



УДК: 617.52-089.844

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

**ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТЕЙ
В ДИНАМИКЕ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ЗУБА**

**DENSITOMETRIC EVALUATION OF JAWS BONE TISSUE REGENERATION DYNAMICS AFTER
TOOTH EXTRACTION**

Аннотация. Восстановление костной ткани в области постэкстракционного дефекта является важным фактором, определяющим успех последующей дентальной имплантации. Использование остеопластических материалов, в частности ксенотрансплантатов, может способствовать оптимизации репаративных процессов. Однако, эффективность данных материалов может варьироваться в зависимости от биотипа костной ткани. Целью данного исследования являлось изучение динамики изменения плотности костной ткани челюстей различных биотипов в области постэкстракционного дефекта на фоне применения ксеногенного материала Биопласт-Дент.

Ключевые слова: Денситометрия, постэкстракционный дефект, ксенотрансплантат, Биопласт-Дент, биотип кости, регенерация костной ткани.

Abstract. Bone tissue regeneration in the area of a post-extraction socket is an important factor determining the success of subsequent dental implantation. The use of osteoplastic materials, in particular xenografts, can help optimize reparative processes. However, the effectiveness of these materials may vary depending on the biotype of the bone tissue. The aim of this study was to investigate the dynamics of changes in bone density of different biotypes of jaws in the area of a post-extraction socket against the background of the use of the xenogeneic material Bioplast-Dent.

Keywords: Densitometry, post-extraction socket, xenograft, Bioplast-Dent, bone biotype, bone tissue regeneration.

Введение

Восстановление костной ткани альвеолярного отростка после удаления зуба — сложный биологический процесс, определяющий успех дентальной имплантации [1]. Недостаточный объем и плотность кости в постэкстракционной лунке затрудняют имплантологическое лечение и повышают риск неблагоприятного исхода [2], поэтому оптимизация регенеративных процессов остается актуальной задачей [3]. Перспективным направлением является применение ксенотрансплантатов благодаря их остеокондуктивным свойствам [4], однако клиническая эффективность варьирует в зависимости от индивидуальных особенностей пациента, локализации дефекта и биотипа костной ткани [5, 6], определяющего регенераторный потенциал и скорость остеointegrации. Целью настоящего исследования является изучение динамики регенерации костной ткани челюстей различных биотипов в области постэкстракционного дефекта на фоне применения ксеногенного материала «Биопласт-Дент» методом денситометрии, позволяющей объективно оценить изменения плотности кости в динамике.

Материалы и методы

В проспективное клиническое исследование были включены 60 пациентов, которым после удаления зубов по причине хронического периодонтита проводилась аугментация лунки с использованием ксенотрансплантата Биопласт-Дент (основная группа, n=40) или без него (контрольная группа, n=20). Распределение пациентов по возрастным группам представлено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пациентов по возрастным группам

| № возрастной группы | Возраст, годы | Количество пациентов основной группы (n=40), (%) | Количество пациентов группы сравнения (n=20), (%) |
|---------------------|---------------|--|---|
|---------------------|---------------|--|---|

| | | | |
|---|-------------|---------------|-------------|
| 1 | До 40 | 9 (22,5±6,7) | 4 (20±8,9) |
| 2 | 41-50 | 10 (25±6,8) | 5 (25±9,7) |
| 3 | 51-60 | 11 (27,5±7,1) | 5 (25±9,7) |
| 4 | 61 и старше | 10 (25±6,8) | 6 (30±10,2) |
| | Всего | 40 | 20 |

Возрастные группы в обеих группах были сопоставимы ($p > 0.05$).

