



УДК: 616.314 + 616.71 + 615.477.2

**Небежев Заур Бабиевич**

кандидат медицинских наук.

Врач- стоматолог - имплантолог- ортопед.

Ген.Директор клиники «32 жемчужины»

Nebezhev@mail.ru

**Zaur B. Nebezhev**

MD, PhD.

Dentist, implantologist, and orthopedist.

CEO of the 32 Pearls Clinic

Nebezhev@mail.ru

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛА «БИОПЛАСТ-ДЕНТ»  
В УСЛОВИЯХ НАПРАВЛЕННОЙ КОСТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ**

**MORPHOLOGICAL EVALUATION OF BONE TISSUE REGENERATION USING  
THE BIOPLAST-DENT MATERIAL UNDER CONDITIONS  
OF DIRECTED BONE REGENERATION**

**Аннотация:** Восстановление костной ткани является актуальной задачей современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Различные остеопластические материалы используются для стимуляции регенерации кости в условиях дефектов, однако эффективность их применения может существенно различаться. «Биопласт-Дент» позиционируется как эффективный материал для направленной костной регенерации. Однако, морфологические особенности регенерации костной ткани при использовании данного материала изучены недостаточно. Целью настоящего исследования явилась морфологическая оценка эффективности применения остеопластического материала «Биопласт-Дент» в сравнении с «Cerabone» в условиях направленной костной регенерации.

Целью исследования явилась морфологическая оценка эффективности применения остеопластического материала «Биопласт-Дент» в сравнении с «Cerabone» в условиях направленной костной регенерации. Исследование включало экспериментальную часть на крысах и КТ-денситометрию у пациентов. В эксперименте изучали динамику регенерации костной ткани в дефектах, заполненных исследуемыми материалами, на 30-е, 60-е и 90-е сутки. Морфологическое исследование выявило признаки активной остеорегенерации в группе «Биопласт-Дент» уже на 30-е сутки, характеризующиеся гиперплазией остеогенного слоя надкостницы и прорастанием сосудов в зону дефекта.

**Ключевые слова:** Необходимо указать ключевые слова, отражающие суть исследования (например, «Биопласт-Дент», «направленная костная регенерация», «osteoplastic material», «морфология костной ткани», «экспериментальное исследование»).

**Abstract:** Bone tissue restoration is an urgent task of modern dentistry and maxillofacial surgery. Various osteoplastic materials are used to stimulate bone regeneration in conditions of defects, but the effectiveness of their use can vary significantly. "Bioplast-Dent" is positioned as an effective material for guided bone regeneration. However, the morphological features of bone tissue regeneration using this material have not been sufficiently studied. The aim of this study was a morphological assessment of the effectiveness of the osteoplastic material "Bioplast-Dent" in comparison with "Cerabone" in conditions of guided bone regeneration.

The aim of the study was a morphological assessment of the effectiveness of the osteoplastic material "Bioplast-Dent" in comparison with "Cerabone" in conditions of guided bone regeneration. The study included an experimental part on rats and CT densitometry in patients. The experiment studied the dynamics of bone tissue regeneration in defects filled with the studied materials on the 30th, 60th and 90th days. Morphological examination revealed signs of active osteoregeneration in the Bioplast-Dent group already on the 30th day, characterized by hyperplasia of the osteogenic layer of the periosteum and vascular growth into the defect area.

**Keywords:** It is necessary to indicate keywords reflecting the essence of the study (e.g., "Bioplast-Dent", "directed bone regeneration", "osteoplastic material", "bone tissue morphology", "experimental study").

**Введение**

Восстановление костной ткани в области челюстно-лицевой области является одной из наиболее актуальных задач современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии [1-3]. Различные патологические процессы, травмы, а также атрофия костной ткани после удаления зубов, могут приводить к необходимости проведения костно-пластических операций [4]. Для стимуляции регенерации кости в условиях дефектов ши-

роко применяются разнообразные остеопластические материалы. Выбор оптимального материала, обладающего высокой биосовместимостью, остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, является определяющим фактором для достижения успешного клинического результата [5].

На рынке представлено множество материалов для направленной костной регенерации (НКР), отличающихся по составу, структуре и механизму действия. Одним из таких материалов является «Биопласт-Дент», позиционируемый производителем как эффективное средство для стимуляции остеогенеза [6]. Несмотря на заявленные преимущества, морфологические аспекты процесса регенерации костной ткани при использовании «Биопласт-Дент» в условиях НКР остаются недостаточно изученными [7]. В связи с этим, детальная оценка морфологических изменений в регенерирующей костной ткани при применении данного материала представляется важной и актуальной.

