ISQ демонстрировал достаточно высокий уровень первичной стабильности, находясь в диапазоне от 75 до 85 условных единиц при среднем значении  $78,3 \pm 0,4$  у.е. Наблюдаемая положительная тенденция сохранялась к шестому месяцу наблюдения, о чем свидетельствует увеличение среднего значения до  $82,2 \pm 0,2$  у.е. при сужении минимального порога до 80 у.е. и расширении максимального до 90 у.е., что указывает на прогрессирующую консолидацию костного ложа и формирование вторичной стабильности. К двенадцатому месяцу средний показатель ISQ несколько снизился до  $80,5 \pm 0,1$  у.е., оставаясь, однако, в зоне высоких значений, при этом максимальный зафиксированный результат достиг 93 у.е. Полученная динамика отражает классический процесс остеоинтеграции с достижением высокой первичной стабильности, ее закономерным приростом в период активной перестройки кости и последующей стабилизацией на уровне, достаточном для долгосрочного функционирования имплантата.

Таблица 12. Динамика коэффициента стабильности имплантата (ISQ) у пациентов группы II

| Группа II                    |          |          |                       |
|------------------------------|----------|----------|-----------------------|
| Этапы                        | min у.е. | max у.е. | Среднее значение у.е. |
| Сразу после операции         | 75       | 85       | $76,3 \pm 0,4$        |
| Через 6 мес. после операции  | 76       | 90       | $82,2 \pm 0,2$        |
| Через 12 мес. после операции | 80       | 91       | $85,5 \pm 0,3$        |

Данные таблицы 12, отражающие результаты в группе II с применением комбинации 25% аутокостной стружки и 75% ксеноматериала, демонстрируют динамику показателей ISQ, схожую с группой I, однако с более высокими конечными значениями. Первичная стабильность, зарегистрирован-

ная сразу после операции, составила  $76,3 \pm 0,4$  у.е. при разбросе значений от 75 до 85 у.е. Последующее наблюдение выявило устойчивый положительный тренд: к шести месяцам среднее значение возросло до  $82,2 \pm 0,2$  у.е. (min=76, max=90), а к двенадцати месяцам достигло  $85,5 \pm 0,3$  у.е. (min=80, max=91). Таким образом, несмотря на изначально близкие показатели первичной стабильности в обеих группах, к концу года наблюдения в группе II отмечено более высокое среднее значение ISQ. Эта количественная разница в динамике, особенно выраженная к 12-му месяцу, требует дополнительного анализа для оценки статистической значимости и потенциального влияния добавления аутокости на долгосрочную стабильность имплантата. Полученные результаты указывают на то, что оба протокола костной пластики обеспечивают хорошую остеоинтеграцию, однако в группе II наблюдается тенденция к большему приросту вторичной стабильности в отдаленном периоде.

Таблица 13. Динамика коэффициента стабильности имплантата (ISQ) у пациентов группы III

| Группа III                   |          |          |                       |
|------------------------------|----------|----------|-----------------------|
| Этапы                        | min у.е. | max у.е. | Среднее значение у.е. |
| сразу после операции         | 64       | 81       | $73,5 \pm 0,1$        |
| через 6 мес. после операции  | 78       | 89       | $85,2 \pm 0,3$        |
| через 12 мес. после операции | 82       | 93       | $87,3 \pm 0,1$        |

Динамика стабильности имплантатов в группе III, где применялась комбинация 50% аутокостной стружки и 50% ксенопластического материала, представленная в таблице 13, имеет принципиальные отличия от предыдущих групп. Непосредственно после операции средний показатель ISQ составил  $73,5 \pm 0,1$  у.е., что достоверно ниже аналогичных значений в группах I и II. Минимальное значение в 69 у.е. также указывает на более низкий уровень первичной стабильности в данной группе. Однако в последующие сроки наблюдения отмечается выраженный положительный прирост стабильности.

Через 6 месяцев среднее значение ISQ достигло  $85,2 \pm 0,3$  у.е., что превысило показатели в других группах на этом этапе. К двенадцатому месяцу наблюдения тренд продолжился, и средний показатель стабильности достиг максимального значения в  $87,3 \pm 0,1$  у.е., при этом разброс значений сместился в зону более высоких показателей ( $\min=82$ ,  $\max=95$ ). Данная динамика свидетельствует об интенсивном и, вероятно, более эффективном процессе костного ремоделирования и остеоинтеграции при использовании равного соотношения аутогенной и ксеногенной кости, который, несмотря на изначально более низкую первичную стабильность, приводит к наивысшим показателям вторичной стабильности в отдаленном периоде.

Проведенный сравнительный анализ динамики коэффициента стабильности имплантата (ISQ) в двух исследованных группах позволяет выявить как общие тенденции, так и некоторые различия в характере остеоинтеграции в зависимости от состава примененного костнопластического материала. Группы I и II, где использовались, соответственно, 100% ксенопластический материал и его комбинация с 25% аутокостной стружки, продемонстрировали сходную положительную динамику роста стабильности в течение первого полугодия. Однако к 12-му месяцу наблюдения выявлено различие: в группе I среднее значение ISQ составило  $83,5 \pm 0,2$  у.е., в то время как в группе II этот показатель достиг  $85,5 \pm 0,3$  у.е. Хотя исходные показатели первичной стабильности были близки, более высокое конечное среднее значение в группе II позволяет предположить, что добавление аутокости может оказывать положительное влияние на долгосрочный процесс консолидации и формирования вторичной стабильности. Для подтверждения клинической значимости этой разницы и окончательных выводов о функциональной эквивалентности или преимуществе протоколов необходим дополнительный статистический анализ.

В отличие от них, группа III, где применялась композиция с равным соотношением аутокостной стружки и ксенопластического материала (50/50), показала принципиально иную динамику. Ключевым отличием является до-

стоверно более низкий показатель первичной стабильности, составивший  $73,5 \pm 0,1$  у.е. непосредственно после операции, что может быть обусловлено изначально менее плотной структурой костного ложа, сформированного с преобладанием аутогенного материала, который в ранние сроки не обеспечивает такой же механической опоры, как плотный ксеногенный блок. Однако в последующие сроки наблюдения в данной группе регистрируется наиболее выраженный и устойчивый положительный прирост стабильности. Уже через 6 месяцев среднее значение ISQ в группе III не только сравнивалось с показателями других групп, но и превысило их, достигнув  $85,2 \pm 0,3$  у.е., а к 12 месяцам значимо возросло до  $87,3 \pm 0,1$  у.е., что является максимальным результатом среди всех исследуемых когорт.

Таблица 14. Динамика средних значений коэффициента стабильности имплантата (ISQ, у.е.) в сравниваемых группах на различных этапах наблюдения

| Этапы                        | Группа I       | Группа II      | Группа III     |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| сразу после операции         | $78,3 \pm 0,4$ | $76,3 \pm 0,4$ | $73,5 \pm 0,1$ |
| через 6 мес. после операции  | $82,2 \pm 0,2$ | $82,2 \pm 0,2$ | $85,2 \pm 0,3$ |
| через 12 мес. после операции | $80,5 \pm 0,1$ | $85,5 \pm 0,3$ | $87,3 \pm 0,1$ |

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно констатировать, что применение комбинации аутогенной и ксеногенной кости в соотношении 50/50, несмотря на статистически значимо более низкие показатели первичной стабильности, результат выражается в наиболее активном и продолжительном процессе костеобразования (Таблица 14). Данный процесс закономерно приводит к формированию наивысших показателей вторичной стабильности в отдаленном послеоперационном периоде. Патогенетической основой выявленного феномена служат выраженные остеоиндуктивные и остеогенные свойства аутогенной кости, которые реализуются в полном объеме исключительно при ее достаточной доле в композиции, обеспечивая тем самым более интенсивное и качественное ремоделирование

костной ткани в периимплантационной зоне, достигающее своей оптимальной эффективности к 12 месяцам после выполненного хирургического вмешательства. Полученные объективные данные убедительно свидетельствуют о том, что критерий первичной стабильности не может и не должен рассматриваться в качестве единственно значимого прогноза долгосрочного клинического успеха. Протоколы, демонстрирующие изначально менее высокие значения имплантационной стабильности, но при этом обеспечивающие мощный и долговременный биологический ответ целевой ткани, в стратегической перспективе способны приводить к превосходным функциональным результатам. Следовательно, обоснованный выбор костнопластического материала должен осуществляться через комплексную оценку, учитывающую стратегическую цель создания оптимальных биологических условий для формирования полноценной костной структуры, гарантирующей долговечность остеоинтеграции в многолетней перспективе.

### 3.3. Результаты дентальной имплантации после выполнения операции синус-лифтинга

#### 3.3.1. Результаты дентальной имплантации

##### после выполнения операции синус-лифтинга у I группы пациентов

В I группе пациентов было установлено 51 дентальный имплантат, из которых два имплантата были удалены перед ортопедическим этапом лечения из-за отсутствия остеоинтеграции, связанной с периимплантитом. Таким образом, выживаемость дентальных имплантатов за первый год составила 96,1%.

Данные компьютерной томографии (КЛКТ) позволили проанализировать изменения высоты альвеолярной кости челюсти в области дентальных имплантатов, как показано в таблице 12. Согласно таблице 12 и рисунку 15, через 6 месяцев после дентальной имплантации у пациентов I группы выявлены в основном начальные и умеренные признаки вертикальной резорбции альвеолярной кости челюсти вокруг шейки имплантата. В четырех случаях отмечена выраженная резорбция, а в одном случае — резко выраженная.

Таблица 15. Изменение высоты резорбции альвеолярной кости челюстей вокруг дентальных имплантатов у пациентов I группы (m - общее количество имплантатов; m=49).

| Степень резорбции<br>альвеолярной кости (мм) |                  | Период наблюдения |       |            |       |
|----------------------------------------------|------------------|-------------------|-------|------------|-------|
|                                              |                  | 6 месяцев         |       | 12 месяцев |       |
| Выраженность признака                        | мм               | Абс.              | %     | Абс.       | %     |
| Отсутствует                                  | 0 мм             | 3                 | 6,1%  | 0          | 0,0%  |
| Начальные признаки                           | менее 0,5 мм     | 16                | 32,6% | 11         | 22,4% |
| Умеренно выраженная                          | от 0,6 до 1,0 мм | 25                | 51,1% | 31         | 63,3% |
| Выраженная                                   | от 1,1 до 1,5 мм | 4                 | 8,1%  | 5          | 10,1% |
| Резко выраженная                             | более 1,6 мм     | 1                 | 2,1%  | 2          | 4,2%  |
| ВСЕГО:                                       |                  | 49                | 100%  | 49         | 100%  |

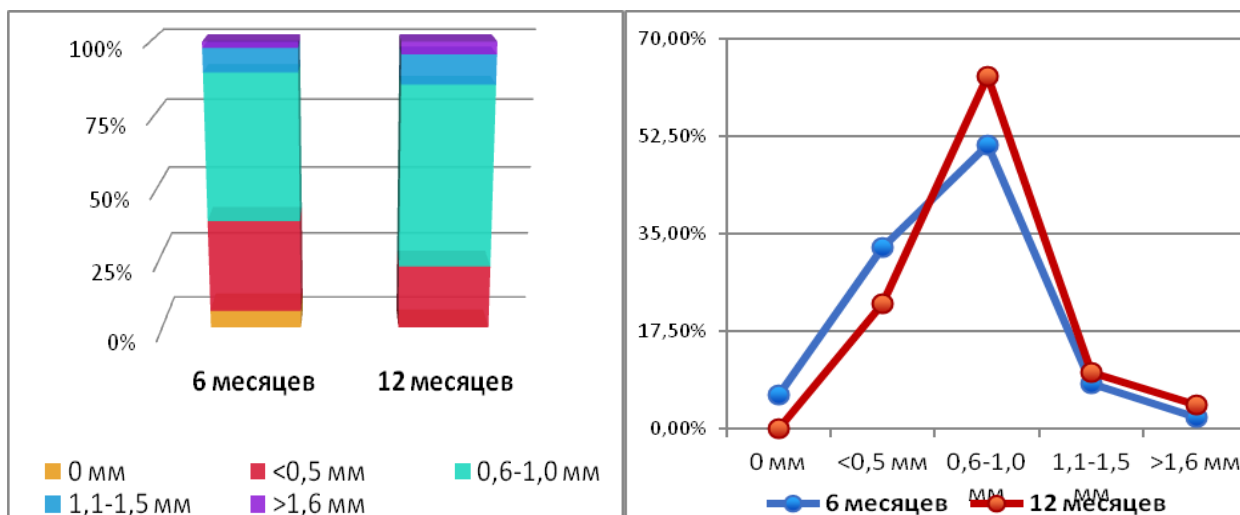


Рисунок 13. Динамика резорбции альвеолярной кости челюстей по высоте в области дентальных имплантатов у пациентов группы I (m-количество имплантатов; m=49).

К 12 месяцам после дентальной имплантации наиболее распространённой формой была умеренно выраженная вертикальная резорбция альвеолярной кости челюстей вокруг шейки имплантата, наблюдаемая у 31 пациента (63,3%). В итоге три степени резорбции (начальная, умеренно выраженная и выраженная) составили 95,8% всех наблюдений, при этом медиана находилась на уровне умеренно выраженной резорбции. Лишь в двух случаях (4,2%) была зафиксирована резко выраженная резорбция.

### 3.3.2. Результаты выполнения дентальной имплантации после операции синус-лифтинга у II группы пациентов

Пациентам второй группы, которым была выполнена аугментация комбинацией материалов (25% аутокость / 75% ксеноматериал), дентальные имплантаты были установлены через 6 месяцев после операции синус-лифтинга. Последующее наблюдение было направлено на оценку отдаленных результатов имплантологического лечения, включая успешность остеоинтеграции и сохранность костной ткани в периимплантатной зоне. Рентгенологический анализ позволил объективно количественно оценить вертикальные изменения уровня альвеолярной кости.

Динамика резорбции костной ткани вокруг имплантатов в данной группе, представленная в таблице 13 и на рисунке 16, демонстрирует распределе-

ние случаев по степени выраженности данного признака в различные сроки наблюдения. Сравнительный анализ этих показателей с результатами других групп дает возможность оценить влияние композиции трансплантата с 25% содержанием аутокости не только на этапе костной пластики, но и на последующей стадии функциональной нагрузки имплантационной конструкции.

Согласно данным, представленным в таблице 13 и рисунке 16, через 6 месяцев после дентальной имплантации у пациентов второй группы отсутствие вертикальной резорбции альвеолярной кости вокруг шейки дентальных имплантатов наблюдалось в 3,8% случаев. Начальные признаки вертикальной резорбции были отмечены в 31,3% случаев, а умеренно выраженная резорбция составила 55,4%. Выраженная резорбция наблюдалась в 7,6% случаев, и резко выраженная - только вокруг одного дентального имплантата (1,9%).

Таблица 16. Изменения в уровне резорбции альвеолярной костной ткани в области имплантатов у пациентов II группы (m — количество имплантатов; m = 54).

| Степень резорбции<br>альвеолярной кости (мм) |                  | Период наблюдения |       |            |       |
|----------------------------------------------|------------------|-------------------|-------|------------|-------|
|                                              |                  | 6 месяцев         |       | 12 месяцев |       |
| Выраженность признака                        | мм               | Абс.              | %     | Абс.       | %     |
| Отсутствует                                  | 0 мм             | 2                 | 3,8%  | 1          | 1,9%  |
| Начальные признаки                           | менее 0,5 мм     | 17                | 31,3% | 11         | 20,3% |
| Умеренно выраженная                          | от 0,6 до 1,0 мм | 30                | 55,4% | 35         | 64,8% |
| Выраженная                                   | от 1,1 до 1,5 мм | 4                 | 7,6%  | 5          | 9,2%  |
| Резко выраженная                             | более 1,6 мм     | 1                 | 1,9%  | 2          | 3,8%  |
| ВСЕГО:                                       |                  | 54                | 100%  | 54         | 100%  |

Через год после дентальной имплантации у пациентов второй группы отсутствие резорбции, а также начальная и умеренно выраженная вертикальная резорбция альвеолярной кости были отмечены в 87% случаев. Выраженная и резко выраженная резорбция, оставаясь в пределах допустимых значений, составили в общей сложности 13%.

