

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ОСТЕОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Д.Ю. Аведова¹, Ю.Л. Осипова²

¹ООО «Авиценна» (Армавир, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России (Саратов, Российская Федерация)

Для цитирования: Аведова Д.Ю., Осипова Ю.Л. Рентгенологическая оценка репаративного остеогенеза у экспериментальных животных при имплантации различных композиций остеопластических материалов. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2025;25(2):38-41. DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP675170>

■ Сведения об авторах

Аведова Д.Ю. – врач-стоматолог. E-mail: sar-kafedra-terstom@yandex.ru

*Осипова Юлия Львовна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры терапевтической стоматологии. ORCID: 0000-0002-0669-2867

E-mail: osipova-sgmu@mail.ru

*Автор для переписки

Получено: 28.02.2025

Одобрено: 29.03.2025

Опубликовано: 06.05.2025

■ Аннотация

Цель – изучение эффективности репаративного остеогенеза при поведении операции направленной регенерации костной ткани с использованием различных комбинаций остеопластических материалов методом конусно-лучевой компьютерной томографии.

Материал и методы. У экспериментальных животных использовали различные соотношения композиций аутогенных остеопластических композиций из костной стружки нижней челюсти или подвздошной кости, ксеногенного остеопластического материала и биорезорбируемой мембраны.

Результаты. Оценивали оптическую плотность костного регенерата методом компьютерной томографии после проведения метода направленной регенерации ткани. Изучен репаративный остеогенез при применении различных комбинаций аутогенной кости и ксеногенного материала.

Выводы. Полученные результаты позволяют рекомендовать к практическому применению использование композиций остеопластических материалов из аутогенной кости и ксеногенного материала. Экспериментально доказано, что высокие темпы регенерации костной ткани достигаются при имплантации композиции, состоящей из 75% искусственного ксеногенного материала Xenograft Mineral и 25% аутогенной костной стружки, полученной из угла нижней челюсти (внутриротовой донорской зоны).

■ **Ключевые слова:** репаративный остеогенез, имплантация, остеопластический материал, костная пластика, аутогенная кость, аугментация кости.

■ **Конфликт интересов:** не заявлен.

■ Список сокращений

НРКТ – направленная регенерация костной ткани; КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография; ККМ – ксеногенный костный материал; АКС – аутогенная костная стружка.

RADIOLOGIC EVALUATION OF REPARATIVE OSTEOGENESIS IN EXPERIMENTAL ANIMALS DURING IMPLANTATION OF DIFFERENT COMPOSITIONS OF OSTEOPLASTIC MATERIALS

Diana Yu. Avedova¹, Yulia L. Osipova²

¹Center "Avicenna" LLC (Armavir, Russian Federation)

²Saratov State Medical University (Saratov, Russian Federation)

Citation: Avedova DYU, Osipova YUL. Radiologic evaluation of reparative osteogenesis in experimental animals during implantation of different compositions of osteoplastic materials. *Aspirantskiy vestnik Povolzhiya*. 2025;25(2):38-41. DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP675170>

■ Information about authors

Diana Yu. Avedova – dentist. E-mail: sar-kafedra-terstom@yandex.ru

*Yulia L. Osipova – Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Therapeutic Dentistry. ORCID: 0000-0002-0669-2867

E-mail: osipova-sgmu@mail.ru

*Corresponding Author

Received: 28.02.2025

Accepted: 29.03.2025

Published: 06.05.2025

■ Abstract

Aim – to study the effectiveness of reparative osteogenesis during the operation of guided bone tissue regeneration using various combinations of osteoplastic materials by cone-beam computed tomography.

Material and methods. In experimental animals, various ratios of compositions of autogenous osteoplastic compositions from bone chips of the lower jaw or ilium, xenogenic osteoplastic material and bioresorbable membrane were used.