В настоящей работе проведена морфологическая оценка регенерации костной ткани в условиях направленной костной регенерации с использованием остеопластического материала «Биопласт-Дент» в сравнении с широко применяемым материалом «Cerabone».

#### **Материалы и методы:**

Исследование по оценке регенерации костной ткани проводилось в два этапа: *in vivo* на животных и клиническое исследование с использованием КТ-денситометрии у пациентов.

- **Экспериментальное исследование:** Экспериментальная часть работы выполнена на 90 половозрелых крысах линии «Вистар», массой 200-250 граммов. Животные были рандомизированы на 3 группы (n=30 в каждой):

- Группа 1: заполнение костного дефекта материалом «Биопласт-Дент».
- Группа 2: заполнение костного дефекта материалом «Cerabone».
- Группа 3: контрольная группа (без заполнения дефекта).

Содержание и уход за животными осуществлялись в соответствии с положениями Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей (Страсбург, 1986), Общих этических принципов экспериментов на животных, принятых Первым национальным конгрессом по биоэтике. Животным предоставлялся гранулированный комбикорм и вода *ad libitum*.

Оперативное вмешательство проводилось под общей анестезией (кетамин 50-75 мг/кг после премедикации ацепромазином 2,5 мг/кг). После стандартной подготовки операционного поля осуществляли доступ к диафизу бедренной кости. Формировали дефект размером 2-3 мм с помощью шаровидного твердосплавного бора при низких оборотах с охлаждением 0,9% физиологическим раствором. Дефект заполняли соответствующим остеопластическим материалом, после чего устанавливали титановый винт ВТ1-00 для фиксации материала. В контрольной группе дефект не заполнялся. Рану ушивали послойно. В послеоперационном периоде проводили антисептическую обработку раны и обезболивание кеторолаком (0,6 мг дважды в сутки) в течение 5 дней.

Животных выводили из эксперимента на 30-е, 60-е и 90-е сутки путем передозировки эфирного наркоза (n=10 в каждой группе на каждый срок). Для морфологического исследования проводили резекцию центральной части диафиза бедренной кости, включающей участок дефекта с регенератом и титановым винтом.

Для гистологического исследования материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, декальцинировали в смеси 10% раствора нейтрального формалина и 5% водного раствора трихлоруксусной кислоты в течение 4 дней. После спиртовой проводки материал подвергали парафиновой проводке. Депарафинированные срезы толщиной 5-6 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, а также проводили ШИК-реакцию по Мак-Манусу с контролем амилазой и окраску фукселином на эластичные волокна по Вейгерту с докраской пикрофусином по методу Ван Гизон. Используемые методики окрашивания позволяют оценить общее состояние костной ткани, выявить и дифференцировать соединительнотканые и костные. Препараты анализировали методом оптической микроскопии (микроскоп «Olympus BX-41», увеличение \*200). Оценивали общий характер строения кости, наличие или отсутствие изменений, их характер в зоне расположения имплантата и остеопластического материала, а также в близлежащих участках кости.

По периметру костного дефекта остеопластический материал замещался регенератом, представленным полями фуксинофильной волокнисто-клеточной остеогенной ткани. В ней определялись очаги активного новообразования остеоидных трабекул (рис. 3.1).

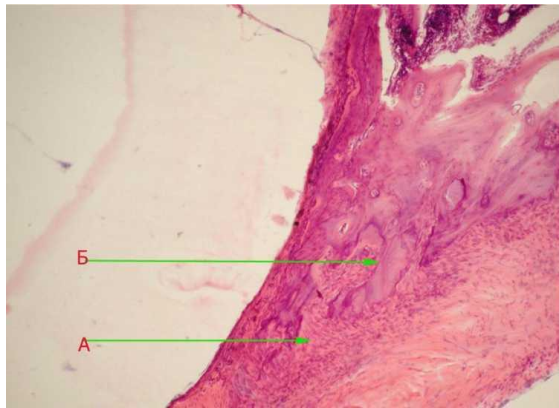


Рис. 1 Микрофотограмма на 30 день: волокнисто-клеточная ткань (А) и остеоидные трабекулы (Б) в составе регенерата. «Биопласт-Дент». Окраска гематоксилином и эозином. Ув. х 200.