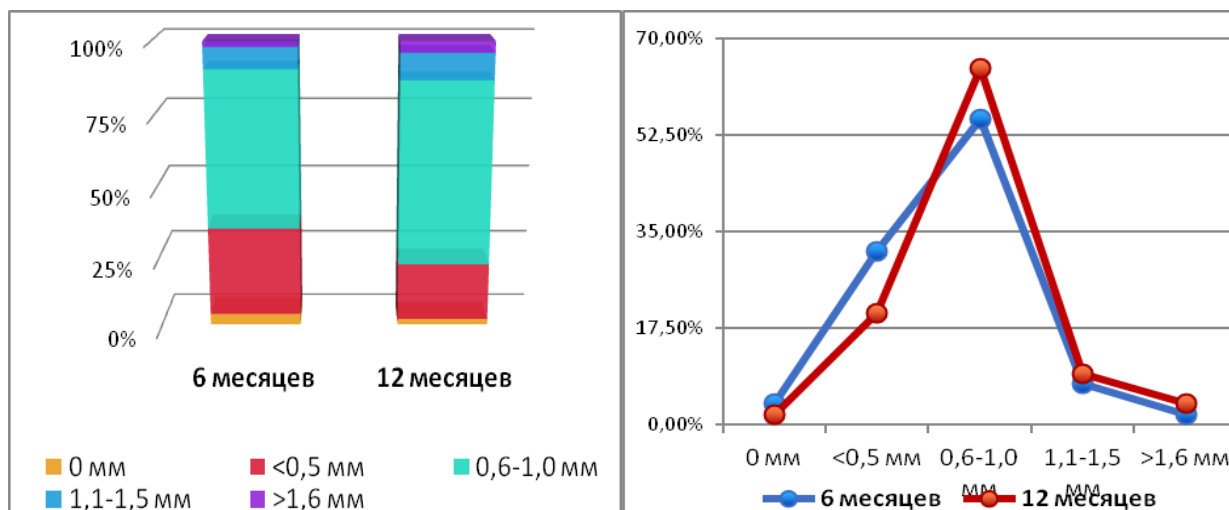


Рисунок 14. Изменения в высоте резорбции альвеолярной кости челюстей в области ден- тальных имплантатов у пациентов второй группы ( $m$  — количество имплантатов;  $m = 54$ ).

### 3.3.3. Результаты дентальной имплантации после выполнения операции синус-лифтинга у III группы пациентов

В третьей группе, где применялась композиция аутокости и ксенома- териала в равном соотношении, после периода заживления также была вы- полнена дентальная имплантация. Высокий процент успешной остеоинте- грации явился предварительным индикатором благоприятного качества сформированного костного ложа. Для детальной оценки отдаленных ре- зультатов проводился рентгенологический мониторинг, направленный на измерение степени вертикальной резорбции альвеолярной кости как одно- го из ключевых показателей долгосрочной стабильности имплантационно- го комплекса.

Данные, приведенные в таблице 14 и на рисунке 17, отображают из- менения высоты костной ткани вокруг имплантатов в сроки 6 и 12 месяцев после их установки. Анализ этих результатов в сопоставлении с данными других групп позволяет сделать выводы о влиянии сбалансированной ком- бинации костно-пластических материалов (50/50) не только на объем и плотность первичного костного регенерата, но и на его способность к ми- нимизации физиологической резорбции в условиях длительной функцио- нальной нагрузки.

Таблица 17. Изменение резорбции альвеолярной костной ткани по высоте в области имплантатов у пациентов группы III (m — количество имплантатов; m = 42).

| Степень резорбции альвеолярной костной ткани (мм) |                  | Период наблюдения |         |            |         |
|---------------------------------------------------|------------------|-------------------|---------|------------|---------|
|                                                   |                  | 6 месяцев         |         | 12 месяцев |         |
| Выраженность признака                             | мм               | Абс.              | %       | Абс.       | %       |
| Отсутствует                                       | 0 мм             | 3                 | (7,1%)  | 0          | (0,0%)  |
| Начальные признаки                                | менее 0,5 мм     | 18                | (42,9%) | 13         | (31,0%) |
| Умеренно выраженная                               | от 0,6 до 1,0 мм | 17                | (40,5%) | 24         | (57,1%) |
| Выраженная                                        | от 1,1 до 1,5 мм | 3                 | (7,1%)  | 4          | (9,5%)  |
| Резко выраженная                                  | более 1,6 мм     | 1                 | (2,4%)  | 1          | (2,4%)  |
| ВСЕГО:                                            |                  | 42                | (100%)  | 42         | (100%)  |

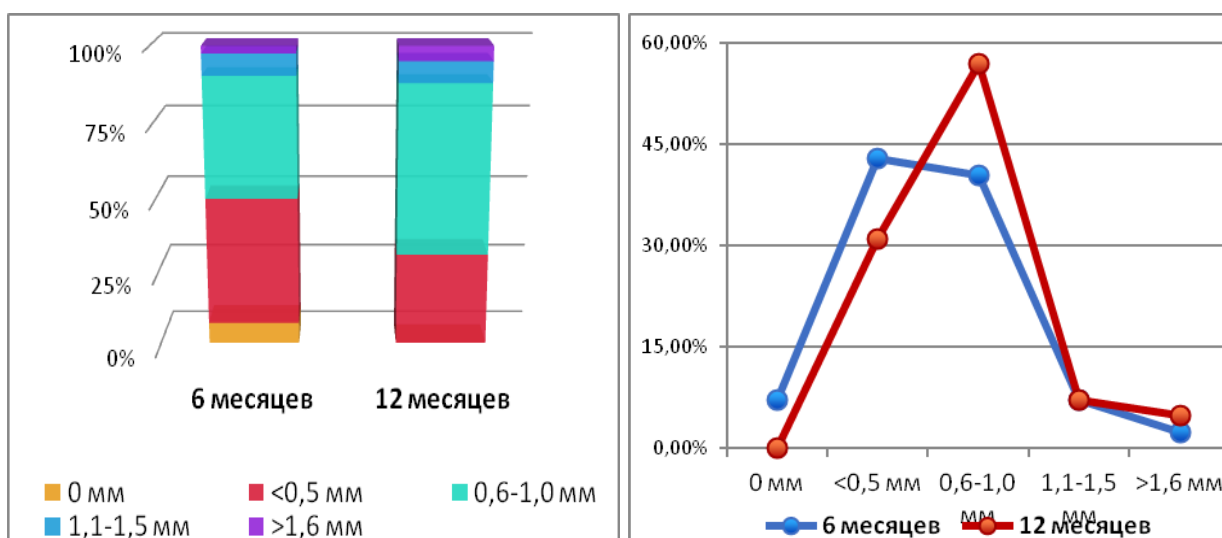


Рисунок 15. Динамика резорбции альвеолярной костной ткани по высоте в области имплантатов у пациентов III-й группы (m-количество имплантатов; m=42).

Анализ данных из таблицы 14 и рисунка 17 показал, что у пациентов первой группы через 6 месяцев после дентальной имплантации резорбция не наблюдалась в 7,1% случаев. Основная часть наблюдений (83,4%) демонстрировала начальную и умеренно выраженную вертикальную резорбцию альвеолярной кости вокруг шейки дентальных имплантатов. Выраженная резорбция составила 7,1%, а 2,4% случаев показали значительную резорбцию, превышающую норму. Через 12 месяцев степень выраженной и резко выра-

женной резорбции возросла до 11,9%, что связано с увеличением доли имплантатов с выраженной резорбцией. Использование актокостной стружки и ксеногенного материала при синуслифтинге продемонстрировало высокую эффективность по данным клинико-рентгенологических исследования.

Результаты исследования показали схожие тенденции во всех группах. Динамика резорбции вокруг дентальных имплантатов, основанная на данных компьютерной томографии через 6 и 12 месяцев после имплантации, показала, что в I и II группах в 90,5% случаев не наблюдалось резорбции, имели место начальные признаки или умеренно выраженная резорбция (преобладание умеренной). В III группе этот показатель составил 89,8%. Доля случаев с выраженной и резко выраженной резорбцией достигла 9,5% в I и II группах и 10,2% в III группе.

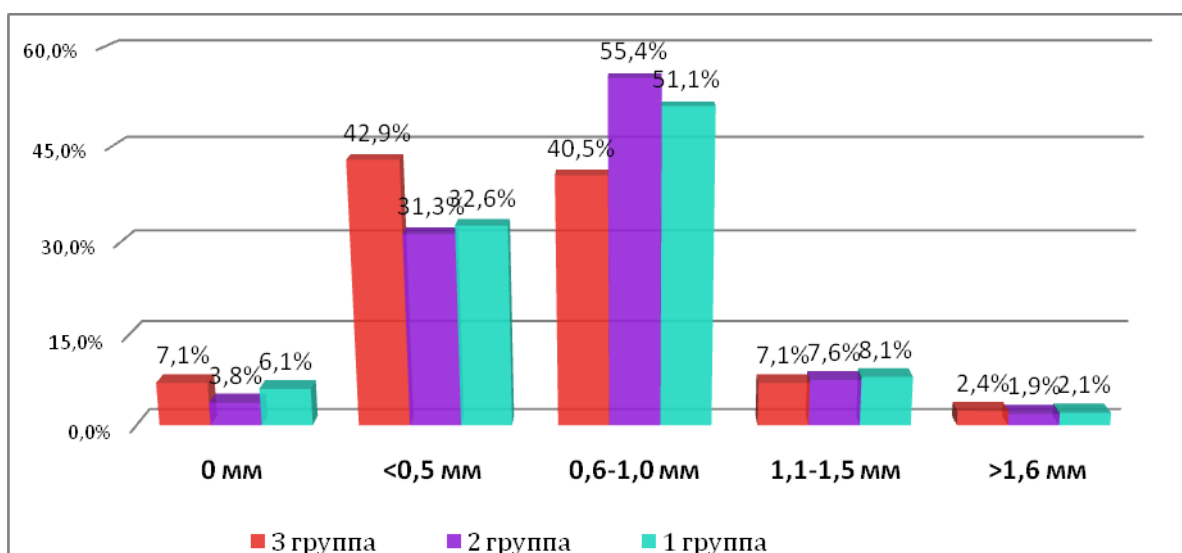


Рисунок 16. Степени выраженности резорбции альвеолярной кости челюстей по высоте в области дентальных имплантатов у пациентов I-й, II-й и III-й группы через 6 месяцев после дентальной имплантации.

Через 12 месяцев после дентальной имплантации у 88,1% пациентов I группы не наблюдалось резорбции, были зафиксированы начальные признаки или умеренно выраженная резорбция костной ткани. В II группе этот показатель составил 87%, а в III группе — 85,7%. Количество случаев с выраженной и резко выраженной резорбцией составило 11,9% в I группе, 13% во II группе и 14,3% в III группе.

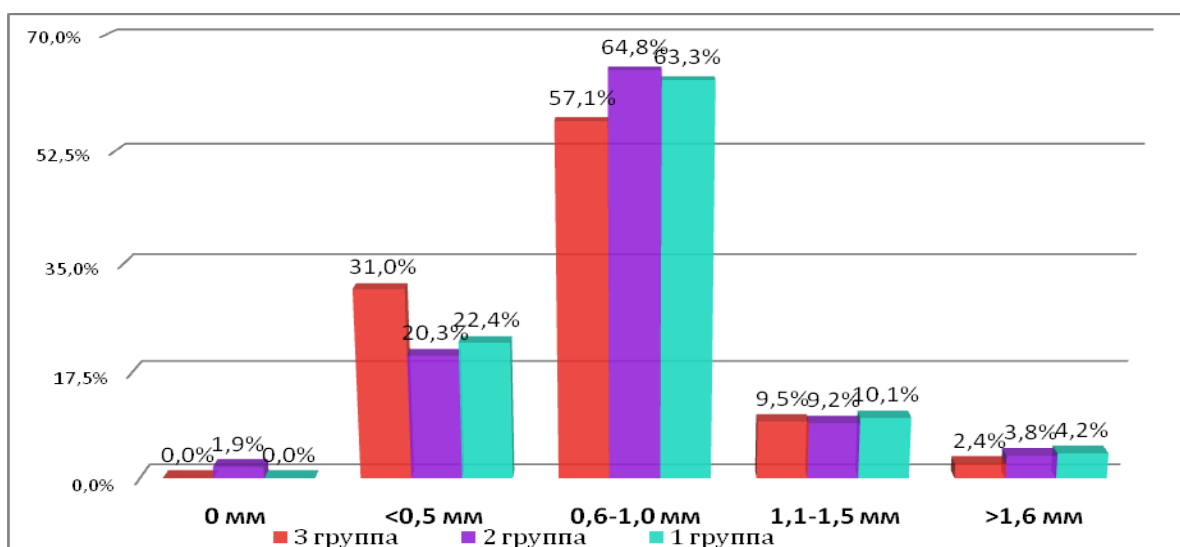


Рисунок 17. Степени выраженности резорбции альвеолярной кости по высоте в области дентальных имплантатов у пациентов I-й, II-й и III-й группы через 12 месяцев после дентальной имплантации.

Результаты исследования демонстрируют четкую зависимость характеристик костного регенерата и стабильности имплантатов от состава костно-пластического материала. Применение 100% ксеноматериала обеспечивает высокую начальную плотность, но с тенденцией к ее снижению через 12 месяцев (с 979 у.е. до 896 у.е.), что отражает его активную резорбцию. Композиция 25% аутокости/75% ксеноматериала показала выраженный прирост плотности к 6 месяцам (до 998 у.е.) с последующей стабилизацией. Наиболее эффективной оказалась комбинация 50/50, которая, несмотря на самую низкую исходную плотность (691 у.е.), продемонстрировала максимальный и устойчивый прирост к 12 месяцам (926 у.е.). Динамика ISQ подтвердила эти данные: группа 50/50 достигла наивысшей вторичной стабильности ( $87,3 \pm 0,1$  ISQ), превзойдя группы с преобладанием ксеноматериала. Таким образом, комбинированный подход, особенно при равном соотношении компонентов, обеспечивает оптимальные условия для формирования зрелого костного регенерата и успешной остеоинтеграции.

Отдельного анализа требует оценка взаимосвязи между выявленными рентгенологическими признаками резорбции костной ткани и биомеханическими показателями стабильности имплантатов. В настоящем исследовании

параметры вертикальной убыли альвеолярной кости (в мм) и коэффициента стабильности имплантата (ISQ, у.е.) оценивались параллельно в идентичные временные интервалы (6 и 12 месяцев), что создавало предпосылки для корреляционного анализа.

Статистическая обработка данных, направленная на установление парной корреляции между абсолютными значениями резорбции для каждого имплантата и соответствующими им показателями ISQ на сроках 6 и 12 месяцев, не выявила статистически значимой линейной зависимости ( $p > 0,05$ ) в рамках каждой из трёх исследуемых групп. Данный факт свидетельствует о том, что в наблюдаемом клиническом сценарии — при преимущественно физиологическом уровне резорбции (менее 1,5 мм у подавляющего большинства имплантатов) — механическая стабильность имплантационно-костного комплекса, регистрируемая методом RFA, является относительно автономным параметром.

Однако, интегральный сравнительный анализ средних групповых показателей позволяет выявить важную опосредованную закономерность. Группа III (композиция 50/50), продемонстрировавшая наименьшую частоту встречаемости случаев выраженной и резко выраженной резорбции (суммарно 11,9% к 12 месяцам) и максимальные значения средней плотности костного регенерата, одновременно достигла и наивысших показателей вторичной стабильности ( $87,3 \pm 0,1$  ISQ). В то время как в группах I и II, где доля имплантатов с выраженной резорбцией была выше (14,3% и 13,0% соответственно), а итоговая плотность регенерата — ниже, финальные значения ISQ также оказались статистически значимо меньшими ( $80,5 \pm 0,1$  у.е.).

Таким образом, хотя прямая корреляция «миллиметр резорбции – единица ISQ» не была установлена, полученные данные убедительно свидетельствуют о наличии косвенной, но клинически значимой взаимосвязи. Формирование костного регенерата с оптимальными структурно-денситометрическими характеристиками при использовании сбалансированной комбинации костно-пластических материалов (50% аутокость / 50% ксеноматериал) создает условия не только для

минимизации краевой костной убыли, но и для достижения максимально возможного уровня функциональной (вторичной) стабильности дентальных имплантатов в отдаленном постнагрузочном периоде, что подтверждает вывод о том, что качество кости, оцениваемое комплексно, является определяющим прогностическим фактором долговременной успешности остеоинтеграции.

В совокупности полученные данные подтверждают целесообразность применения комбинированных костнопластических материалов при выполнении синус-лифтинга. Использование аутогенной и ксеногенной кости в соотношении 50% / 50% создаёт оптимальные условия для направленного остеогенеза, формирования стабильного костного ложа и достижения высоких показателей вторичной стабильности имплантатов, что имеет принципиальное значение для долгосрочного успеха имплантологического лечения.

### **Клинические примеры**

#### **Клинический пример группа 1**

Пациент К., 70 лет, обратился в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России с основной жалобой на выраженные затруднения при пережевывании пищи, которые существенно ограничивали его качество жизни. Согласно собранному анамнезу, полная потеря зубов на обеих челюстях происходила постепенно, на протяжении длительного времени, вследствие множественного кариеса и его осложнений — хронических периодонтита, которые в силу различных причин не подлежали эндодонтическому лечению или восстановлению. Более пяти лет назад в другом лечебном учреждении пациенту были изготовлены полные съемные пластиночные протезы на верхнюю и нижнюю челюсти, однако, несмотря на первоначально удовлетворительную адаптацию, со временем возникли проблемы с их фиксацией. Пациент отмечал подвижность протезов во время речи и жевания, появление потертостей слизистой оболочки, а также невозможность употребления твердой пищи, что послужило непосредственным поводом для обращения в специализированный центр.