Определение биотипа костной ткани (D1-D4) проводилось на основании данных денситометрии интактного зуба, расположенного в непосредственной близости к области постэкстракционного дефекта. Распределение пациентов основной группы по биотипу костной ткани в зависимости от возраста представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение пациентов основной группы по возрасту и биотипу костной ткани, (%)

| Биотип кости | 1 группа (n=9) | 2 группа (n=10) | 3 группа (n=11) | 4 группа (n=10) |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| D1 | 5 (56±16,5) | 0 | 5 (45±15) | 2 (20±12,6) |
| D2 | 1 (11±10,4) | 2 (20±12,6) | 1 (9±8,6) | 5 (50±15,8) |
| D3 | 1 (11±10,4) | 5 (50±15,8) | 3 (27±13,4) | 2 (20±12,6) |
| D4 | 2 (22±13,1) | 3 (30±13,8) | 2 (19±11,8) | 1 (10±3,1) |

В группе сравнения распределение по биотипам было следующим: D1 – 7 (35±10,7)%, D2 – 5 (25±9,7)%, D3 – 4 (20±8,9)% и D4 – 4 (20±8,9)% ($p > 0.05$ по сравнению с основной группой).

После атравматичного удаления зубов всем пациентам проводился тщательный кюретаж лунок. В основной группе постэкстракционный дефект заполнялся ксенотрансплантатом Биопласт-Дент, покрывался резорбируемой мембраной и герметично ушивался слизисто-надкостничный лоскут. КТ-денситометрия выполнялась сразу после вмешательства, через 6 и 12 месяцев. Полученные данные сравнивались с плотностью интактной кости в данной области. Статистический анализ проводился с использованием критерия Вилкоксона, Манна-Уитни и программного обеспечения Statistica 10.0. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Классификации биотипов кости, основанные на плотности и микроархитектонике (Lekholm и Zarb, 1985; Nkenke и соавт., 2003), играют ключевую роль в планировании имплантации. Биотип существенно влияет на регенерацию: плотная кортикальная кость восстанавливается медленнее губчатой из-за различий в васкуляризации и клеточном составе, что детально описано в работах Davies (2003).

Для сохранения объема альвеолярного отростка после экстракции зуба широко применяются ксенотрансплантаты (например, Bio-Oss). Исследования Araújo и Lindhe (2005) подтверждают их эффективность, которая, однако, варьирует в зависимости от биотипа кости и размера дефекта.

Несмотря на накопленные данные, требуются дальнейшие исследования для оптимизации протоколов и персонализации лечения с учетом индивидуального биотипа. Перспективным направлением остается применение факторов роста, в частности костных морфогенетических белков (ВМР), чья фундаментальная роль в стимуляции остеогенеза была впервые доказана Urist (1965).

Результаты

Сравнение плотности кости в различные сроки наблюдения в основной группе представлено в таблице 3.

Таблица 3. Динамика плотности кости челюстей пациентов основной группы после экстракции зуба (НУ)

| Биотип кости | Плотность интактной кости (НУ) | Плотность кости в зоне постэкстракционного дефекта (НУ) |
|--------------|--------------------------------|---|
| | | 0 мес. |
| D1 (n=12) | 1355,2±15,7 | 265±9,0* |
| D2 (n = 9) | 1023,1±39,0 | 260±11,9* |
| D3 (n=11) | 735±34,6 | 245,0±8,2* |
| D4 (n=8) | 254,8±20,1 | 213,4±5,3* |

Примечание: * $p < 0.05$ – статистически значимые различия между плотностью кости на 0 и 6 месяцев; ** $p < 0.05$ – статистически значимые различия между плотностью кости на 6 и 12 месяцев; *** $p < 0.05$ – статистически значимые различия между плотностью кости на 0 и 12 месяцев (критерий Вилкоксона).

Анализ денситометрических показателей показал достоверное увеличение плотности костной ткани в области дефекта во все сроки наблюдения для биотипов D1, D2 и D3 ($p < 0.05$). Для биотипа D4 достоверное увеличение плотности кости наблюдалось только между 0 и 12 месяцами ($p < 0.05$), что свидетельствует о более медленных репаративных процессах.