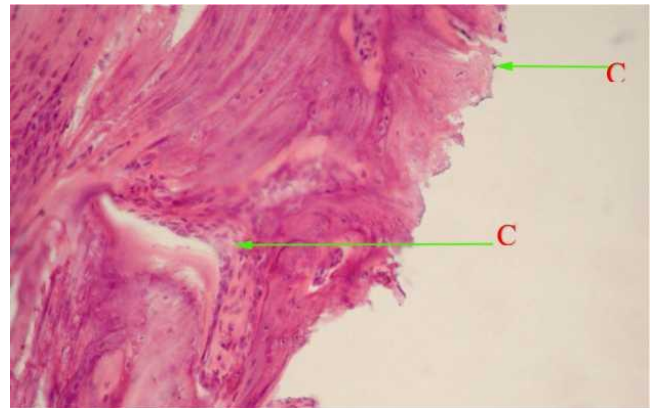


Рис. 2 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 30 сутки: в регенерате имеются признаки (С) хондронидной дифференцировки с неровными, «соединенными» краями. «Биопласт-Дент». Окраска гематоксилином и эозином. Ув. х 200.

Первичная регенерация костной ткани демонстрировала наличие остеобластов и остеоцитов, интегрированных в костные лакуны. Наблюдались начальные этапы формирования остеоонных структур и гаверсовых каналов.

Тем не менее, зрелые остеоны и формирующиеся гаверсовы каналы характеризовались гетерогенностью морфометрических параметров. Отсутствие пространственной организации данных структур указывало на продолжающиеся процессы ремоделирования. Тинториальные свойства аморфного компонента костного регенерата приближались к характеристикам зрелой костной ткани.

Внутри вновь сформированных костных трабекул выявлялись области, содержащие рыхлую соединительную ткань и выстланные клетками округлой формы. В отдельных участках регенерата отмечались признаки хондронидной дифференцировки. Границы регенерата демонстрировали неровную форму, обусловленную, вероятно, резорбтивными процессами (Рис. 2).

К 60-му дню в экспериментальной группе, получавшей материал «Биопласт-Дент», фрагменты костной ткани в зоне дефекта не определялись, что может быть объяснено активностью фагоцитарных клеток. По периферии дефекта наблюдался интенсивный остеогенез с формированием молодой остеоидной ткани, демонстрирующей оксифильную окраску при окрашивании гематоксилином и эозином.

Костный регенерат характеризовался формированием трабекулярной сети с анастомозирующими ветвями (Рис. 3). Происходило формирование костномозговых пространств, в которых к указанному сроку отмечалась миелопоэтическая активность.

Вновь сформированная костная ткань подвергалась компактизации, проявляющейся в формировании упорядоченных остеоонных систем с гаверсовыми каналами, что свидетельствует о высокой степени дифференцировки. Округлые остеообласты и дифференцированные овальные остеоциты располагались в лакунах. Аморфное вещество кости демонстрировало фуксинофилию при окрашивании по методу Ван Гизона.

Волокнистый компонент регенерата формировал продольно ориентированные пучки, характеризующиеся интенсивной фуксинофилией, что указывает на прогрессирующую коллагенизацию (Рис. 3.3).

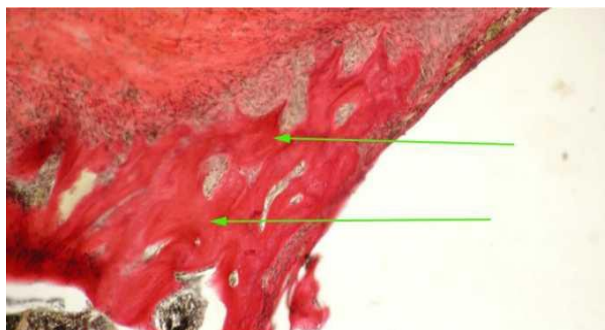


Рис. 3 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 60 сут: фуксинофильная волокнисто-клеточная остеоидная ткань и вновь костные трабекулы (А). Остеопластический материал «Биопласт-Дент». Окраска по Ван Гизону. Ув. Х 200

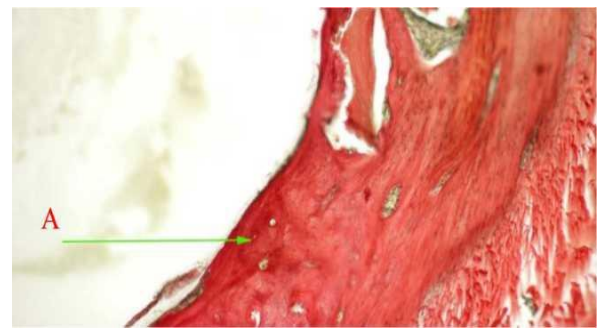


Рис. 4 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сут: преобладание в составе регенерата фуксинофильного костного компонента (А). Остеопластический материал «Биопласт-Дент». Окраска по Ван Гизону. Ув. х 100.