При объективном стоматологическом осмотре конфигурация лица была изменена соответственно возрасту пациента: определялись признаки изменений — западение губ и щек, сглаженность носогубных складок, а также отчетливое снижение высоты нижней трети лица (окклюзионная вертикаль), что свидетельствовало о потере окклюзионной высоты и прогрессирующей мышечной гипотонии. Открывание рта свободное, в пределах физиологической нормы, без болезненности или ограничений амплитуды, что исключало патологию височно-нижнечелюстных суставов на момент первичного обследования. При внутриротовом осмотре диагностирована полная вторичная адентия как на верхней, так и на нижней челюсти. Альвеолярные отростки обеих челюстей демонстрировали выраженную атрофию различной степени выраженности: верхняя челюсть характеризовалась уплощением альвеолярного гребня с преобладанием горизонтальной резорбции в переднем отделе, нижняя челюсть имела неравномерную атрофию с сохранением некоторой высоты в области премоляров и моляров, но значительной убылью во фронтальной зоне. Слизистая оболочка протезного ложа была бледно-розовой, тонкой, малоподвижной, без признаков активного воспаления, однако на отдельных участках визуализировались участки гиперемии, соответствующие краям действующих съемных протезов. Фиксация имеющихся протезов оценивалась как неудовлетворительная — они легко смещались при малейшей функциональной нагрузке, что указывало на отсутствие анатомических ретенционных пунктов и несоответствие базисов протезов изменившимся контурам челюстей.

Для объективной количественной оценки состояния костной ткани и планирования последующей ортопедической реабилитации пациенту выполнена конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстно-лицевой области с захватом обеих челюстей и верхнечелюстных пазух. Полученные мультипланарные реконструкции и панорамные сканы подтвердили клинические предположения о значительной горизонтальной и вертикальной атрофии альвеолярной части нижней челюсти и альвеолярного отростка верхней че-

люсти. Выраженность деструктивных изменений исключала возможность первичной установки дентальных имплантатов даже минимального диаметра без предварительного хирургического восстановления параметров кости (рисунк 18-19). Проведенные линейные измерения продемонстрировали высокую вариабельность исходных параметров: на верхней челюсти ширина альвеолярного отростка колебалась от 2,2 мм до 6,7 мм, высота — от 0,5 мм до 12,4 мм, при этом наиболее критический дефицит отмечался в боковых отделах и в области переднего участка верхней челюсти. На нижней челюсти ширина альвеолярной части варьировала от 6,7 мм до 11,7 мм, высота — от 9,4 мм до 14,3 мм, что указывало на относительно лучшую сохранность базальной кости, но также недостаточную для надежной остеоинтеграции имплантатов стандартных размеров. Денситометрическая оценка плотности костной ткани верхней челюсти до оперативного вмешательства, проведенная по стандартизированной методике с использованием шкалы Хаунсфилда, показала среднее значение  $467 \pm 0,2$  у.е., что соответствовало кости типа D3 по классификации Misch — средней плотности с преобладанием трабекулярного компонента над кортикальным.

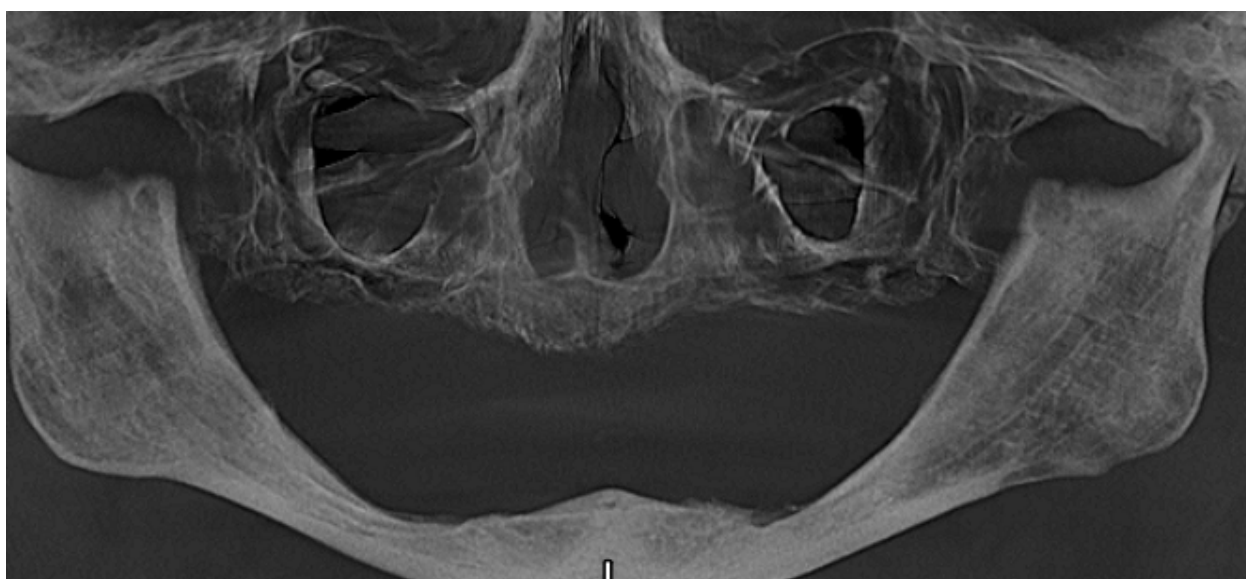


Рисунок 18. Панорамный скан КЛКТ пациента К. 70 лет до проведения хирургического вмешательства.

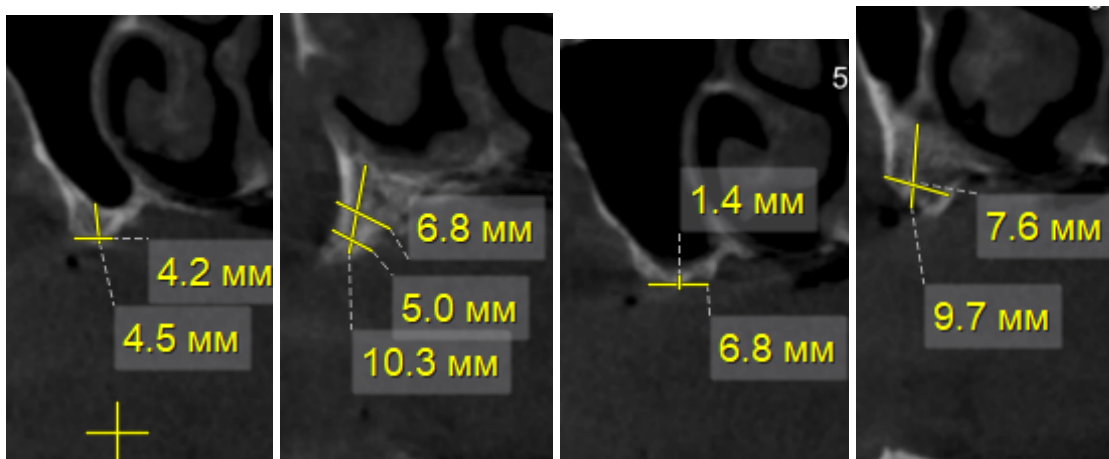


Рисунок 19. Пациент К. 70 лет. Серия КЛКТ. На рисунке изображены параметры костной ткани до проведения хирургического вмешательства. Исходные параметры альвеолярного отростка верхней челюсти варьировались: ширина от 2,2 мм до 6,7 мм, высота от 0,5 до 12,4 мм

На основе комплекса клинических, анамнестических, рентгенологических и денситометрических данных был установлен окончательный диагноз:

K08.1 — потеря зубов в результате несчастного случая, удаления или локализованного пародонтита (полная вторичная адентия верхней и нижней челюстей); K08.2 — атрофия альвеолярного отростка верхней челюсти (выраженная генерализованная горизонтальная и вертикальная резорбция). Учитывая преклонный возраст пациента, наличие сопутствующей соматической патологии (гипертоническая болезнь I степени, компенсированная на фоне гипотензивной терапии), а также высокую функциональную и эстетическую потребность в улучшении качества жизни. Лечебный план включал несколько последовательных этапов и был направлен на создание достаточного костного объема в зонах, наиболее критических для последующей имплантации, с учетом биомеханических требований к будущей ортопедической конструкции. План лечения был детально обсужден с пациентом, который дал письменное информированное согласие на все манипуляции.

Этапы лечения предусматривали:

1. Одномоментное выполнение открытого двустороннего синус-лифтинга на верхней челюсти с использованием остеопластического материала Cerabone и двух резорбируемых коллагеновых мембран Jason 20×30 мм, а

также операции направленной костной регенерации (НКР) в переднем отделе верхней челюсти для коррекции атрофии альвеолярной кости.

2. Установку дентальных имплантатов через 6 месяцев после первичной реконструкции, по завершении процессов регенеративных остеогенеза и стабилизации трансплантатов.
3. Установку формирователей десны через 6 месяцев после имплантации для создания адекватного контура мягких тканей и профилактики периимплантита.
4. Постоянное ортопедическое протезирование на дентальных имплантатах (с возможностью использования балочной или телескопической фиксации) через 2 недели после этапа формирования десневого контура.

Оперативное вмешательство проведено в условиях операционной с соблюдением стандартов асептики и антисептики. За 30 минут до начала выполнена премедикация, включавшая антибактериальное средство широкого спектра действия и бензодиазепиновый транквилизатор для снижения психоэмоционального напряжения и предотвращения интраоперационных гемодинамических колебаний. Местное обезболивание обеспечено инфильтрационной анестезией раствором Ultracaini DS Forte (4% артикаин с эпинефрином 1:100 000)

На верхней челюсти справа выполнен трапецевидный разрез слизистой оболочки в проекции от 1.5 до 2.5 с тщательным выделением и отслойкой слизисто-надкостничного лоскута. После полной скелетизации костной ткани специальными борами с алмазным покрытием сформировано латеральное костное окно в проекции корней 1.5–1.3, через которое осуществлено бережное отслоение слизистой оболочки дна верхнечелюстной пазухи (мембраны Шнайдера) с контролем целостности последней. Мембрана Jason 20×30 была фрагментирована на две части; один фрагмент уложен в сформированное субантральное пространство в качестве защитного слоя, затем введен остеопластический материал Cerabone в количестве 2,0 г, смешанный с аутологич-

ной плазмой, обогащенной тромбоцитами (PRP), для усиления остеоиндуктивного потенциала. Поверх композита уложен второй фрагмент мембраны Jason, который зафиксирован тремя резорбируемыми пинами к краям костного окна для предотвращения дислокации материала.

Аналогичная процедура выполнена на верхней челюсти слева в проекции зубов 2.5–2.3. После формирования костного окна и отслойки слизистой пазухи, в субантральное пространство введен костнопластический материал Cerabone в объеме 2,5 г с PRP, с последующим перекрытием вторым фрагментом мембраны Jason 20×30 и фиксацией четырьмя пинами. Дополнительно, для увеличения вертикальной высоты кости в переднем отделе верхней челюсти, проведено поднятие дна полости носа через аналогичный доступ с введением 0,5 г Cerabone.

На следующем этапе, в проекции зубов 1.1–1.3, выполнена операция направленной костной регенерации для устранения горизонтального дефицита, наиболее выраженного в этом участке. С использованием бора Lindemann проведена остеоперфорация кортикальной пластинки в области 2.3–1.3 для активации кровоснабжения и миграции остеогенных клеток из базального слоя. После этого уложен остеопластический материал Cerabone 1,5 г, сформован по контуру будущего альвеолярного гребня, поверх которого помещена мембрана Jason 20×30, зафиксированная двумя пинами. Слизисто-надкостничный лоскут на всех участках мобилизован путем поднадкостничного рассечения для обеспечения безнатяжного закрытия раны и ушит послойно рассасывающимися швами.

Интраоперационный контроль линейных параметров показал, что ширина костной ткани в зонах реконструкции достигла  $8,3 \pm 0,1$  мм, а высота в области верхнечелюстных пазух была увеличена до 18,1 мм, что свидетельствовало об адекватном замещении субантральных дефектов. В раннем послеоперационном периоде, учитывая необходимость сохранения функции жевания и социальной адаптации пациента, была выполнена перебазировка имеющегося съемного протеза на верхнюю челюсть с использованием мягкой эластичной

подкладки для разгрузки зон хирургического вмешательства и предотвращения давления на мембраны.

Через шесть месяцев после первичного этапа проведена контрольная КЛКТ для объективной оценки интеграции трансплантатов и динамики новообразования кости. При сравнении с дооперационными данными отмечена стабильность достигнутых размеров: ширина костной ткани сохранилась на уровне  $10,2 \pm 0,1$  мм, высота оставалась равной 16,8 мм, без признаков резорбции или кистозной трансформации. Наиболее важным параметром явилось значительное увеличение минеральной плотности костной ткани в области обеих верхнечелюстных пазух, которая составила 1051 у.е., что соответствует высокоплотной костной ткани типа D1–D2 по классификации Misch. Подобное повышение плотности указывает на активное ремоделирование и полноценную остеоинтеграцию трансплантата с формированием зрелой пластинчатой кости, пригодной для надежной первичной фиксации имплантатов.

Полученные результаты позволили перейти к запланированному второму хирургическому этапу — установке дентальных имплантатов в сформированный костный массив. Благодаря достигнутым параметрам ширины, высоты и плотности, стало возможным применение имплантатов стандартного диаметра (от 3,75 до 4,3 мм) и длины (от 10 до 13 мм) без дополнительных костно-пластических вмешательств (рисунок 20-21). Последующая ортопедическая реабилитация будет проводиться с использованием несъемных или условно-съемных конструкций на имплантатах, что обеспечит пациенту устойчивую окклюзионную поддержку, восстановление высоты нижней трети лица и нормализацию жевательной функции. Данный клинический пример демонстрирует эффективность комбинированного подхода к лечению пациента с полной вторичной адентией и выраженной атрофией костной ткани в пожилом возрасте. Применение двустороннего синус-лифтинга с использованием биосовместимых материалов в сочетании с направленной костной регенерацией позволяет достичь предсказуемых клинических исходов и создать мор-

фологические предпосылки для полноценной ортопедической реабилитации даже в условиях исходно крайне неблагоприятного костного рельефа. Пациенту была выполнена дентальная имплантация (рисунок 22) и последующее протезирование.