Results. The optical density of the bone regenerate was estimated by computed tomography after the method of guided tissue regeneration. Reparative osteogenesis was studied using various combinations of autogenous bone and xenogenic material.

Conclusions. The obtained results allow us to recommend the use of compositions of osteoplastic materials from autogenous bone and xenogenic material for practical use. It has been experimentally proven that high rates of bone tissue regeneration are achieved using a mixture consisting of 25% autogenous bone (angle of mandible, internal mouth cavity of donor) and 75% xenogenic material.

■ **Keywords:** reparative osteogenesis, implantation, osteoplastic material, bone grafting, autogenous bone, bone augmentation

■ **Conflict of interest:** *nothing to disclose.*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема эффективного планирования реконструктивных оперативных мероприятий занимает важное место в структуре стоматологической патологии. Метод направленной регенерации ткани, широко используемый при дентальной имплантации, характеризуется постоянным совершенствованием методик хирургического лечения, применения высокотехнологичных материалов, использования конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). В 1976 году J. Melcher обосновал концепцию направленной регенерации тканей пародонта, доказав, что ткани, окружающие корень (периодонт, костная ткань, десневой эпителий), способны к «репопуляции», что обуславливает заживление тканей пародонта после пародонтальной хирургии. Свое широкое распространение метод направленной регенерации ткани нашел в дентальной имплантации. Варианты его использования связаны с применением различных остеопластических материалов и мембран, от которых зависят сроки регенерации костной ткани и успешность проведенной операции [1–4]. Аутогенная аугментация кости является «золотым стандартом» лечения протяженных костных дефектов перед имплантацией [1, 4]. Высокая частота встречаемости адентии зубов и дефицита костной ткани в зоне планируемой имплантации требует поиска и разработки новых остеопластических материалов [2]. В настоящее время исследователи предлагают в качестве аутогенной кости использовать аутогенную кость из скулового альвеолярного гребня [1], аллогенный минерализованный и деминерализованный костный матрикс [5, 6], комбинированный трансплантат и кортикальную кость диафиза бедренной кости [3]. Работы, показывающие эффективность методик направленной регенерации костной ткани (НРКТ) с использованием различных объемов и комбинаций аутогенной костной стружки (АКС) и ксеногенного костного материала, в литературе отсутствуют, поэтому нами предпринята попытка изучения этого актуального вопроса [4].

ЦЕЛЬ

Оценить костную регенерацию у экспериментальных животных при использовании различных комбинаций аутогенной кости и ксеногенного материала методом КЛКТ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В эксперименте использовались 80 кроликов-самцов породы шиншилла. Для операции НРКТ применяли российские биоматериалы – ксеногенный костный материал

(ККМ) Xenograft Mineral «Кардиоплант», представляющий собой гидроксипатит кальция, изготовленный из ткани телят и не содержащий коллаген, а также биорезорбируемую барьерную мембрану bioPLATE «Кардиоплант», изготовленную из натурального коллагена. Забор аутогенной костной стружки (АКС) проводили из нижней челюсти внеротовым и интратротоковым доступом. Животные были распределены по группам. В первой – контрольной – группе (12 кроликов) использовали только ККМ. Вторая группа (36 кроликов) была разделена на подгруппы, у которых использовали разное соотношение аутогенной стружки из нижней челюсти и ксеногенного остеопластического материала. В подгруппе 2А (12 животных) использовали композицию из смеси 25% ККМ и 75% АКС; в подгруппе 2Б (12 животных) использовали смесь 50% ККМ и 50% АКС; в подгруппе 2В (12 животных) использовали смесь 75% ККМ и 25% АКС. В третьей группе (36 животных) в качестве внеротовой донорской зоны использовали подвздошную кость и различные композиции ККС. Третья группа также была разделена на подгруппы. В подгруппе 3А (12 животных) использовали смесь 25% ККМ и 75% АКС; в подгруппе 3Б (12 животных) использовали 50% ККМ и 50% АКС; в подгруппе 3В (12 животных) использовали смесь 75% ККМ и 25% АКС.