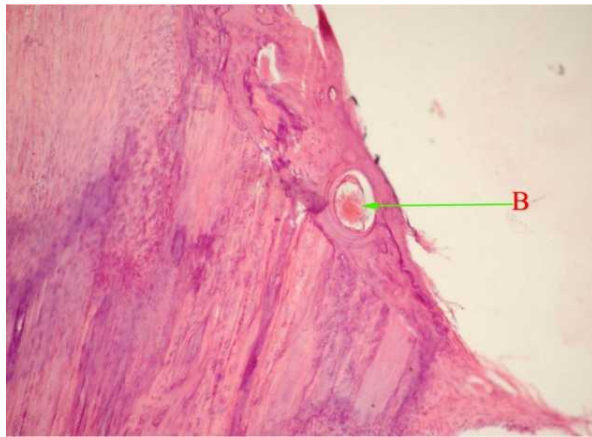


Рис. 5 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сутки: во вновь костной ткани сформированы остеонные системы с Гаверсовыми каналами (В). Остеопластический материал «Биопласт-Дент» на 90 сутки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. x 100.

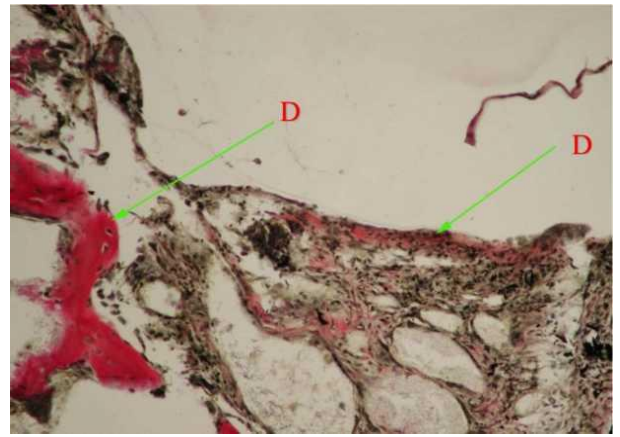


Рис.6 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 30 сутки: по периметру дефекта расположена грануляционная ткань с нежно волокнистыми структурами (O) Окраска за Ван Гизоном.

Сосуды микроциркуляторного русла с признаками хорошего кровенаполнения.

На 90 сут в данной экспериментальной группе объем костного регенерата, расположенного по периметру дефекта, был значительным. На фоне завершающегося костного образования происходили процессы его дифференцировки.

Тинкториальные свойства основного вещества вновь костной ткани при крашении по Ван Гизону были такими, как и у зрелой костной ткани, то есть характеризовались выраженной фуксинофилией (рис. 4).

Проявлением дифференцировки костной ткани было также превращение ее матрикса из грубоволокнистого в пластинчатое и окончательное упорядочение остеонных систем и гаверсовых каналов (рис. 5). В лакунах костного матрикса определялись дифференцированные остециты. Трабекулы покрыты надкостницей из молодых коллагеновых волокон с большим количеством клеток фибробластического ряда. В межтрабекулярных пространствах визуализировалась миелоидная ткань.

Морфологическое изучение эффективности остеопластического материала Cerabone на 30 сутки эксперимента демонстрировало такую морфологическую картину: по периферии искусственно созданного костного дефекта определялась грануляционная ткань.

Она имела многочисленные сосуды капиллярного типа и нежно фуксинофильными при крашении по Ван Гизону волокнистыми структурами (рис. 5,6).

В меньшей части наблюдений костная составляющая регенерата определялась, хотя при этом была слабо развита, лишь на небольших участках по периметру дефекта, в составе волокнисто-клеточной ткани встречались тонкие костные трабекулы.

Объем новообразованных костных структур был значительно меньше по сравнению с первой экспериментальной группой (рис. 7).