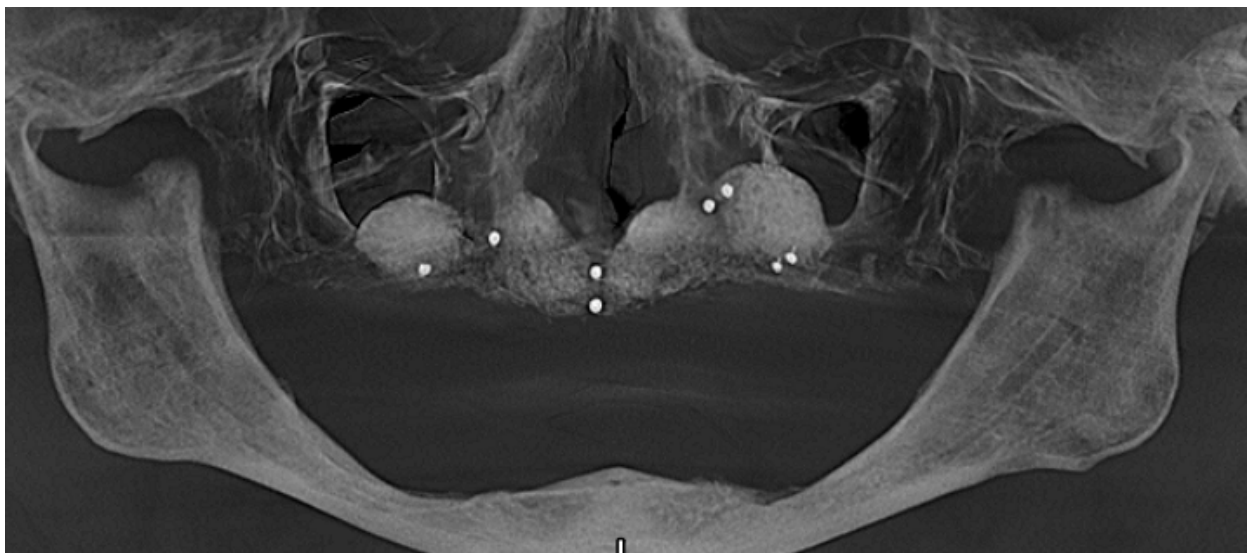
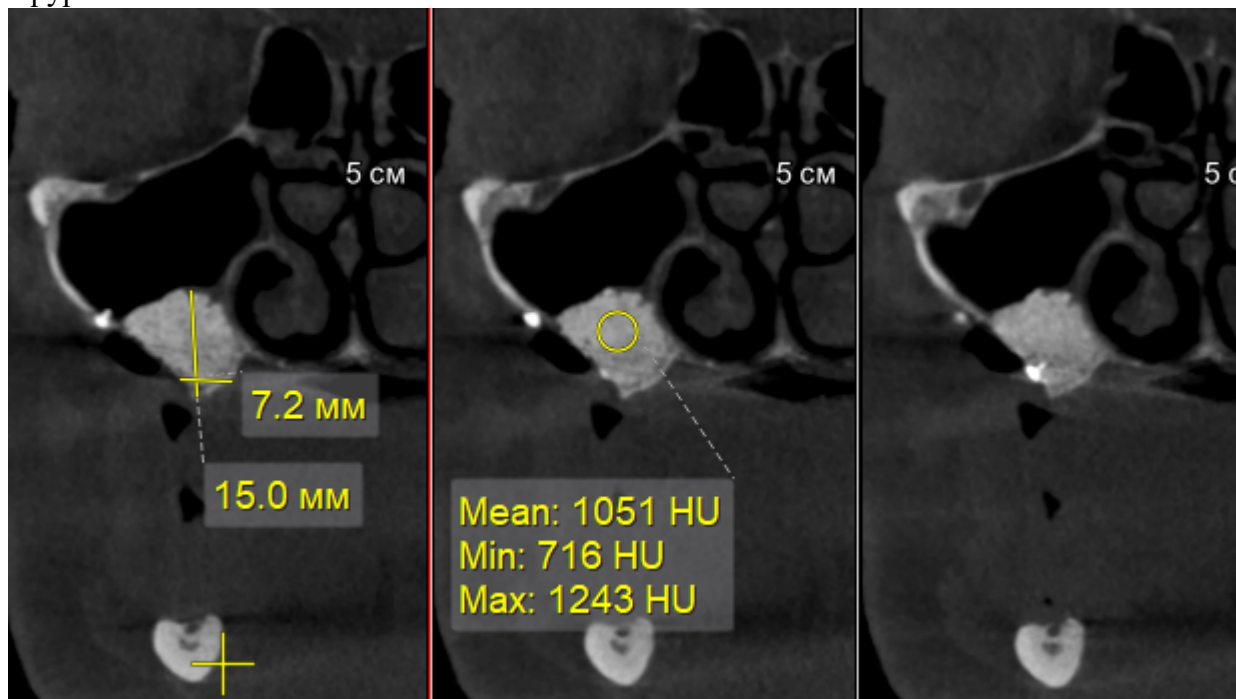


Рисунок 20. Панорамный скан КЛКТ пациента К. 70 лет через 6 месяцев после проведения хирургического вмешательства.



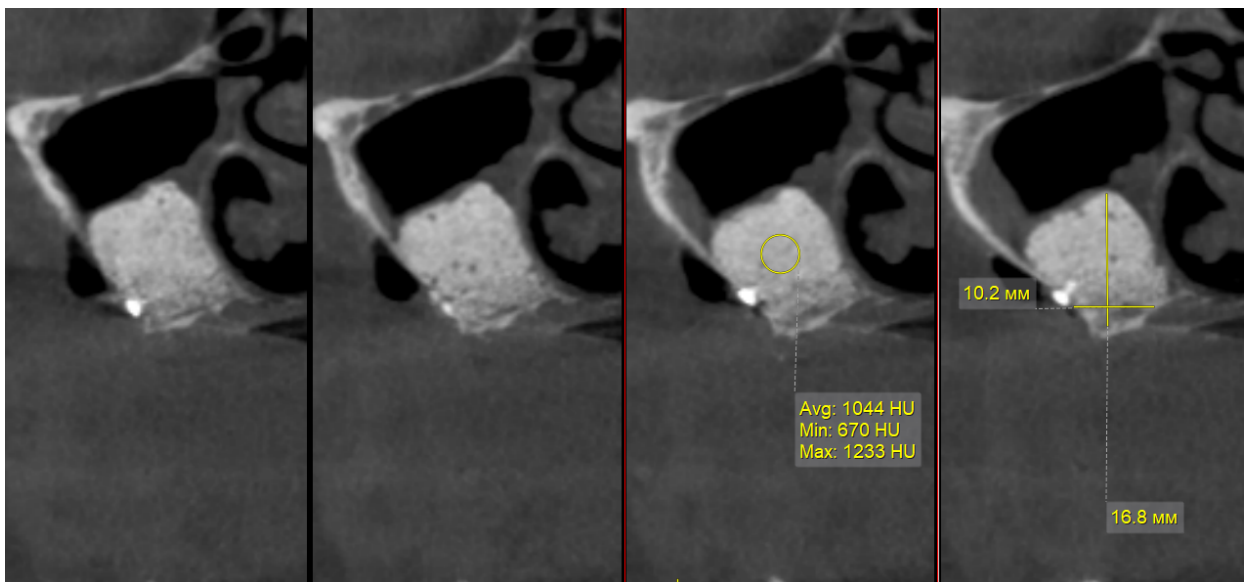


Рисунок 21 . Пациент К., 70 лет. Серия срезов КЛКТ пациента К. через 6 месяцев после выполнения синус-лифтинга, ширина костной ткани составила  $8.3 \pm 0.1$  мм, высота достигла 16.8 мм, плотность костной ткани в области верхнечелюстных пазух справа и слева составила 1044 у.е.

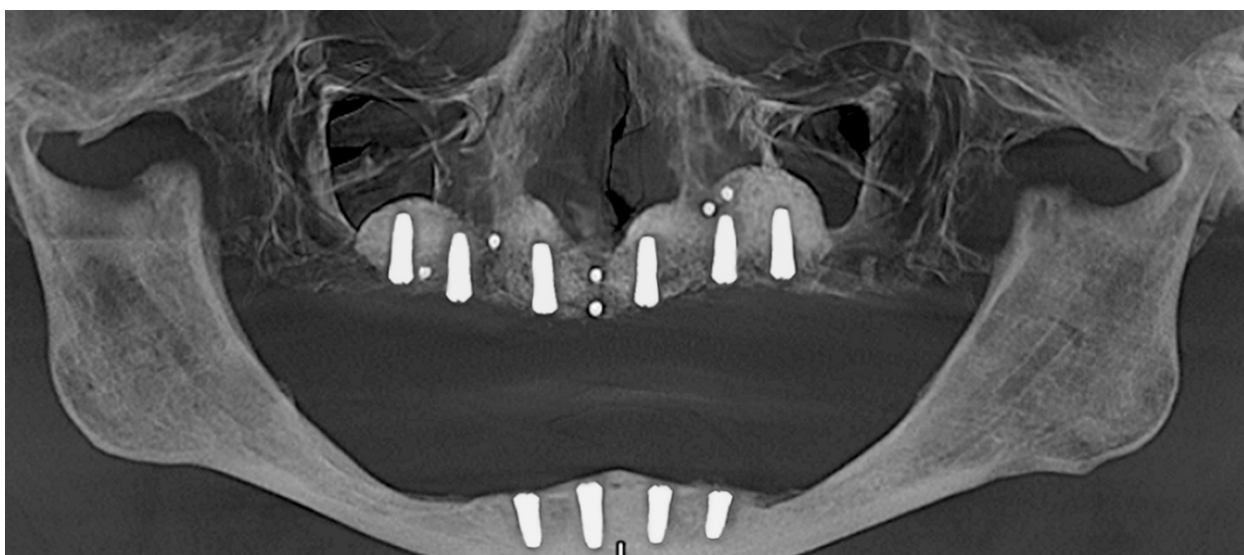


Рисунок 22. Панорамный скан КЛКТ пациента К. 70 лет через 6 месяцев после проведения дентальной имплантации.

#### Клинический пример: II группа пациентов

Пациентка Ш., 65 лет, обратилась в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России с жалобами на множественное частичное отсутствие зубов на обеих челюстях и связанное с этим значительное затруднение при пережевывании пищи. По данным анамнеза, удаление зубов происходило поэтапно на протяжении многих лет по причине осложненного кариеса (пульпиты, перио-

донтиты), когда сохранение зубов представлялось невозможным либо нецелесообразным ввиду обширной деструкции коронковой части и периапикальных тканей. Частичная потеря зубов привела к формированию множественных дефектов зубных рядов, нарушению окклюзионных взаимоотношений и перегрузке сохранившихся зубов.

При первичном объективном осмотре конфигурация лица пациентки оставалась симметричной, без выраженных признаков снижения высоты нижней трети лица или западения мягких тканей, что объяснялось сохранением достаточного количества антагонизирующих пар в боковых отделах. Открывание рта в пределах физиологической нормы, без болевых ощущений или ограничений подвижности нижней челюсти. Слизистая оболочка полости рта имела бледно-розовую окраску, умеренную влажность, без видимых очагов гиперемии, изъязвлений или гиперкератоза. При детальном стоматологическом обследовании диагностировано частичное отсутствие зубов со следующей топографией: на верхней челюсти отсутствовали зубы 1.7, 1.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8; на нижней челюсти — 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8. Зубы 1.6, 2.5 и 3.4 были покрыты искусственными коронками, однако их клиническая оценка выявила неудовлетворительное состояние опорных тканей и наличие патологической подвижности. В ходе пародонтологического обследования установлена подвижность II степени следующих зубов: 1.6, 1.5, 2.5, 3.4, 3.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.4, что указывало на значительную потерю пародонтальной связки и резорбцию костной ткани альвеолярных отростков в этих участках. Зуб 2.1 характеризовался обширным разрушением коронковой части — дефект распространялся более чем на 2/3 высоты коронки, при этом культя зуба располагалась ниже уровня десневого края, что делало невозможным ее дальнейшее использование в качестве опоры для ортопедических конструкций.

Для объективной оценки состояния костных структур и определения возможности имплантологического лечения пациентке выполнена конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстно-лицевой области с за-

хватом верхнечелюстных пазух и нижней челюсти. Полученные мультипланарные реконструкции и панорамный скан подтвердили наличие значительной горизонтальной и вертикальной атрофии альвеолярной части нижней челюсти и альвеолярного отростка верхней челюсти. Линейные измерения выявили выраженную вариабельность исходных параметров: на верхней челюсти слева ширина альвеолярного отростка варьировалась от 4,3 мм до 6,7 мм, высота — от 1,4 мм до 3,1 мм; справа ширина колебалась от 5,6 мм до 10,3 мм, высота — от 3,4 мм до 5,6 мм. (рисунок 23-24). Полученные данные указывали на наличие критического дефицита костной ткани в латеральных отделах верхней челюсти, особенно слева, где вертикальная высота не превышала 3,1 мм, что делало невозможным проведение дентальной имплантации без предварительного восстановления костного объема. Денситометрический анализ альвеолярной кости верхней челюсти, выполненный до оперативного вмешательства по стандартной методике с использованием шкалы Хаунсфилда, показал среднюю плотность  $314 \pm 0,2$  у.е., что соответствовало костной ткани типа D3–D4 по классификации Misch — низкая минеральная плотность с преобладанием трабекулярного компонента.

На основании данных клинического, рентгенологического, пародонтологического и денситометрического обследований был установлен следующий клинический диагноз: K08.1 — потеря зубов в результате несчастного случая, удаления или локализованного пародонтита (множественная вторичная адентия верхней и нижней челюстей); K08.2 — атрофия альвеолярного отростка верхней челюсти (выраженная горизонтальная и вертикальная резорбция преимущественно в боковых сегментах); K04.5 — хронический апикальный периодонтит зубов с подвижностью II степени. Учитывая выраженную степень деструкции костной ткани и множественный характер поражения, междисциплинарная команда специалистов (хирург-стоматолог, ортопед, пародонтолог) разработала комплексный поэтапный план лечения, направленный на санацию всех очагов хронической инфекции, восстановление утраченного

костного объема и последующую имплантологическую реабилитацию с возможностью изготовления несъемных или условно-съемных конструкций. Пациентка была подробно информирована о продолжительности каждого этапа, возможных рисках и ожидаемых результатах; добровольное информированное согласие на все манипуляции получено в письменной форме.



Рисунок 23. Панорамный скан КЛКТ пациентки Ш. 65 лет до проведения хирургического вмешательства.

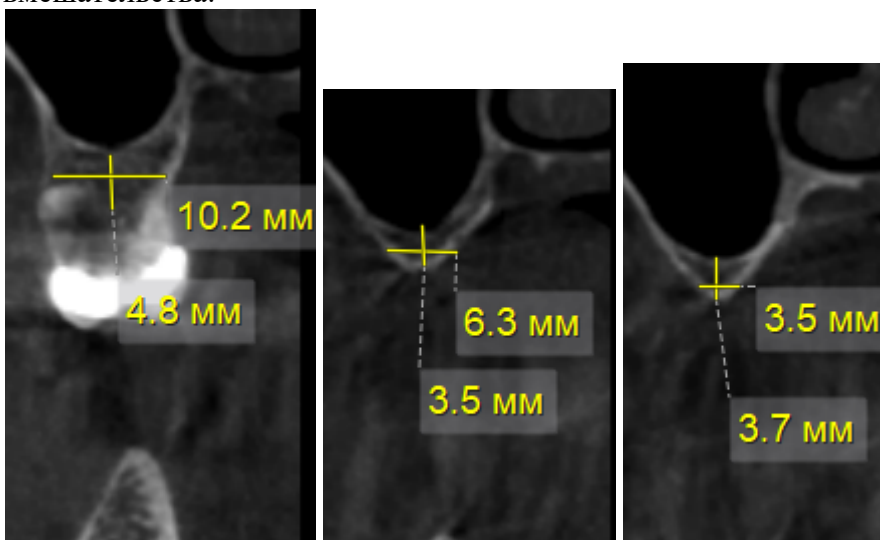


Рисунок 24. Пациентка Ш. 70 лет. Серия КЛКТ. На рисунке изображены параметры костной ткани до проведения хирургического вмешательства. Исходные размеры альвеолярного отростка верхней челюсти варьировались: ширина от 4.3 мм 6.3 мм, высота от 1.4 мм до 3.1 мм, справа ширина от 5.6 мм до 10.3 мм, высота от 3.4 мм до 5.6 мм.

Лечебная стратегия включала последовательное выполнение следующих этапов:

1. Хирургическое удаление зубов 1.6, 1.5, 2.5, 3.4, 3.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.4 как источников хронической инфекции и подвижных элементов, не пригодных для ортопедического использования.

2. Проведение двустороннего открытого синус-лифтинга на верхней челюсти справа и слева с использованием остеопластического материала Cerabone, аутокостной стружки и резорбируемых коллагеновых мембран Jason 30×40 мм.

3. Выполнение операции направленной костной регенерации (НКР) на нижней челюсти с использованием аналогичных материалов для коррекции дефектов в области удаленных моляров и премоляров.

4. Установка дентальных имплантатов через 6 месяцев после первичных реконструктивных операций, после завершения процессов остеоинтеграции трансплантатов.

5. Установка формирователей десны через 6 месяцев после имплантации для формирования оптимального контура мягких тканей.

6. Постоянное ортопедическое протезирование на имплантатах через 2 недели после установки формирователей.

Оперативное вмешательство проводилось в условиях операционной с соблюдением всех асептических правил. За 30 минут до начала операции выполнена премедикация с включением антибиотика широкого спектра и седативного средства для профилактики инфекционных осложнений и снижения психоэмоционального напряжения. Местная инфильтрационная анестезия обеспечена раствором Ultracaini DS Forte (4% артикаин с эпинефрином 1:100 000), что позволило достичь полноценного обезболивания всех операционных зон.

Хирургическое вмешательство начато с верхней челюсти справа. Скальпелем выполнен трапецевидный разрез слизистой оболочки в проекции зубов 1.5, 1.6 и 1.7 с последующим формированием и отслойкой слизисто-надкостничного лоскута. После полной скелетизации костной ткани прямыми щипцами удалены зубы 1.5 и 1.6, которые подлежали экстракции в связи с подвижностью II степени и наличием хронической периапикальной патологии. При помощи прямого наконечника и шаровидного бора сформировано латеральное костное окно в проекции зубов 1.5, 1.6 и 1.7 для последующего доступа к верхнечелюстной пазухе.

Специальными кюретами выполнено атравматичное поднятие слизистой оболочки дна верхнечелюстной пазухи (мембраны Шнайдера) с контролем целостности последней. Для усиления остеоиндуктивного потенциала трансплантата произведен забор аутокостной стружки из области наружной косой линии нижней челюсти с использованием костного скребка Micros. В сформированное субантральное пространство уложена первая половина мембраны Jason 30×40 в качестве защитного слоя, после чего введен костнопластический материал Cerabone в количестве 2,0 г в смеси с 1,0 г аутокостной стружки. Полученный композит обеспечивал остеокондуктивный матрикс, клеточный компонент (остеобласты и остеопрогениторные клетки) и факторы роста из костной стружки. Костное окно прикрыто второй половиной мембраны Jason 30×40, которая зафиксирована двумя резорбируемыми пинами для предотвращения миграции материала. Слизисто-надкостничный лоскут мобилизован и уложен на место без натяжения, рана ушита послойно викриловым шовным материалом 3.0.