Таблица 4. Динамика плотности костной ткани челюстей в области постэкстракционного дефекта в группе сравнения (НУ)

| Биотип кости (n) | Плотность интактной кости (HU) | Плотность кости в зоне дефекта (HU) |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | 0 мес. |
| D1 (n=7) | 1350,7 ± 12,3 | 275 ± 28,8* |
| D2 (n=5) | 1019,1 ± 27,2 | 247,2 ± 21,7* |
| D3 (n=4) | 742 ± 24,8 | 235,0 ± 7,2* |
| D4 (n=4) | 250,5 ± 30,1 | 203,4 ± 7,3*** |

Примечание: HU – единицы Хаунсфилда (Hounsfield Units). $p < 0,05$ – различия статистически значимы. Различия оценивались с помощью критерия Вилкоксона. * - статистически значимые различия между плотностью кости на 0 и 6 месяцах. ** - статистически значимые различия между плотностью кости на 6 и 12 месяцах. *** - статистически значимые различия между плотностью кости на 0 и 12 месяцах.

Результаты, представленные в таблице 4, демонстрируют закономерности изменения плотности костной ткани в области постэкстракционного дефекта в группе сравнения, в зависимости от исходного биотипа кости. Сравнение с данными, полученными в основной группе (Таблица 3), не выявило статистически значимых различий в динамике плотности кости в соответствующие сроки наблюдения. Это указывает на сопоставимость процессов остеорепарации в обеих группах, независимо от применения ксенотрансплантата. В связи с отсутствием значимых различий в динамике восстановления костной ткани между группами, дальнейший анализ был сфокусирован на основной группе для выявления закономерностей, связанных с биотипом кости.

Таблица 5. Относительное изменение плотности костной ткани (ОИПК) в разные сроки наблюдения, Ме (Q1; Q3)

| Биотип кости (n) | ОИПК 1 (0-6 мес.) | ОИПК 2 (6-12 мес.) |
|------------------|-------------------|------------------------|
| D1 (n=12) | 4,0 (3,3; 4,9) | 0,023 (0,008; 0,033)* |
| D2 (n=9) | 3,0 (2,8; 3,1) | 0,018 (0,0167; 0,024)* |
| D3 (n=11) | 2,0 (1,8; 2,3) | 0,041 (0,022; 0,052) |
| D4 (n=8) | 0,08 (0,08; 0,3) | 0,176 (0; 0,176) |

Примечание: $p < 0,05$ – различия статистически значимы. ОИПК 1 = (Плотность кости на 6 мес. - Плотность кости на 0 мес.) / Плотность кости на 0 мес. ОИПК 2 = (Плотность кости на 12 мес. - Плотность кости на 6 мес.) / Плотность кости на 6 мес. Различия оценивались с помощью критерия Манна-Уитни и Вилкоксона.

Таблица 6. Скорость восстановления костной ткани (BC) в разные периоды наблюдения, Ме (Q1; Q3) (HU/мес)

| Биотип кости (n) | BC 1 (0-6 мес) | BC 2 (6-12 мес) |
|------------------|----------------------|-----------------|
| D1 (n=12) | 178,8 (165,8; 189,8) | 4,9 (1,9; 7,4)* |
| D2 (n=9) | 125,7 (117; 130) | 3,0 (2,8; 3,5)* |
| D3 (n=11) | 87,3 (68,8; 89,0) | 5,0 (2,8; 6,7)* |
| D4 (n=8) | 2,8 (-2,8; 12,1) | 2,4 (2,0; 6,6) |