Забор различных объемов остеопластических материалов проводили специально разработанной мерной ложкой (патент РФ на полезную модель №221268). Лучевая диагностика динамики репаративного остеогенеза у животных проводилась компьютерным томографом Orthophos XG3D/Ceph (Sirona) на 30-е, 90-е и 180-е сутки после операции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ результатов лучевой диагностики у экспериментальных животных позволил установить различия в динамике процессов остеогенеза. На 30-е сутки у всех животных определялись нечеткие контуры костной ткани в зоне хирургического вмешательства. На 90-е сутки наблюдений во всех группах определялись активные процессы восстановления костной ткани. Плотность костной ткани у животных первой группы была значительно ниже, чем у животных во второй и третьей группах. Слабая рентгенологическая тень в области костного дефекта, заполненного ксенотрансплантатом, обусловлена отсутствием в составе костнозамещающего материала – аутокости. На 180-е сутки эксперимента у всех животных продолжались процессы остеогенеза. Анализируя КЛКТ, можно отметить,

что костные регенераты у животных там, где присутствовала смесь аутокости и ксенографа (группы 2 и 3), имели лучшие результаты повышения плотности новообразованной костной ткани. Неоостеогенез у кроликов с АКС из внутриротовой зоны (вторая группа) и АКС из подвздошной кости (третья группа) также имел различия. Наилучшие показатели плотности костного регенерата определялись в подгруппах 2Б, 2В и 3В. Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что увеличение объема АКС до 25–50% и ККС свыше 50% повышает эффективность хирургического вмешательства.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что репарация костной ткани зависит от количества остеопластических материалов. Анализ полученных методом КЛКТ результатов позволяет сделать вывод о том, что оптимальным соотношением компонентов ККМ и АКС из внеротового источника является смесь остеопластических материалов, состоящая из соотношения 75% и 25% соответственно. Экспериментальным путем доказано, что снижение качества костного регенерата происходит при увеличении объема АКС (75%) из внеротовой зоны.

Полученные нами результаты согласуются с данными ранее проведенных исследований [7], в которых одной из проблем, ограничивающих использование аутогенной кости из внеротовой зоны, отмечено высокое содержание в ней монобластов – клеток – предшественников