На верхней челюсти слева выполнен аналогичный доступ: трапецевидный разрез в проекции зубов 2.4, 2.5, 2.6 и 2.7, отслойка слизисто-надкостничного лоскута и скелетизация кости. Удален зуб 2.5 прямыми щипцами, после чего шаровидным бором сформировано костное окно в проекции 2.5, 2.6 и 2.7. Поднятие слизистой оболочки пазухи выполнено специальными кюретами с

максимальной атравматичностью. В субантральное пространство введен костнопластический материал Cerabone 1,25 г в смеси с 0,75 г аутокостной стружки, полученной из зоны наружной кривой линии. Сформированный композит уложен в полость пазухи, после чего костное окно закрыто мембраной Jason 30×40 с фиксацией двумя пинами. В лунку удаленного зуба 2.5 дополнительно помещено 0,5 г Cerabone для локального улучшения контура гребня. Слизисто-надкостничный лоскут возвращен на место, рана ушита вибрилом 3.0. В послеоперационном периоде рекомендовано местное применение холода для уменьшения отека и профилактики гематомы.

Интраоперационные линейные измерения показали, что ширина костной ткани в зонах реконструкции достигла  $9,4 \pm 0,1$  мм, а высота в области верхнечелюстных пазух была увеличена до 23 мм, что более чем в 4 раза превышало исходные значения. Данный результат свидетельствовал об успешном восстановлении вертикального размера альвеолярного отростка в субантральных зонах. Через шесть месяцев после первичного вмешательства выполнено контрольное КЛКТ-исследование для оценки стабильности полученных параметров и степени зрелости новообразованной костной ткани (рисунок 25-26).



Рисунок 25. Панорамный скан КЛКТ пациентки Ш. 65 лет через 6 месяцев после проведения хирургического вмешательства.

При сравнении с дооперационными данными отмечено сохранение достигнутых размеров: ширина костной ткани оставалась на уровне  $9,4 \pm 0,1$  мм, высота в проекции верхнечелюстных пазух стабильно составляла 23 мм, без признаков резорбции трансплантата, кистозных изменений или коллапса мембран.

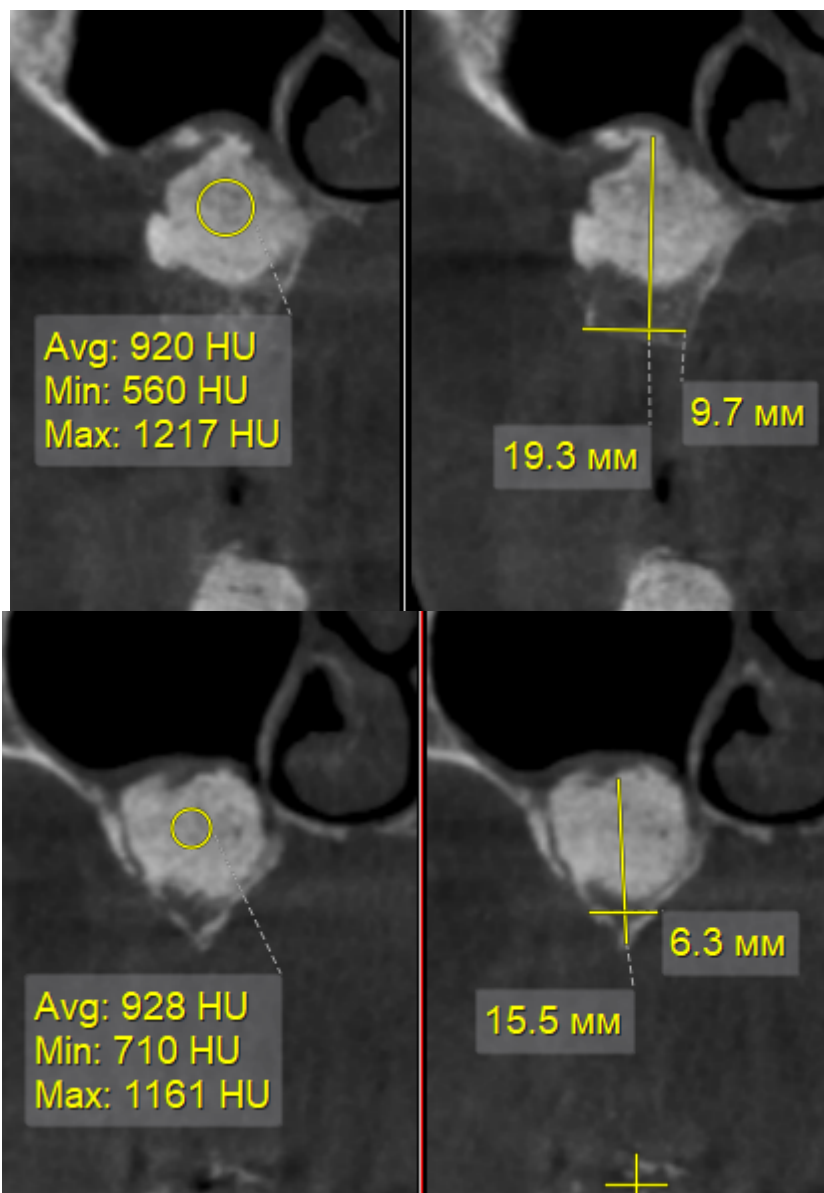


Рисунок 26 . Пациентка Ш., 65 лет. Серия КЛКТ пациентки Ш., через 6 месяцев после выполнения синус-лифтинга. Ширина костной ткани составила  $9.7 \pm 0.1$  мм, высота в области верхнечелюстных пазух достигла 19.3 мм. Плотность костной ткани в области верхнечелюстных пазух справа и слева составила 928 у.е.

Плотность костной ткани в области обеих верхнечелюстных пазух значительно возросла и достигла 920 у.е., что соответствует костной ткани типа D2 по классификации Misch — высокой минеральной плотности с преобладанием кортикального компонента, вполне достаточной для надежной первичной стабилизации имплантатов стандартного диаметра и длины.

Полученные результаты подтверждают эффективность примененной двух-этапной тактики с использованием синус-лифтинга и направленной костной регенерации с применением комбинированного остеопластического материала (Cerabone + аутокость) и коллагеновых мембран Jason. Достигнутые параметры ширины, высоты и плотности костной ткани позволяют перейти к запланированному второму этапу — установке дентальных имплантатов в области обеих верхнечелюстных пазух и в зонах регенерации нижней челюсти. В связи с наличием значительного числа удаленных зубов и выраженным дефицитом кости на нижней челюсти, имплантация будет выполняться с использованием навигационных шаблонов и, при необходимости, дополни-



Рисунок 27 . Панорамный скан КЛКТ пациентки Ш. через 6 месяцев после проведения хирургического вмешательства.

тельной аугментации в переднем отделе. Последующее ортопедическое протезирование позволит восстановить полноценную окклюзионную функцию и улучшить качество жизни пациентки. Данный клинический случай демонстрирует возможность успешной костной реконструкции даже при наличии множественных дефектов зубных рядов и выраженной атрофии альвеолярной кости у пациентов старшей возрастной группы при условии тщательного предоперационного планирования и использования высококачественных биоматериалов. Пациенту выполнена установка имплантатов и через 6 месяцев ортопедическая реабилитация (рисунок 27).

Клинически пример: группа III пациентов

Пациентка Р., 39 лет, обратилась в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России с комплексом жалоб, основными из которых являлись отсутствие зуба 2.6 на верхней челюсти слева и возникновение болевых ощущений во время пережевывания пищи в той же анатомической области. Согласно анамнестическим данным, удаление зуба 2.6 было выполнено в стороннем лечебно-профилактическом учреждении более трех лет назад, однако последующая реабилитация с использованием дентальных имплантатов или несъемных конструкций не проводилась. Отсутствие зуба в течение длительного времени привело к функциональной перегрузке соседних зубов и прогрессирующей резорбции костной ткани, что впоследствии подтвердилось инструментальными методами исследования.

При первичном объективном осмотре конфигурация лица оставалась симметричной, без признаков нарушения вертикального размера нижней трети лица или видимых деформаций скелета лицевого черепа. Открывание рта оценивалось как полное и свободное, без ограничений амплитуды движения нижней челюсти. Слизистая оболочка полости рта во всех отделах имела бледно-розовую окраску, умеренную влажность, без признаков гиперемии, отека или патологических высыпаний. Прицельный стоматологический

осмотр выявил отсутствие коронковой части зуба 2.6, при этом лунка была полностью эпителизирована, признаков свищевых ходов или воспалительной экссудации в этой области не отмечалось. Зуб 2.7 был восстановлен культевой штифтовой вкладкой, что указывало на предшествующее глубокое кариозное разрушение коронки. В области зуба 4.7 определялась металлокерамическая коронка с явным нарушением краевого прилегания — визуализировалась щель между краем коронки и тканями зуба, что создавало условия для накопления зубного налета и развития вторичного кариеса. Дополнительно фиксировалась скученность зубов на нижней челюсти, более выраженная во фронтальном отделе, однако на момент обращения эта аномалия не требовала неотложного ортодонтического вмешательства и учитывалась при планировании дальнейшей тактики.



Рисунок 28. Панорамный скан КЛКТ пациентки Р. 39 лет до проведения хирургического вмешательства.

Для уточнения состояния костной ткани и определения возможности остеоинтеграции дентальных имплантатов была проведена конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстно-лицевой области. Полученные мультипланарные реконструкции и панорамный скан продемонстрировали значительную вертикальную атрофию альвеолярного отростка верхней челюсти в проекции утраченного зуба 2.6. Данное состояние объективно делало

невозможной установкой имплантатов стандартного диаметра и длины без этапа предварительной реконструкции костного объема. Измерения исходных параметров альвеолярного отростка слева показали вариабельность ширины от 9,7 до 11,3 мм при высоте от 1,3 до 5,4 мм, что отражало неравномерность резорбции, преимущественно выраженную в вертикальном направлении. Денситометрический анализ альвеолярной кости в зоне предполагаемой остеопластики был выполнен по стандартной шкале Хаунсфилда в единицах плотности (у.е.) с использованием программного обеспечения томографа; средняя величина плотности до вмешательства составила  $289 \pm 0,2$  у.е., что соответствовало кости низкой минеральной насыщенности, пограничной с D4-типом по классификации Misch, и предопределяло высокую чувствительность к хирургической травме и замедленный репаративный остеогенез (рисунок 28-29).

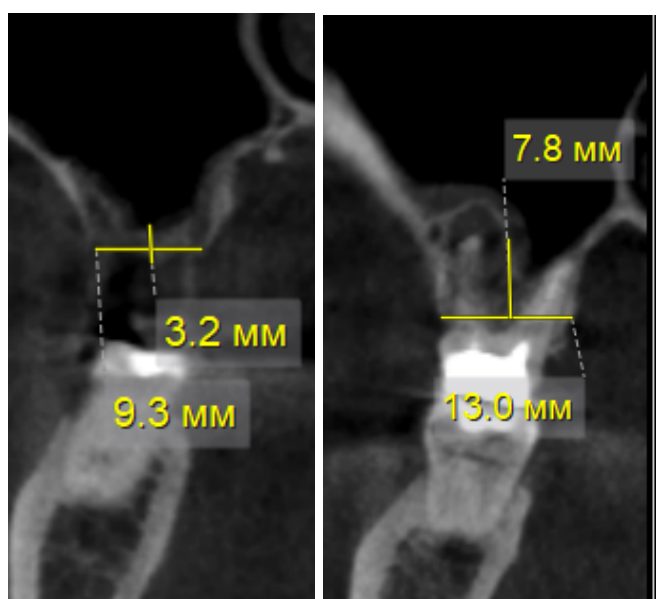


Рисунок 29. Пациентка Р. 39 лет. Серия КЛКТ. На рисунке изображены параметры костной ткани до проведения хирургического вмешательства. Исходные размеры альвеолярного отростка верхней челюсти слева варьировались: ширина от 9.3 мм до 13.0 мм, высота от 1.3 мм до 3.2 мм

На основании совокупности клинических, анамнестических, рентгенологических и денситометрических данных был сформулирован окончательный клинический диагноз, включающий несколько взаимосвязанных нозологических

единиц: K08.1 — потеря зубов в результате несчастного случая, удаления или локализованного пародонтита (отсутствие 2.6); K08.2 — атрофия альвеолярного отростка верхней челюсти (выраженная вертикальная и умеренная горизонтальная резорбция в боковом отделе слева); K04.5 — хронический апикальный периодонтит зубов 2.7 и 4.7, подтвержденный данными КЛКТ в виде расширения периодонтальной щели и разрежения костной ткани в периапикальных областях.

С учетом возраста пациентки, удовлетворительного соматического статуса, отсутствия противопоказаний к хирургическим вмешательствам и выраженного дефицита костного объема был разработан многоэтапный протокол лечения, включающий последовательную коррекцию всех выявленных проблем. План лечения был составлен междисциплинарной группой специалистов (хирург-стоматолог, ортопед, рентгенолог) и утвержден на клиническом консилиуме. Пациентка была подробно проинформирована о длительности каждого этапа, возможных осложнениях, сроках ожидания остеоинтеграции и необходимости строгого соблюдения послеоперационного режима; добровольное информированное согласие было получено в письменной форме. Лечебная стратегия включила следующие этапы:

1. Удаление зубов 2.7, 2.8 и 4.7 как источников хронической одонтогенной инфекции и механических препятствий для последующей реконструкции.

2. Проведение операции синус-лифтинга (открытого субантрального доступа) на верхней челюсти слева с использованием гранулированного остеопластического материала на основе гидроксиапатита и  $\beta$ -трикальцийфосфата (Cerabone) и двух резорбируемых коллагеновых мембран Jason размером 20×30 мм для изоляции костнопластического композита.

3. Установка дентальных имплантатов через 6 месяцев после синус-лифтинга, после завершения первичной репарации и стабилизации сформированного костного блока.

4. Установка формирователей десны через 6 месяцев после имплантации для формирования оптимального контура мягких тканей.

5. Ортопедическое протезирование с опорой на дентальные имплантаты через 2 недели после установки формирователей, при условии полной клинической и рентгенологической стабильности имплантатов.

Хирургический этап проводился в условиях операционной стоматологического профиля с соблюдением всех асептических требований. За 30 минут до начала вмешательства выполнена премедикация (антибиотик широкого спектра и седативный препарат) для снижения риска интраоперационных и ранних послеоперационных инфекционных осложнений. Местная инфильтрационная анестезия осуществлялась раствором Ultracain DS Forte (4% артикаин с адреналином 1:100 000) в общем объеме 1,7 мл на каждый зубной сегмент, всего использовано 3 карпулы.

На верхней челюсти слева выполнен трапециевидный разрез слизистой оболочки по вершине альвеолярного гребня в проекции от 2.5 до 2.8 зуба с последующим тщательным кюретажем раневых краев и достижением полноценного гемостаза. Слизисто-надкостничный лоскут был выкроен и отслоен распатором до уровня переходной складки с сохранением целостности сосудистых пучков, после чего кость полностью скелетирована в операционном поле. Удаление зубов 2.7 и 2.8 выполнено с помощью бора Lindemann, прямого углового наконечника и прямого элеватора; при этом применялась техника бережного вывихивания с минимальной травмой окружающей костной ткани для сохранения объема будущего костного регенерата. Далее специальными борами с алмазным покрытием сформировано латеральное костное окно в проекции корней 2.6–2.7, через которое выполнено атравматичное отслоение слизистой оболочки дна верхнечелюстной пазухи (мембрана Шнайдера) с сохранением ее целостности — интраоперационный контроль подтвердил отсутствие перфораций. В образовавшееся субантральное простран-

ство последовательно уложены: первая коллагеновая мембрана Jason 20×30 для защиты синуса, затем костнопластический материал Cerabone массой 1,5 г в смеси с аутокостной стружкой (1,5 г), собранной с наружной кривой нижней челюсти через отдельный кортикальный доступ, а также плазма, обогащенная тромбоцитами (PRP), полученная из аутовенозной крови пациентки методом двойного центрифугирования. Данная комбинация обеспечивала остеокондуктивный матрикс, остеоиндуктивные факторы роста и остеогенный клеточный компонент. Сверху композит перекрыт второй мембраной Jason 20×30, которая была надежно фиксирована к краям костного окна четырьмя резорбируемыми пинами для предотвращения миграции материала. Лоскут мобилизован путем поднадкостничного рассечения и уложен без натяжения на исходное место, рана ушита послойно викриловым шовным материалом 3.0 и 4.0 с наложением отдельных узловых швов.