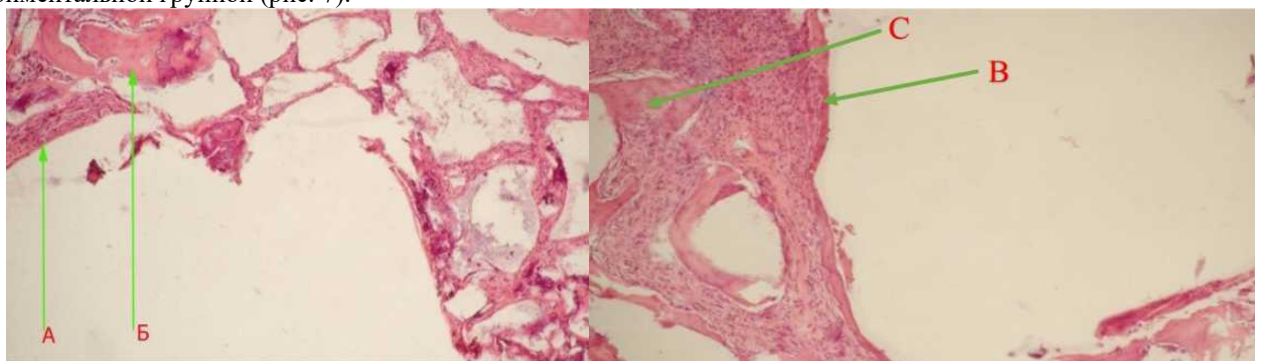


Рис. 7 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 30 сут: волокнисто-клеточный компонент регенерата (А) и немногочисленные костные трабекулы (В). Остеопластический материал «Cerabone». Окраска гематоксилином и эозином. Ув. x 100.

Рис. 8 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 60 сутки: волокнисто-клеточный компонент регенерата (С) и остеопластический материал «Cerabone».

При использовании остеопластического материала «Cerabone» на 60 сут эксперимента по периметру

костного дефекта, как и на 30 сут, преобладал волокнисто-клеточный компонент.

В регенерате определялись немногочисленные тонкие остеодные и фиброзные трабекулы.

При постановке ШИК реакции хорошо видно, что костный матрикс в костном регенерате неоднороден, основное вещество неравномерно окрашено, костные пластины не имеют параллельной ориентации. Костные лакуны с погруженными в них остеобластами и остеоцитами немногочисленны. Создаваемые Гаверсовы каналы не упорядочены, небольших размеров и разной формы. В части наблюдений по периметру дефекта регенерат имел признаки хондронной дифференцировки.

Проведено морфологическое исследование динамики остеорепарации с использованием остеопластического материала Cerabone до 90 суток после имплантации титанового винта и остеопластического материала. Оно показало, что по периметру костного дефекта определялась преимущественно грубоволокнистая ткань с редкими прерывистыми участками новой костной ткани (рис. 9).

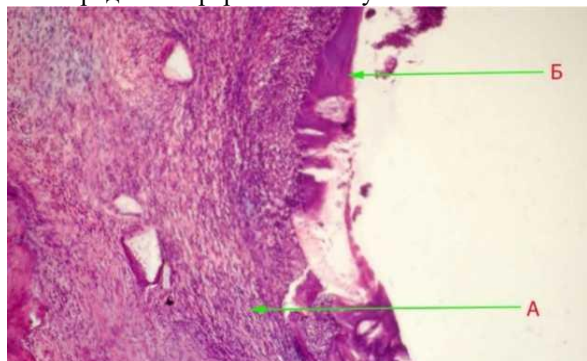


Рис. 9 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сут: по периферии костного дефекта грубоволокнистый регенерат (А) с небольшими участками костной ткани (Б). «Cerabone» Окрашка гематоксилином и эозином. Сб x 100.