остеокластов. Следовательно, 25% АКС из внеротового источника в композиции с ККМ является оптимальным объемом, позволяющим максимально использовать остеиндуктивный потенциал аутогенной кости, при этом минимизируя резорбтивные процессы в ходе ремоделирования костной ткани.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно предположить, что при использовании только искусственного ксеногенного материала репарация костной ткани проходит в течение 180 суток после проведенного оперативного вмешательства. Присутствие аутогенного пластического материала в составе остеопластических композиций значительно увеличивает его остеиндуктивные свойства, а остеокондуктивные свойства ксеногенного материала обеспечивают стабильность объема полученного регенерата. В ходе пластических операций определено, что остеиндуктивный эффект аутокости, взятой из внутриротовой зоны нижней челюсти, выше, чем у такого же по объему аутотрансплантата, взятого из внеротовой зоны (подвздошная кость) экспериментальных животных.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать, что наилучшие результаты в ходе экспериментальных остеопластических операций получены при имплантации следующей композиции: 75% – искусственный ксеногенный материал Xenograft Mineral и 25% – аутогенная костная стружка, полученная из угла нижней челюсти (внутриротовой донорской зоны).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Kuster I, Osterwalder L, Valdec S. et al. Autogenous bone augmentation from the zygomatic alveolar crest: a volumetric retrospective analysis in the maxilla. *Int J Implant Dent*. 2020;6:59. DOI: [10.1186/s40729-020-00258-y](https://doi.org/10.1186/s40729-020-00258-y)
2. Shukparov AB, Shomurodov KE, Mirkhusanova RS. Principles of directed bone regeneration: critical preoperative factors and success criteria. *Integrative dentistry and maxillofacial surgery*. 2022;1(1):10-13. [Шукпаров А.Б., Шомуродов К.Э., Мирхусанова Р.С. Принципы направленной костной регенерации: критические предоперационные факторы и критерии успеха. *Интегративная стоматология и челюстно-лицевая хирургия*. 2022;1(1):10-13].
3. Litvinov YuYu. Production of bone implants and implant preparations with antimicrobial properties based on sterile demineralized bone matrix. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2019;22(3):21-30. (In Russ.). [Литвинов Ю.Ю. Получение костных имплантатов и имплантационных препаратов с антимикробными свойствами на основе стерильного деминерализованного костного матрикса. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2019;22(3):21-30. DOI: [10.29296/25877313-2019-03-04](https://doi.org/10.29296/25877313-2019-03-04)
4. Avedova DYU, Osipova YuL, Zyulkina LA, et al. Optimization of bone grafting in patients with jaw bone atrophy. *Modern Science: actual problems of theory and practice*. 2024;10(2):128-130. [Аведова Д.Ю., Осипова Ю.Л., Зюлькина Л.А., и др. Оптимизация костной пластики у пациентов с атрофией челюстных костей. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. 2024;10(2):128-130. DOI: [10.37882/2223-2966.2024.10-2.01](https://doi.org/10.37882/2223-2966.2024.10-2.01)
5. Iryanov YuM, Kiryanov NA, Dyuryagina OV. The effect of mineralized bone matrix on reparative osteogenesis. *Advances in current natural sciences*. 2014;4:24-28. [Ирьянов Ю.М., Кирьянов Н.А., Дюрягина О.В. Влияние минерализованного костного матрикса на репаративный остеогенез. *Успехи современного естествознания*. 2014;4:24-28. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=33315>
6. Pankratov AS, Fadeeva IS, Yurasova YuB, Grinin VM, Cherkesov IV, Korshunov VV. The Osteoinductive Potential of Partially Demineralized Bone Matrix and the Possibility of Its Use in Clinical Practice. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2022;77(2):143-151. [Панкратов А.С., Фадеева И.С., Юрасова Ю.Б., и др. Остеоиндуктивный потенциал частично деминерализованного костного матрикса и возможности его использования в клинической практике. *Вестник РАМН*. 2022;77(2):143-151. DOI: [10.15690/vramn1722](https://doi.org/10.15690/vramn1722)
7. Nagieva SE, Ismailova FE, Nagiev ER. Prospects of bone tissue transplantation in the replacement of mandibular defects (Literature review). *Scientific review. Medical sciences*. 2016;4:69-77. (In Russ.). [Нагиева С.Э., Исмаилова Ф.Э., Нагиев Э.Р. Перспективы трансплантации костной ткани при замещении дефектов нижней челюсти (Обзор литературы). *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2016;4:69-77. URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=914>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Этическая экспертиза. Экспериментальное исследование было рассмотрено и разрешено комитетом по этике ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ имени В.И. Разумовского» Минздрава России, протокол №10 от 11.05.2021 года. Исследование с участием лабораторных животных проходило с соблюдением необходимых правовых актов (приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 №266 «Об утверждении правил лабораторного практикума»).	Ethical examination. This experiment was reviewed and approved by the Local Ethics Committee of the Saratov State Medical University. Protocol No. 10 dated 11.05.2021. The study involving laboratory animals was conducted in compliance with the necessary legal acts (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 dated 19.06.2003 "On Approval of the rules of laboratory practice").
Участие авторов. Аведова Д.Ю. – дизайн исследования, написание текста. Осипова Ю.Л. – дизайн исследования, редактирование статьи, научное руководство. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Avedova D.Yu.: study design, scientific supervision. Osipova Yu.L.: study design, scientific supervision, editing of the article. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.