На нижней челюсти, в проекции зуба 4.7, после инфильтрационной и мандибулярной анестезии (дополнительно 2 карпулы Ultracain DS Forte 4%) произведен полутрапецевидный разрез слизистой оболочки. Слизисто-надкостничный лоскут также отслоен, кость скелетирована, и зуб 4.7 удален с использованием аналогичного бора Lindemann, прямого наконечника и элеватора. В области удаленного зуба, с учетом сохранившегося дефицита костной ткани после удаления, проведена локальная аугментация с использованием небольшого объема остеопластической пасты на основе того же материала Cerabone для выравнивания контура гребня. Лоскут мобилизован и ушит узловыми швами Vycryl 3/0 и 4/0 с обеспечением плотного краевого прилегания.

Интраоперационно измеренные параметры ширины костной ткани в зоне реконструкции верхней челюсти составили в среднем  $9,7 \pm 0,1$  мм, что практически не отличалось от дооперационных значений по ширине, однако высота в проекции верхнечелюстных пазух была успешно увеличена до 17,4 мм, что подтвердило эффективность проведенного синус-лифтинга и адекватное заполнение субантрального пространства остеопластическим материалом. По-

слеоперационный период протекал без осложнений: отек и болевая реакция купировались в течение 3–5 дней, швы сняты на 10-е сутки. Через 6 месяцев выполнено контрольное КЛКТ-исследование для оценки качества и объема сформированной костной ткани. По данным повторной томографии, ширина сохранена на уровне  $9,7 \pm 0,1$  мм, высота оставалась стабильной — 17,4 мм, без признаков резорбции трансплантата или коллапса мембраны (рисунок 31-32).



Рисунок 30. Панорамный скан КЛКТ пациентки Р. 39 лет через 6 месяцев после проведения хирургического вмешательства.

Плотность новообразованной кости в зоне верхнечелюстных пазух слева значительно возросла и составила 892 у.е., что соответствовало кости типа D2 по классификации Misch, достаточной для первичной стабильности имплантатов стандартного диаметра и длины. Таким образом, репаративный остеогенез протекал полноценно, без замедлений или гиперпластических реакций.

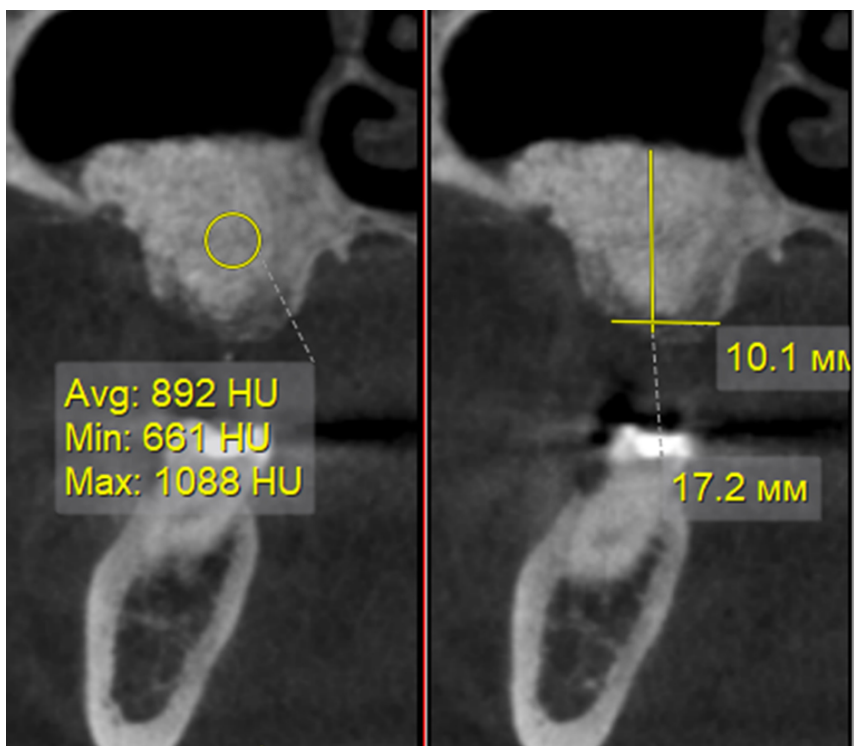


Рисунок 31. Пациентка Р., 39 лет. Серия срезов КЛКТ пациентки Р. через 6 месяцев после выполнения синус-лифтинга. Ширина костной ткани составила  $10.1 \pm 0.1$  мм, высота в области верхнечелюстных пазух достигла 17.2 мм. Плотность костной ткани в области верхнечелюстных пазух слева составила 892 у.е.

Полученные результаты позволили перейти ко второму хирургическому этапу (рисунок 32). Достигнутые показатели плотности и объема костной ткани признаны достаточными для долгосрочной функциональной и эстетической реабилитации пациентки. Данный клинический пример демонстрирует поэтапный подход к решению проблемы выраженной вторичной адентии на фоне тяжелой вертикальной атрофии верхней челюсти, с применением современных биоматериалов и хирургических технологий, обеспечивающих предсказуемый клинический исход.



Рисунок 32 . Контрольный панорамный скан КЛКТ с установленными им-  
плантатами.

## ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования демонстрируют, что эффективность аугментации дна верхнечелюстного синуса напрямую зависит от типа костно-пластического материала. Комбинирование аутогенной кости (источник остеогенных клеток и факторов роста) и ксеногенного материала «Cerabon» (остеокондуктивный каркас) приводит к синергетическому эффекту. Такой подход обеспечивает более предсказуемое формирование зрелой, пластинчатой костной ткани с оптимальными механическими свойствами для долговременной стабильности имплантатов.

Хорошо сформированная костная основа обеспечивает надежную фиксацию имплантата, способствует его долговечности и устойчивости к жевательным нагрузкам. В результате достигается стабильность и долговечность протезов, повышается их функциональность и внешний вид.

Использование комбинированных методов также дает преимущества с точки зрения динамики изменения плотности костных трансплантатов. В первые месяцы после операции наблюдается активное заполняемость пространства остеокондуктивными материалами в сочетании с ростом собственной костной ткани, что повышает плотность области аугментации. В течение трех-шести месяцев происходит резорбция ксеногенного компонента и его замещение натуральной костной тканью, ведущей к постепенному повышению и стабилизации плотности. Через год и более сформированные структуры демонстрируют зрелую костную ткань с хорошими механическими свойствами, тогда как в случаях использования лишь ксеногенного материала остается некоторое количество минеральных частиц, что может немного замедлять окончательное формирование полноценной костной матрицы.

Сравнительный анализ всех трех стратегий аугментации позволяет сделать выводы относительно оптимального выбора костно-пластического мате-

риала для синус-лифтинга. Полученные данные однозначно свидетельствуют, что комбинированные подходы (Группы II и III) по ключевым показателям эффективности превосходят монотерапию ксеноматериалом. Если применение исключительно ксеногенного трансплантата демонстрирует хорошую объем-сохраняющую функцию, но характеризуется замедленным замещением собственной костной тканью, что подтверждается отрицательной динамикой плотности от 979 у.е. до 896 у.е. за 12 месяцев, то включение в состав трансплантата аутогенного компонента принципиально меняет биологию регенеративного процесса. При этом композиция в соотношении 50% / 50% (Группа III) доказала свое неоспоримое преимущество, продемонстрировав не только наибольшую интенсивность прироста плотности (с 691 у.е. до 926 у.е.), но и уникальную тенденцию к ее непрерывному увеличению на протяжении всего годового периода наблюдения. Такая восходящая динамика, в отличие от других групп, где к 12 месяцам отмечалась стабилизация или снижение показателей, является маркером активного и продолжительного ремоделирования, ведущего к формированию структурно зрелой кости.

Биологическое обоснование выявленного превосходства комбинации 50% / 50% заключается в достижении оптимального баланса между остеогенным потенциалом и остеокондуктивной поддержкой. Аутокостная стружка в количестве 50% обеспечивает критическую массу жизнеспособных остеогенных клеток и морфогенетических сигналов, достаточную для интенсивной инициации костеобразования. В то же время, ксеногенный компонент в равной пропорции выполняет не только функцию каркаса, но и модулирует процесс ремоделирования, предотвращая излишне быструю резорбцию аутографта и создавая условия для постепенного формирования зрелой пластинчатой кости. Данный синергический эффект напрямую соотносится с данными гистологических исследований, представленных в литературе, которые подтверждают, что именно при таком соотношении компонентов создаются оптимальные условия для васкуляризации и клеточной инфильтрации трансплантата.

Формирование костного регенерата с высокой и прогрессирующей плотностью, демонстрируемое в Группе III, является залогом успешной остеоинтеграции дентальных имплантатов. Как следует из работ Брайловской Т.В. и соавт. (2021, 2022), именно качественные характеристики костной ткани в области установки имплантата определяют не только его первичную стабильность, но и долгосрочный функциональный и эстетический результат реабилитации. Таким образом, комбинированное применение аутокости и ксеногенного материала в равном соотношении можно считать наиболее предпочтительным и прогнозируемым методом аугментации дна верхнечелюстного синуса, поскольку оно обеспечивает формирование биомеханически полноценной костной ткани, максимально приближенной по своим характеристикам к нативной кости пациента. Данный подход позволяет минимизировать недостатки, присущие каждому из материалов в отдельности, и представляет собой научно обоснованный компромисс между клинической эффективностью и травматичностью вмешательства.

Таким образом, исходно высокая плотность трансплантатов с преобладанием ксеногенного компонента с течением времени несколько снижается из-за их резорбции, в то время как комбинации материалов, особенно в пропорции 50/50, показывают устойчивый рост плотности, отражающий активное формирование зрелой костной ткани, что указывает на активные процессы замещения ксеногенного каркаса собственной зрелой костной тканью в комбинированных трансплантатах, причем наиболее сбалансированная динамика наблюдается при равном соотношении компонентов.

Далее, пристального внимания заслуживает анализ динамики в группах, непосредственно включенных в настоящее исследование. Первоначально более высокая рентгенологическая плотность регенерата в группах с ксеногенным компонентом закономерно объясняется присутствием минерализованных частиц ксеногенного костно-пластического материала. Как подробно описано в литературном обзоре, такие материалы, как «Bio-Oss» или

«CeraBon», представляют собой гидроксиапатит с остеокондуктивными свойствами. Их ключевым преимуществом является микро- и макроструктура, которая практически идентична архитектонике губчатой кости человека. Данная взаимосвязанная пористая система служит не просто наполнителем, а стабильным биологическим каркасом (скаффолдом), который, в отличие от аутокости, медленно и предсказуемо резорбируется. Именно эта медленная биодеградация, которая, по данным исследований, может длиться годы, обеспечивает трансплантату первоначальную механическую стабильность и поддержку, что и отражается в более высоких денситометрических показателях на ранних сроках наблюдения. Таким образом, композиция аутокости, несущей остеогенный и остеоиндуктивный потенциал, с ксеногенным материалом, выполняющим роль остеокондуктивного каркаса, создает оптимальные условия для формирования зрелого костного регенерата, что и подтверждается полученными количественными данными.

Контрольное рентгенологическое обследование, проведенное через 6 месяцев после операции, продемонстрировало позитивную динамику и признаки активной физиологической перестройки костного регенерата во всех группах. Полученные данные находятся в полном соответствии с фундаментальными представлениями о репаративном остеогенезе, согласно которым заключительная фаза заживления костной ткани характеризуется интенсивным ремоделированием, направленным на восстановление ее оригинальной архитектоники и механических свойств. Важным позитивным рентгенологическим признаком, свидетельствующим о благоприятном течении интегративных процессов, явилось отсутствие каких-либо маркеров резорбции костной ткани на границе с костным дном верхнечелюстного синуса, что позволяет сделать вывод об успешной биоинтеграции трансплантата с окружающими нативными тканями и формировании единой, структурно целостной костной формации, способной в дальнейшем выдерживать функциональную нагрузку от дентального имплантата. Кроме того, на компьютерных томо-

граммах в области аугментации отчетливо визуализировалось формирование четко выраженных костных трабекул и пластинок. Данный морфологический признак является прямым рентгенологическим отражением процессов активного созревания новообразованной кости, в ходе которой первичная, незрелая грубоволокнистая костная ткань замещается зрелой пластинчатой костью с характерной трабекулярной организацией, что соответствует заключительной фазе моделирования и ремоделирования костного регенерата.

Однако, что принципиально важно, даже спустя 6 месяцев, по завершении основной фазы активного ремоделирования, показатель плотности регенерата в этой группе ( $531,1 \pm 0,91$  у.е.) не достиг того уровня, который был изначально зафиксирован в группе с комбинацией материалов ( $571,1 \pm 0,23$  у.е.) уже в первые послеоперационные сутки, и был значительно ниже, чем в группе Аутокостная стружка 50% ксенопластический материал («CeraBon» (Botiss Biomaterials, Германия)) 50% через 6 месяцев (898 у.е.). Данный факт объясняется изначально более высокой рентгенологической плотностью композиции ксенопластический материала и аутокости, обусловленной присутствием минерализованных частиц ксенотрансплантата, которые, как показано в исследованиях, длительно персистируют в зоне аугментации и медленно резорбируются, выступая в роли стабильного остеокондуктивного каркаса. Таким образом, сравнительный анализ динамики плотности костного регенерата подтверждает, что комбинированный подход позволяет сразу создать в области синус-лифтинга объемный и структурно стабильный костно-пластический блок, в то время как использование только аутокости, хотя и приводит к формированию высококачественной собственной кости, требует более длительного периода для достижения сопоставимых денситометрических характеристик.

Проведённый анализ показателей резонансно-частотного анализа (коэффициента стабильности ISQ) у пациентов трёх клинических групп позволил объективно оценить динамику процессов остеоинтеграции дентальных

имплантатов при различных анатомических условиях альвеолярного отростка верхней челюсти.

Результаты резонансно-частотного анализа выявили отчетливую зависимость динамики стабильности имплантатов от состава примененного костно-пластического материала. В группах I и II, где использовались, соответственно, 100% ксеногенный материал и его комбинация с 25% аутокости, были зафиксированы идентичные и высокие показатели первичной стабильности, которые в дальнейшем демонстрировали умеренный прирост с последующей стабилизацией. В отличие от них, в группе III, где применялась композиция в соотношении 50% / 50%, непосредственно после операции регистрировалась статистически значимо более низкая первичная стабильность. Однако именно в этой группе наблюдался наиболее выраженный и прогрессирующий прирост вторичной стабильности, достигший максимальных значений к 12-му месяцу наблюдения. Полученные данные свидетельствуют о том, что комбинированный подход с равным соотношением аутогенной и ксеногенной кости, несмотря на менее высокие показатели механической фиксации на начальном этапе, обеспечивает наиболее активное и качественное биологическое ремоделирование костной ткани, что в отдаленном периоде приводит к формированию оптимальных условий для остеоинтеграции.

Таким образом, применение композитного трансплантата на основе аутокости и ксенопластического материала позволяет объединить преимущества обоих компонентов: мощный остеогенный потенциал аутографта и стабильный, долговременный остеокондуктивный каркас ксенопластического материала, что приводит к формированию не только изначально более плотного и объемного регенерата, но и обеспечивает его превосходящие структурно-денситометрические характеристики после завершения основной фазы биологического ремоделирования. Создание такого высококачественного костного ложа, характеризующегося значительной плотностью и стабильностью объема, является фундаментальным условием для достижения надеж-

ной первичной и вторичной стабильности дентальных имплантатов и их долгосрочной успешной остеоинтеграции.

Морфологическое и морфометрическое исследование трепанобиоптатов, полученных через 180 дней после операции, полностью подтвердило данные клинико-рентгенологического анализа. Гистологическая картина во всех группах соответствовала процессу прямого остеогенеза с формированием зрелой губчатой костной ткани. Однако количественные показатели неостеогенеза имели существенные различия. Минимальная объемная доля новообразованной костной ткани (BV) была зафиксирована в I группе (25,75%), где использовался только ксеноматериал. Добавление 25% аутокости (II группа) позволило увеличить этот показатель до 29,50%. Максимальное значение BV (34,50%) было достигнуто в III группе при использовании композиции 50/50. Кроме того, в III группе отмечены наилучшие показатели интеграции материала ( $\text{MatBS/BS} = 70,20\%$ ) и остеобластической активности ( $\text{Ob.S} = 2,10$ ). Эти данные неопровержимо доказывают, что сбалансированная комбинация аутогенной и ксеногенной кости в соотношении 50% / 50% создает наиболее благоприятные условия для формирования зрелого, высокоинтегрированного костного регенерата, что является морфологическим субстратом высокой плотности и стабильности, зафиксированной рентгенологически и с помощью RFA-анализа.

Практическое значение всех этих аспектов состоит в возможности проводить одномоментную имплантацию даже при наличии значительных костных дефектов. Комбинированные материалы позволяют значительно ускорить процесс формирования полноценной костной базы, снизить число процедур, повысить надежность результата и обеспечить долговременную стабильность имплантатов. Такой подход делает современную имплантологию более предсказуемой и эффективной, что выгодно как для врачей, так и для пациентов.