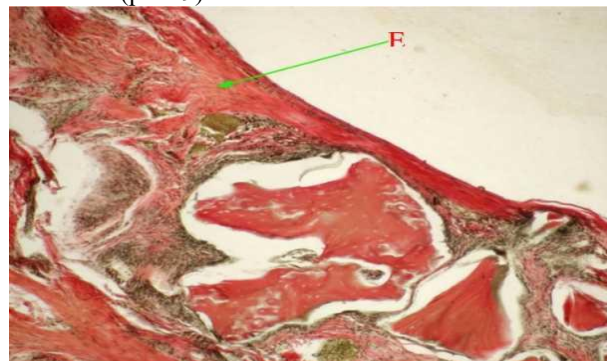


Рис. 10 Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сут: по периферии костного дефекта фуксинофильная грубоволокнистая ткань (Е). «Cerabone». Окрашка по Ван Гизону. Ув. x 100

Объем регенерата был меньше по сравнению с материалом «Биопласт-Дент». При крашении по Ван Гизону волокнистая соединительная ткань характеризовалась умеренной фуксинофилией, что свидетельствовало о процессах коллагенизации. В костной ткани при сформированных лакунах с погруженными в них остеобластами и остеоцитами, остеонные системы и гаверсовы каналы на многих участках не были сформированы или носили неупорядоченный характер (рис. 11-12).

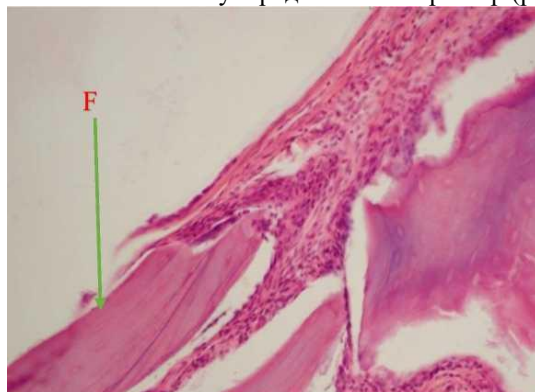


Рис. 11. Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сутки: отсутствие остеонных систем и гаверсовых каналов во вновь костной ткани. «Cerabone» (F). Окрашка гематоксилином и эозином. Ув. X 200

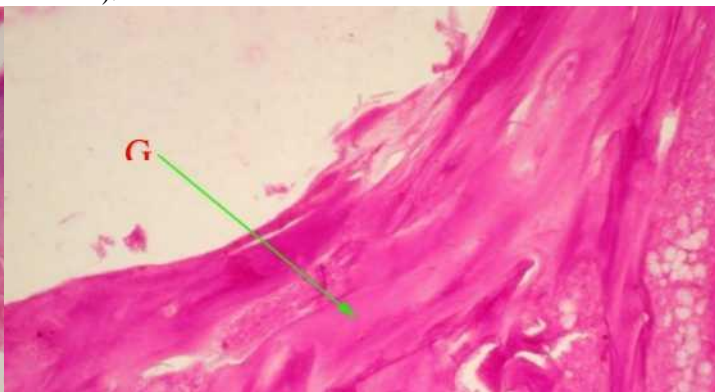


Рис. 12. Микрофотограмма фрагмента регенерата на 90 сут: неравномерная тинкториальная плотность основного вещества (G), отсутствие остеонных систем и Гаверсовых каналов. «Cerabone». ШИК-реакция. Ув. x 100

При постановке ШИК-реакции также отчетливо видны признаки незрелости костного регенерата: неравномерная тинкториальная плотность основного вещества, отсутствие остеонных систем и гаверсовых каналов (рис. 3.14).

### Результаты

В рамках исследования оценивалась эффективность материалов «Биопласт-Дент» и «Cerabone» в стимуляции остеорепарации. Оба материала стимулировали регенерацию костной ткани в области дефекта, однако «Биопласт-Дент» продемонстрировал более выраженный и динамичный эффект: к 90-му дню отмечался значительный объем регенерата с трансформацией матрикса из грубоволокнистого в пластинчатый, упорядочением остеонных систем и гаверсовых каналов, визуализацией миелоидной ткани в межтрабекулярных пространствах, а сам материал подвергался активной биорезорбции и не определялся уже к 60-му дню. В группе

«Serabone» регенерация была менее выраженной, с преобладанием волокнисто-клеточного компонента, неоднородным костным матриксом без параллельной ориентации пластин, неупорядоченными гаверсовыми каналами, признаками хондронидной дифференцировки и сохранением к 90-му дню преимущественно грубоволокнистой ткани с редкими прерывистыми участками новой кости.

#### **Заключение**

Таким образом, «Биопласт-Дент» обеспечивает более эффективную и организованную регенерацию костной ткани, приводящую к формированию зрелой костной ткани с дифференцированными структурами, в то время как «Serabone» способствует менее выраженной регенерации с преобладанием волокнисто-клеточного компонента и признаками хондронидной дифференцировки.