Перспективы дальнейших исследований включают изучение динамики морфометрических показателей (BV,  $\text{MatBS/BS}$ , N.ob) на более ранних сроках (90, 120 дней) для уточнения временных параметров регенерации, сравнение эф-

фективности «Cerabon» с другими остеопластическими материалами в аналогичных условиях, а также анализ влияния дополнительных факторов (возраст, сопутствующие заболевания, техника операции) на параметры репарации.

## ВЫВОДЫ

1. Комплексное сравнительное исследование трёх стратегий открытого синус-лифтинга (100% ксеногенный материал «Cerabon»; композиции 25%/75% и 50%/50% аутокости и «Cerabon») продемонстрировало, что все подходы обеспечивают формирование костного регенерата. Однако комбинация аутокости и ксеноматериала в равном соотношении (50%/50%) показала статистически значимое превосходство по ключевым интегральным показателям: динамике роста плотности кости (денситометрия в у.е), морфологическому качеству костного регенерата и уровню вторичной стабильности имплантатов (ISQ), что подтверждает синергетический эффект от сочетания остеогенного потенциала аутографта и остеокондуктивного каркаса ксеноматериала.

2. Резонансно-частотный анализ (RFA) выявил четкую зависимость динамики стабильности имплантатов (ISQ) от состава костно-пластического материала. Группы с преобладанием ксеноматериала (100% и 75%) демонстрировали высокую первичную стабильность (~78.3 ISQ) с умеренным последующим ростом. В то время как группа с композицией 50%/50%, несмотря на более низкую первичную стабильность (73.5 ISQ), показала наиболее выраженный рост стабильности, достигнув к 12 месяцам максимального значения 87.3 ISQ. Это свидетельствует о более активном и эффективном процессе костного ремоделирования и остеоинтеграции при использовании комбинации аутогенной и ксеногенной кости.

3. Денситометрический анализ (КЛКТ, у.е.) подтвердил различный характер ремоделирования костного регенерата. Использование 100% ксеноматериала приводило к высокой исходной плотности ( $979 \pm 0,3$  у.е.) с последующим закономерным снижением ( $896 \pm 0,2$  у.е. к 12 месяцам) в процессе регенерации. Комбинированные материалы, напротив, демонстрировали устойчивый рост плотности кости. Наиболее благоприятная динамика отмечена в группе 50%/50%: значительный рост с  $691 \pm 0,1$  у.е. до  $926 \pm 0,6$  у.е. за

12 месяцев, что указывает на активное формирование зрелой, минерализованной костной ткани. Композиция 25%/75% также показала положительную динамику, стабилизировавшись на высоком уровне ( $958 \pm 0,1$  у.е.).

4. Морфологическое исследование подтвердило активный остеогенез во всех группах, однако выявило существенные различия в качестве регенерата. В группе I (100% «CeraBon») объем новообразованной кости (BV) составил 25,75%, при этом наблюдались участки некроза и фиброза, а показатель интеграции MatBS/BS достиг 67,60%. В группе II (25% аутокости / 75% «CeraBon») BV составил 29,50%, но отмечены зоны дезорганизации матрикса при MatBS/BS = 65,40%. Наилучшие результаты зафиксированы в группе III (50%/50%): BV достиг 34,50–36,25%, MatBS/BS – 70,20–71,60%, гистоархитектоника полностью сохранена, отсутствуют некроз и фиброз.

5. Установлены морфологические критерии успешной регенерации при операции синус-лифтинг: объем новообразованной костной ткани  $BV \geq 34\%$ , относительная площадь контакта кости с материалом MatBS/BS  $\geq 70\%$ , количество остеобластов  $N.ob \geq 35$ , отсутствие некроза и фиброза в межбалочных пространствах, сохранение васкуляризации и элементов костного мозга.

6. Доказана прогностическая значимость показателя MatBS/BS: при значениях  $< 65\%$  высок риск дезорганизации костного матрикса (группа II); при 65–67% возможны локальные нарушения регенерации, включая участки некроза (группа I); при  $> 70\%$  наблюдается физиологичное ремоделирование с формированием стабильного регенерата (группа III). Этот показатель может служить объективным критерием оценки успешности операции синус-лифтинга на морфологическом уровне.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании операции синус-лифтинга рекомендуется отдавать предпочтение комбинированным костно-пластическим материалам, содержащим аутокостную стружку. Применение композиций аутокость и ксеноматериал обеспечивает более устойчивую и выраженную положительную динамику плотности костного регенерата, а также улучшает качество его структурной организации по сравнению с использованием только ксеноматериала. Наиболее выраженный прирост отмечается при составе 50% / 50%, который демонстрирует увеличение плотности с  $691 \pm 0,1$  у.е. до  $926 \pm 0,6$  у.е. за год.

2. Для необходимости ускорения процессов репаративного остеогенеза и формирования раннего костного объёма следует включать в состав ксеногенного костного материала не менее 25% аутокостного материала. Композиция 25% аутокость / 75% ксеноматериал обеспечивает существенный рост плотности к 6 месяцам (до  $998 \pm 0,3$  у.е.) и стабилизацию структуры к году, что делает её эффективной.

3. Использование только ксеногенного костно-пластического материала («CeraBon») рекомендуется в случаях, когда пациент отказывается пройти забор аутокости или имеет противопоказания к дополнительному хирургическому вмешательству. Следует учитывать, что при монотерапии ксеноматериалом наблюдается снижение плотности кости к 12 месяцам (с 979 до 896 у.е.), обусловленное его резорбцией и замещением менее плотной структурой.

4. Для улучшения прогнозируемости результатов рекомендуется проводить КЛКТ-контроль в основные сроки: сразу после операции, через 6 месяцев и через 12 месяцев. Эти периоды наиболее информативны для оценки биоинтеграции, зрелости костного регенерата и определения оптимальных сроков имплантации.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

|                               |                                                                                 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Абс.                          | – абсолютные значения                                                           |
| у. е.                         | – условная единица                                                              |
| КЛКТ                          | – конусно-лучевая компьютерная томография                                       |
| ОПТГ                          | – ортопантомография                                                             |
| BMPs                          | – (Bone Morphogenetic Proteins) костные морфогенетические белки                 |
| FDDBA                         | – (Freeze-Dried Bone Allograft) лиофилизированная кость                         |
| DFDBA                         | – (Freeze-Dried Bone Allograft) деминерализованная лиофилизированная кость      |
| DBB                           | – (Deproteinized Bovine Bone) депротеинизированная бычья кость                  |
| MPR                           | – мультипланарная реконструкция                                                 |
| N.ob                          | – среднее количество остеобластов, на поверхности остеопластического материала  |
| N.Mf                          | – среднее количество макрофагов в строме межбалочных пространств                |
| N.Mat.ob                      | среднее количество остеобластов, контактирующих с поверхностью гранул материала |
| BV (bone volume, %)           | – объёмная доля минерализованной костной ткани в общем объёме биоптата          |
| FbV (fibroustissue volume, %) | – объёмная доля фиброретикулярной ткани;                                        |
| MatV (material volume, %)     | – объёмная доля остаточного остеопластического материала;                       |
| Ob.S(osteoblast surface)      | – удельная поверхность кости, покрытая активными остеобластами                  |

Mat.Ob.S/Mat.S    доля поверхности материала, занятая остеобластами  
(%)

MatBS/BS (ma-    – относительная площадь контакта новообразованной кости с  
terial-            поверхностью материала  
bonecontact, %)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаева, А.И. Применение гиалуроновой кислоты в стоматологии / А.И. Абдуллаева, А.Ю. Божедомов, В.М. Слонова // Школа Науки. – 2020. – № 8-1(33). – С. 5-7
2. Азарова, О.А. Современные аспекты применения остеопластических материалов в хирургической стоматологии / Е.А. Азарова, Д.Ю. Харитонов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2019. – Т. 42.(2). – С. 215-223.
3. Аккужин, И.М. Планирование дентальной имплантации в условиях дефицита костной ткани и профилактика послеоперационных осложнений (обзор литературы) / И.М. Аккужин, М.А. Амхадова, Т.К. Хамраев // Медицинский алфавит – 2020. – № (23). – С. 9-15.
4. Байриков, А.И. Особенности протезирования с опорой на дентальные имплантаты из нетканого титанового материала со сквозной пористостью. дисс. ... канд. мед. наук. 14.01.14 / Байриков Алексей Иванович – Самара, 2016. – 144с.
5. Бербери, А. Сравнительная оценка физико-химических характеристик аллогенных биоматериалов и аутогенной кости / А.Бербери, М.А. Амхадова, А. Самарани, Ж. Аун // Российский стоматологический журнал. – 2017. – Т. 21. – № 5. – С. 233-237.
6. Бойко, Е.М. Экспериментально-клиническое обоснование применения резорбируемой коллагеновой мембраны при направленной костной регенерации: дисс. ... канд. мед. наук. 14.01.14 / Бойко Евгений Михайлович – Ставрополь, 2019. – 164 с.
7. Брайловская, Т.В. Результаты дентальной имплантации у пациентов с атрофией альвеолярной кости после выполнения аутокостной пластики / Т.В. Брайловская, А.П. Михайлова, Е.В. Усанова // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2021. – № 3. – С. 12-20.

8. Брайловская Т.В., Чередников С.М. Сравнительный анализ результатов применения аутокостного материала, ксеногенного костно-пластического материала и их композиции при операции синус-лифтинг. Стоматология.

2025;104(5) **Страницы на которых напечатана статья?**

9. Брайловская Т.В., Чередников С.М. Сравнительный анализ динамики стабильности дентальных имплантатов методом резонансно-частотного анализа при использовании различных композиций аутогенной и ксеногенной кости.

**Название журнала?**

10. Буцан, С. Б. Применение 3d моделирования в планировании операции поднятия дна верхнечелюстного синуса / С. Б. Буцан, С. Б. Хохлачев // Институт стоматологии. – 2016. – № 3(72). – С. 66-69.

11. Васенев, Е.Е. Использование препаратов на основе гиалуроновой кислоты в пародонтологии / Е.Е. Васенев, И.Ф. Алеханова, О.А. Беличенко // Инновационная наука. – 2016. – №2. – С. 99-101.

12. Головичев М.Е. Применение композиции ксеногенного остеопластического материала и биомодифицированной гиалуроновой кислоты при операции синус-лифтинг: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2023. - 158 с.

13. Гришков, М.С. Протезирование несъемными протезами на имплантах при полном отсутствии зубов на верхней челюсти с позиций биомеханики / М.С. Гришков, А.С. Иванов, А.Я. Лернер, Е.Е. Олесов, Д.И. Морозов // Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Современная стоматология: проблемы, задачи, решения». Тверь. – 2019. – С. 39-42.

14. Гулюк, А.Г. Использование различных методов вертикальной и горизонтальной аугментации при атрофии альвеолярного отростка верхней и альвеолярной части нижней челюстей / А.Г. Гулюк, С.Д. Варжапетян, В.В. Лепский, С.А. Гулюк, А.Э. Тащян // ScienceRise. – 2015. – № 3/4 (8). – С. 78-86.

15. Дегтярев, Н. Е. Этапы изготовления хирургических шаблонов и их применение в сложных клинических случаях / Н.Е. Дегтярев, Р.Ф. Мухаметшин, С. Мамедов, С.В. Апресян, Д.С. Ковган, Ю.А. Семенова // Head and Neck. Голова

и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 61-67.

16. Дзалаева, Ф.К. Изучение потребностей населения г. Москвы в ортопедическом лечении и реабилитации пациентов с необходимостью тотальных реставраций зубных рядов / Ф.К., Дзалаева, С.О. Чикунов, А.С. Утюж // Институт стоматологии. – 2020. – № 2 (87). – С. 12-15.

17. Дзгоева, З.Г. Клиническое обоснование применения препаратов на основе гиалуроновой кислоты, при лечении заболеваний пародонта / З.Г. Дзгоева, З.К. Борукаева, А.А. Беленченков // International Scientific Review. – 2017. – № 5 (36). – С. 107-108.

18. Долгалев, А.А. Опыт применения отечественных ксеноматериалов для направленной костной регенерации в дентальной имплантации / А.А. Долгалев, В.А. Зеленский, М.А. Амхадова, Е.М. Бойко, Д.А. Брусницын // Медицинский алфавит. – 2017. – № 2 (11). – С. 13-17.

19. Драгунова С.Г. Клинико-экспериментальное исследование физиологических аспектов стрессовых реакций при проведении синус-лифтинга и дентальной имплантации: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2024. - 133 с.

20. Дробышев, А.Ю. Синус-лифтинг как способ увеличения объема костной ткани в дистальных отделах верхней челюсти в предимплантационном периоде / А.Ю. Дробышев, Н.А. Редько, Я.И. Скакунов, Д.С. Ваулина // Российская стоматология. – 2020. – Т. 13. – № 3. – С. 48-50.

21. 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.

22. Ершова, А.М. Сравнительный анализ эффективности применения синтетических и ксеногенных остеопластических материалов для восстановления объема альвеолярной кости челюстей перед дентальной имплантацией: дис. ... канд. мед. наук. 14.01.14 / Ершова Анна Михайловна – Москва, 2017. – 187 с.

23. Ершова А.М. Сравнительный анализ эффективности применения синтетических и ксеногенных остеопластических материалов для восстановления объема альвеолярной кости челюстей перед дентальной имплантацией: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2018. - 187 с.
24. Иванов С.С. Устранение дефектов слизистой оболочки верхнечелюстного синуса при проведении операций синус-лифтинга: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2024. - 142 с.
25. Иванов, С. Ю. Реконструктивная хирургия альвеолярной кости / С. Ю. Иванов, А. А. Мураев, Н. Ф. Ямуркова - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 360 с.
26. Иванов, С.Ю. Динамика репаративного гистогенеза костной ткани в присутствии некоторых остеопластических материалов в лабораторных условиях / С.Ю. Иванов, А.В. Волков, Д.А. Де // Медицинский алфавит. – 2019. – Т. 4. – № 34 (409). – С. 46-50.
27. Кобозев, М.И. Использование костно-пластического материала, содержащего фактор роста эндотелия сосудов, для сохранения объема альвеолярного гребня после удаления зубов / М.И. Кобозев, М.А. Баландина, Ю.А. Семенова, А.А. Мураев, В.М. Рябова, С.Ю. Иванов // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – Т. 18. – № 1. – С. 116-122.
28. Колганов И.Н. Клинико-функциональное обоснование способа дентальной имплантации при атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти с использованием синус-лифтинга: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2023. - 143 с.
29. Кузнецова, В.С. Безопасность и эффективность применения морфогенетических белков кости 2 и 7 в стоматологии / В.С. Кузнецова, А.В. Васильев, Т.Б. Бухарова, Д.В. Гольдштейн, А.А. Кулаков // Стоматология. – 2019. № 98 (1). – С. 64-69.
30. Кулаков, А.А. Факторы, влияющие на остеоинтеграцию и применение ранней функциональной нагрузки для сокращения сроков лечения при дентальной имплантации / А.А. Кулаков, А.С. Каспаров, Д.А. Порфенчук // Стоматология. – 2019. – Т. 98. – № 4. – С. 107-115.

31. Мураев, А.А. Органотипичные костные имплантаты - перспектива развития современных остеопластических материалов / А.А. Мураев, С.Ю. Иванов, С.Г. Ивашкевич // Стоматология. – 2017. – Т. 96. – № 3. – С. 36-39.
32. Негматова, Д.У. Ортопедическое лечение больных с использованием дентальных имплантатов / Д.У. Негматова, С.С. Зайниев, М.К. Камариддинзода // Academy. – 2020. – № 4 (55). – С. 113-119.
33. Орехова, Л. Применение гиалуроновой кислоты в комплексном лечении заболеваний пародонта / Л. Орехова, Е. Лобода, Н. Яманидзе, Н. Бусарова // Цифровая стоматология. – 2019. – Т. 11. – № 2. – С. 15-20.
34. Орехова, Л.Ю. Применение гиалуроновой кислоты в комплексном лечении заболеваний пародонта / Л.Ю. Орехова, Е.С. Лобода, Н.А. Яманидзе, А.Р. Галеева // Пародонтология. – 2018. – №3 (88). – С. 25-30.
35. Попов, Н.В. Роль аллогенных костно-замещающих материалов в репаративном остеогенезе атрофированной альвеолярной кости / Н.В. Попов // Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье. – 2018. – № 2 (32). – С. 87-92.
36. Пиотрович А.В. Сравнительная оценка локального применения рекомбинантных цитокинов при синус-лифтинге с одномоментной дентальной имплантацией: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2017. - 163 с.
37. Путь, В.А. Комплексная реабилитация пациентов при проведении одномоментной дентальной имплантации с использованием информационно- волновой терапии / В.А. Путь, С.В. Тарасенко, И.В. Решетов, М. Харалампос // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2019. – № 3-4 (45-46). – С. 90-96.
38. Сойхер, М.Г. Использование протокола All-on-Four как метод лечения пациентов с частичной адентией и выраженными явлениями пародонтита / М.Г. Сойхер, И.Б. Булатов, М.И. Сойхер // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2019. – № 3-4 (45-46). – С. 45-53.
39. Сойхер, М.И. Клинические аспекты использования гиалуроновой кислоты в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонты / М.И.

Сойхер, М.Г. Сойхер, М.А. Амхадова, Д.В. Шершнева, Е.Ю. Чуянова // Российский стоматологический журнал. – 2016. – № 20 (3). – С. 146-150.

40. Тарасенко, С.В. Гистологическое обоснование применения препаратов на основе биомодифицированной гиалуроновой кислоты в комбинации с ксеногенным остеопластическим материалом для аугментации альвеолярного отростка верхней челюсти перед дентальной имплантацией / С.В. Тарасенко, А.Б. Шехтер, М.Е. Головичев, И.Р. Оганесян // Медицинский алфавит. – 2022. – № 7. – С. 60-64.

41. Тарасенко, С.В. Клинико-биохимические параллели при изучении эффективности применения препарата Гиалрипайер-02 у пациентов с хроническим пародонтитом / С.В. Тарасенко, О.И. Кулага, Т.П. Вавилова // Медицинский алфавит. Стоматология. – 2016. – Т. 3. – № 21. – С. 5-10.

42. Тарасенко, С.В. Применение остеопластических материалов и препаратов гиалуроновой кислоты в стоматологии / С.В. Тарасенко, М.Е. Головичев, И.Р. Оганесян // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2020. – № 1-2 (47-48). – С. 95-103.

43. Тарасенко, С.В. Применение препарата Дентал Гиалрипайер-02 при хирургическом лечении пациентов с хроническим пародонтитом средней степени / С.В. Тарасенко, О.И. Кулага // Медицинский алфавит. Стоматология. – 2016. – 2(265). – С. 24-31.

44. Тарасенко, С.В. Применение синтетических остеопластических материалов для увеличения параметров альвеолярной кости челюстей перед дентальной имплантацией / С.В. Тарасенко, А.М. Ершова // Стоматология. – 2017. – Т. 96. – № 2. – С. 70-74.

45. Тарасенко, С.В. Сравнительный анализ применения препаратов на основе модифицированной гиалуроновой кислоты при операции синус-лифтинг по данным рентгенологических методов исследования / С.В. Тарасенко, Н.С. Серова, М.Е. Головичев, И.Р. Оганесян // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 105-114.

46. Тарасенко, С.В. Сравнительный гистологический анализ применения синтетических и ксеногенных остеопластических материалов для аугментации альвеолярного отростка верхней челюсти перед дентальной имплантацией / С.В. Тарасенко, А.Б. Шехтер, А.М. Ершова, И.В. Бондаренко // Российская стоматология. – 2016. – Т. 9. – № 3. – С. 3-7.
47. Тарасенко, С.В. Сравнительный гистологический анализ регенератов костной ткани и слизистой оболочки после аугментации лунок удаленных зубов перед дентальной имплантацией при использовании различных композиций с остеопластическим материалом / С.В. Тарасенко, А.Б. Шехтер, М.А. Погодина, Ю.П. Знаменская // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2020. – № 1-2 (47-48). – С. 56-61.
48. Тихилов, Р.М. Костная и мягкотканная интеграция пористых титановых имплантатов (экспериментальное исследование) / Р.М. Тихилов, И.И. Шубняков, А.О. Денисов, В.А. Конев, И.В. Гофман, П.М. Михайлова // Травматология и ортопедия России. – 2018. – № 24 (2). – С. 95- 107.
49. Ушаков, Р.В. Применение препаратов гиалуроновой кислоты Ревидент в хирургической стоматологии / Р.В. Ушаков, А.Р. Ушаков, М.С. Дьяконова // Медицинский алфавит. – 2017. – Т. 3. – № 24 (321). – С. 47-50.
50. Хабиев, К.Н. Клинико-экспериментальное обоснование выбора остеопластического материала при проведении операции синус-лифтинга: дис. ... канд. мед. наук. 14.01.14 / Хабиев Камиль Наильевич – Москва, 2015. – 141 с.
51. Хачатрян, Л.Г. Альтернативные имплантологические решения для пациентов с адентией и выраженной атрофией верхней челюсти / Л.Г. Хачатрян // Вестник стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. – 2017. – Т. 14. – № 1-2. – С. 17-25.
52. Щепляков Д.С. Профилактика операционных и послеоперационных осложнений открытого синус-лифтинга у больных с атрофией альвеолярного отростка верхней челюсти и дефектами зубных рядов: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. – 2019. – 151 с.

53. Юрьев Е.М. Обоснование выбора костнопластических материалов в зависимости от типа костной ткани челюстей при дентальной имплантации: дис. канд. мед. наук: 14.01.14. - 2017. - 125 с.
54. Ямуркова, Н.Ф. Оптимизация хирургического лечения при выраженной атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти перед дентальной имплантацией: дисс. ... докт. мед. наук. 14.01.14 / Ямуркова Нина Федоровна – Нижний Новгород, 2015. – 403 с.
55. Aghaloo, T. Bone Augmentation of the Edentulous Maxilla for Implant Placement: A Systematic Review / T. Aghaloo, C. Misch, G. Lin, V. Iacono, H. Wang // Int J Oral Maxillofac Implants. – 2016. – V.3. – P. 19-30.
56. Alshamrani AM, Mubarki M, Alsager AS, Alsharif HK, AlHumaidan SA, Al-Omar A. Maxillary Sinus Lift Procedures: An Overview of Current Techniques, Pre-surgical Evaluation, and Complications. Cureus. 2023 Nov 28;15(11):e49553. doi: 10.7759/cureus.49553. PMID: 38156177; PMCID: PMC10753870.
57. Al-Moraissi EA, Alkhutari AS, Abotaleb B, Altairi NH, Del Fabbro M. Do osteoconductive bone substitutes result in similar bone regeneration for maxillary sinus augmentation when compared to osteogenic and osteoinductive bone grafts? A systematic review and frequentist network meta-analysis. Int J Oral Maxillofac Surg. 2020 Jan;49(1):107-120. doi: 10.1016/j.ijom.2019.05.004. Epub 2019 Jun 21. PMID: 31230768.
58. Baron M, Haas R, Donath K, Zechner W, Watzek G. Porous hydroxyapatite for grafting the maxillary sinus: a comparative histomorphometric study in sheep. Int J Oral Maxillofac Implants. 2002 May-Jun;17(3):337-46. PMID: 12074448.
59. Bertl, K. Hyaluronan in non-surgical and surgical periodontal therapy: A systematic review / K. Bertl, C. Bruckmann, P. Isberg // Journal of Clinical Periodontology. – 2015. – V. 42. – P. 236-246.
60. Browaeys H, Bouvry P, De Bruyn H. A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures. Clin Implant Dent Relat Res. 2007 Sep;9(3):166-77. doi: 10.1111/j.1708-8208.2007.00050.x. PMID: 17716261.

61. Candotto, V. Complications in sinus lift / V. Candotto, G. Gallusi, A. Piva, M. Baldoni, M. Di Girolamo // *J Biol Regul Homeost Agents*. – 2020. – V. 34 (1). – P. 139-142.
62. Cardaropoli, D. New Bone Formation Using an Extracted Tooth as a Bio-material: A Case Report with Histologic Evidence / D. Cardaropoli, M. Nevins, P. Schupbach // *Int J Periodontics Restorative Dent*. – 2019. – V. 39 (2). – P. 157-163.
63. Carreño, C. Update of Surgical Techniques for Maxillary Sinus Augmentation: A Systematic Literature Review. / C. Carreño, A. Aguilar-Salvatierra, G. Gómez-Moreno // *Implant Dentistry*. – 2016. – V. 25 (6). – P. 839-844.
64. Chen J. Comparative Insights into Bone Substitutes for Two-Stage Maxillary Sinus Floor Elevation: A Bayesian Network Approach. *Tissue Eng Part C Methods*. 2025 Mar;31(3):130-141. doi: 10.1089/ten.tec.2025.0010. Epub 2025 Mar 10. PMID: 40062553.
65. Cosyn, J. Predictors of Alveolar Process Remodeling Following Ridge Preservation in High-Risk Patients / J. Cosyn, R. Cleymaet, H. De Bruyn // *Clin Implant Dent Relat Res*. – 2016. – V. 18 (2). – P. 226-33.
66. Coyac BR, Wu M, Bahat DJ, Wolf BJ, Helms JA. Biology of sinus floor augmentation with an autograft versus a bone graft substitute in a preclinical in vivo experimental model. *Clin Oral Implants Res*. 2021 Aug;32(8):916-927. doi: 10.1111/clr.13781. Epub 2021 Jun 14. PMID: 34031931.
67. Davydova GA, Fadeeva IV, Trofimchuk ES, Selezneva II, Mahamadiev MT, Akhmetov LI, Yakovsky DS, Proskurin VP, Fosca M, Yankova VG, Rau JV, Saceleanu V. Porous Osteoplastic Composite Materials Based on Alginate-Pectin Complexes and Cation-Substituted Hydroxyapatites. *Polymers (Basel)*. 2025 Jun 23;17(13):1744. doi: 10.3390/polym17131744. PMID: 40647755; PMCID: PMC12252355.
68. Ding Y, Wang X. Long-Term Effects of Bone Morphogenetic Protein-2-Loaded Calcium Phosphate on Maxillary Sinus Lift Surgery for Delayed and Simultaneous Dental Implantation. *J Craniofac Surg*. 2018 Jan;29(1):e58-e61. doi:

10.1097/SCS.00000000000004039. PMID: 29040148.

69. Khijmatgar S, Del Fabbro M, Tumedei M, Testori T, Cenzato N, Tartaglia GM. Residual Bone Height and New Bone Formation after Maxillary Sinus Augmentation Procedure Using Biomaterials: A Network Meta-Analysis of Clinical Trials. *Materials (Basel)*. 2023 Feb 6;16(4):1376. doi: 10.3390/ma16041376. PMID: 36837005; PMCID: PMC9962504.

70. Kwon JJ, Hwang J, Kim YD, Shin SH, Cho BH, Lee JY. Automatic three dimensional analysis of bone volume and quality change after maxillary sinus augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019 Dec;21(6):1148-1155. doi: 10.1111/cid.12853. Epub 2019 Oct 25. PMID: 31651078.

71. Lambert F, Léonard A, Drion P, Sourice S, Layrolle P, Rompen E. Influence of space-filling materials in subantral bone augmentation: blood clot vs. autogenous bone chips vs. bovine hydroxyapatite. *Clin Oral Implants Res*. 2011 May;22(5):538-45. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02069.x. Epub 2010 Dec 28. PMID: 21198906.

72. Malcangi G, Patano A, Palmieri G, Di Pede C, Latini G, Inchingolo AD, Hazballa D, de Ruvo E, Garofoli G, Inchingolo F, Dipalma G, Minetti E, Inchingolo AM. Maxillary Sinus Augmentation Using Autologous Platelet Concentrates (Platelet-Rich Plasma, Platelet-Rich Fibrin, and Concentrated Growth Factor) Combined with Bone Graft: A Systematic Review. *Cells*. 2023 Jul 6;12(13):1797. doi: 10.3390/cells12131797. PMID: 37443831; PMCID: PMC10340512.

73. Pereira RDS, Menezes JD, Bonardi JP, Griza GL, Okamoto R, Hochuli-Vieira E. Bioactive glass added to autogenous bone graft in maxillary sinus augmentation: a prospective histomorphometric, immunohistochemical, and bone graft resorption assessment. *J Appl Oral Sci*. 2018 Jun 11;26:e20170296. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0296. PMID: 29898173; PMCID: PMC6007965.

74. Netto HD, Miranda Chaves MD, Aastrup B, Guerra R, Olate S. Bone Formation in Maxillary Sinus Lift Using Autogenous Bone Graft at 2 and 6 Months. *Int J Morphol*. 2016 Sep;34(3):1069-1075. doi: 10.4067/S0717-95022016000300041.

PMID: 27867255.

75. Pereira RDS, Menezes JD, Bonardi JP, Griza GL, Okamoto R, Hochuli-Vieira E. Bioactive glass added to autogenous bone graft in maxillary sinus augmentation: a prospective histomorphometric, immunohistochemical, and bone graft resorption assessment. *J Appl Oral Sci.* 2018 Jun 11;26:e20170296. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0296. PMID: 29898173; PMCID: PMC6007965.

76. Pisoni L, Lucchi A, Persia M, Marchi O, Ordesi P, Siervo S. Sinus lift: 3 years follow up comparing autogenous bone block versus autogenous particulated grafts. *J Dent Sci.* 2016 Sep;11(3):231-237. doi: 10.1016/j.jds.2015.10.007. Epub 2016 Jul 19. PMID: 30894978; PMCID: PMC6395278.

77. Romão, M.M. Micro-computed tomography and histomorphometric analysis of human alveolar bone repair induced by laser phototherapy: a pilot study. / M.M. Romão, M.M. Marques, A.R. Cortes, A.C. Horliana, M.S. Moreira, C.A. Lascale // *Int J Oral Maxillofac Surg.* – 2015. – V. 44 (12). – P. 1521-1528.

78. Schaaf H, Streckbein P, Lendeckel S, Heidinger KS, Rehmann P, Boedeker RH, Howaldt HP. Sinus lift augmentation using autogenous bone grafts and platelet-rich plasma: radiographic results. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Nov;106(5):673-8. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.04.004. Epub 2008 Jul 7. PMID: 18602312.

79. Sennerby L, Hallman M, Lundgren S. A clinical and histologic evaluation of implant integration in the posterior maxilla after sinus floor augmentation with autogenous bone, bovine hydroxyapatite, or a 20:80 mixture. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 Sep-Oct;17(5):635-43. PMID: 12381063.

80. Smiler DG, Johnson PW, Lozada JL, Misch C, Rosenlicht JL, Tatum OH Jr, Wagner JR. Sinus lift grafts and endosseous implants. Treatment of the atrophic posterior maxilla. *Dent Clin North Am.* 1992 Jan;36(1):151-86; discussion 187-8. PMID: 1737600.

81. Suárez-López Del Amo F, Monje A. Efficacy of biologics for alveolar ridge preservation/reconstruction and implant site development: An American Academy

of Periodontology best evidence systematic review. J Periodontol. 2022 Dec;93(12):1827-1847. doi: 10.1002/JPER.22-0069. Epub 2022 Oct 24. PMID: 35841608; PMCID: PMC10092438.

82. Testori T, Weinstein T, Taschieri S, Wallace SS. Risk factors in lateral window sinus elevation surgery. Periodontol 2000. 2019 Oct;81(1):91-123. doi: 10.1111/prd.12286. PMID: 31407430.

83. Tolstunov, L. Introduction and Bone Augmentation Classification / L. Tolstunov // Vertical Alveolar Ridge Augmentation in Implant dentistry: A Surgical Manual. – 2016. – P. 1-66.

84. Tsepilov, R.N. Hyaluronic Acidan "Old" Molecule with "New" Functions: Biosynthesis and Depolymerization of Hyaluronic Acid in Bacteria and Vertebrate Tissues Including during Carcinogenesis // Biochemistry (Mosc). – 2015. – V. 80 (9). – P. 1093-1108.

85. Vissink A, Rickert D, Slater JJ, Meijer HJ, Raghoobar GM. Maxillary sinus lift with solely autogenous bone compared to a combination of autogenous bone and growth factors or (solely) bone substitutes. A systematic review. Int J Oral Maxillofac Surg. 2012 Feb;41(2):160-7. doi: 10.1016/j.ijom.2011.10.001. Epub 2011 Nov 17. PMID: 22099314.

86. Vidigal BC, Mendes LD, Bustamante RP, Favato MN, Manzi FR, Cosso MG, Zenóbio EG. Effect of amount of biomaterial used for maxillary sinus lift on volume maintenance of grafts. J Clin Exp Dent. 2020 Sep 1;12(9):e830-e837. doi: 10.4317/jced.56315. PMID: 32994871; PMCID: PMC7511044.

87. Yang, S. Variability in Particle Degradation of Four Commonly Employed Dental Bone Grafts / S. Yang, L. Lan, R.J. Miron, L. Wei, M. Zhang, Y. Zhang // Clin Implant Dent Relat Res. – 2015. – V. 17 (5). – P. 996-1003.

88. Yu, H. Outcomes of 6.5-mm Hydrophilic Implants and Long Implants Placed with Lateral Sinus Floor Elevation in the Atrophic Posterior Maxilla: A Prospective, Randomized Controlled Clinical Comparison / H. Yu, X. Wang, L. Qiu // Clin Implant Dent Relat Res. – 2017. – 19 (1). – P. 111-122

89. Zaniboni M, Chiapasco M, Casentini P. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:237-59. PMID: 19885448.