#### **Литература:**

1. *Клиническая оценка остеопластического материала Биопласт-Дент (обзор) / А. А. Романенко, В. В. Чуев, А. А. Бузов [и др.] // Клиническая стоматология. – 2020. – № 2(94). – С. 46-54*
2. *Коротких Н.Г., Харитонов Д.Ю., Азарова Е.А., Степанов И.В. Экспериментальное обоснование использования материалов «Клидент», «Биопласт-дент» при замещении костных дефектов после травматического удаления зубов. - Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2014; 1: 67.*
3. *A comparative study of particulate and block hydroxyapatite in alveolar ridge augmentation.» (Cordaro L, di Torresanto VM, di Murro C, Bertolai R, Ercoli C. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000;15(4):551-557.*
4. *Okropiridze, Tamar & Leonidze, Aleksandre & Lordkipanidze, Revaz & Sulashvili, Nodar & Qmosteli, Beso & Merabishvili, Merab. (2022). USAGE OF BIOPLAST - DENT IN EXPERIMENT. 10.13140/RG.2.2.34790.70727.*
5. *Rou Li, Shiqing Xu, Yanning Guo, Cong Cao, Jingchen Xu, Lijun Hao, Sai Luo, Xinyao Chen, Yuyang Du, Ye Li, Yong Xie, Weitong Gao, Jing Li, Baohua Xu, Application of collagen in bone regeneration, Journal of Orthopaedic Translation, Volume 50, 2025, Pages 129-143,*
6. *Starch-Jensen T, Deluiz D, Tinoco EMB. Horizontal Alveolar Ridge Augmentation with Allogeneic Bone Block Graft Compared with Autogenous Bone Block Graft: a Systematic Review. J Oral Maxillofac Res. 2020 Mar 31;11(1)*
7. *Wüster J, Neckel N, Sterzik F, Xiang-Tischhauser L, Barnewitz D, Genzel A, Koerdt S, Rendenbach C, Müller-Mai C, Heiland M, Nahles S, Knabe C. Effect of a synthetic hydroxyapatite-based bone grafting material compared to established bone substitute materials on regeneration of critical-size bone defects in the ovine scapula. Regen Biomater. 2024 Apr 24;11:*

#### **Literature:**

1. *Clinical assessment of the osteoplastic material Bioplast-Dent (review) / A. A. Romanenko, V. V. Chuev, A. A. Buzov [et al.] // Clinical dentistry. – 2020. – № 2(94). – Pp. 46-54*
2. *Korotkov N.G., Kharitonov D.Yu., Azarova E.A., Stepanov I.V. Experimental substantiation of the use of Clipdent and Bioplast-dent materials in the replacement of bone defects after traumatic tooth extraction. - Bulletin of New Medical Technologies. Electronic edition. - 2014; 1: 67.*
3. *Comparative study of the use of granular and block hydroxyapatite with an increase in the alveolar process." (Cordaro L., di Torresanto V.M., di Murro S., Bertolai R., Ercoli S. Implants for the maxillofacial region. 2000;15(4):551-557.*
4. *Okropiridze, Tamar and Leonidze, Alexander and Lordkipanidze, Revaz and Sulashvili, Nodar and Kmosteli, Beso and Merabishvili, Merab. (2022). THE USE OF BIOPLASTICS IN THE EXPERIMENT. 10.13140/RG.2.2.34790.70727.*
5. *Rou Li, Shiqing Xu, Yanning Guo, Kong Cao, Jingchen Xu, Lijun Hao, Sai Luo, Xinyao Chen, Yuyang Du, Ye Li, Yun Xie, Weitong Gao, Jing Li, Baohua Xu, The use of collagen in bone tissue regeneration, Journal of Orthopedic Translation, volume 50, 2025, Pages 129-143,*
6. *Starch-Jensen T., Deluise D., neb. Tinoco. Enlargement of the horizontal alveolar process using an allogeneic bone block graft in comparison with an autogenous bone block graft: a systematic review. J Maxillofacial Surgery 2020, March 31;11(1)*
7. *Wuster J., Neckel N., Sterzik F., Xiang-Tischhauser L., Barnevitz D., Genzel A., Kerdt S., Rendenbach S., Muller-Mai S., Hyland M., Nahles S., Knabe S. Effect of synthetic material for bone grafting based on hydroxyapatite compared with known bone replacement materials for the regeneration of bone tissue. bone defects of the shoulder of mutton of critical size. Restoration of biomaterial. April 24, 2024;11:*