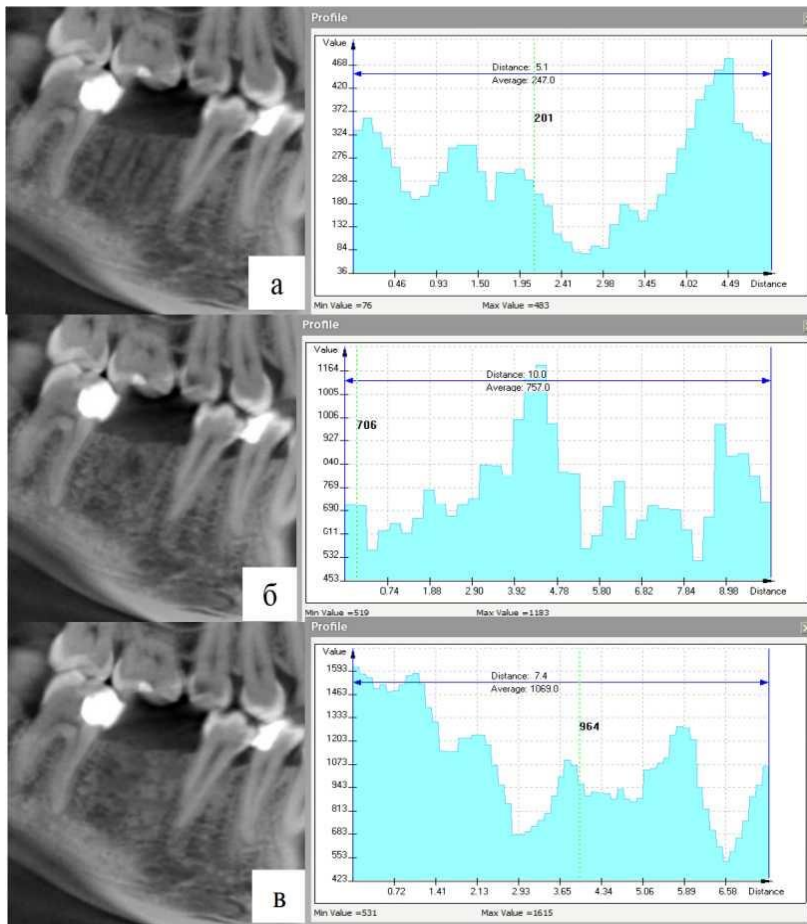
Примечание: $p < 0,05$ – различия статистически значимы. BC 1 = (Плотность кости на 6 мес. - Плотность кости на 0 мес.) / 6 мес. BC 2 = (Плотность кости на 12 мес. - Плотность кости на 6 мес.) / 6 мес. Различия оценивались с помощью критерия Манна-Уитни и Вилкоксона.

Анализ ОИПК выявил тенденцию к снижению его значений от биотипа D1 к D4, что отражает зависимость репаративного потенциала от исходной плотности кости: наибольшая скорость восстановления отмечена для D1, наименьшая — для D4. Для биотипов D1–D3 характерно статистически значимое снижение ОИПК и скорости восстановления (BC) ко второму периоду наблюдения, что указывает на основной прирост костной плотности в первые 6 месяцев с последующим замедлением остеорепарации. В то же время, у биотипа D4 значимых различий в BC между периодами не выявлено, что свидетельствует о более равномерном, но пролонгированном процессе регенерации на протяжении всего срока наблюдения.

Расчитанные соотношения BC1 между соседними биотипами костной ткани ($BCD1/BCD2 = 1,4$; $BCD2/BCD3 = 1,4$, $BCD3/BCD4 = 31,7$) указывают на более выраженные различия в скорости восстановления костной ткани между биотипами D3 и D4, по сравнению с другими парами биотипов.

Рис. 1. КТ-изображение среза лунки зуба 4.6 в разные сроки наблюдения с определением денситометрических показателей; а – КТ кости сразу после заполнения лунки «Биопласт-Дент»; б – КТ через 6 месяцев; в – КТ через 12 месяцев.

На основе полученных данных КТ-денситометрии были определены особенности восстановления костной ткани разных биотипов, что является существенным результатом выбора вида ДИ и последующего



лечения пациентов.

Обсуждение результатов

Выявлено значительное влияние биотипа кости на регенерацию постэкстракционной лунки. Биотипы высокой плотности (D1–D3) демонстрируют более активную остеорепарацию с достоверным увеличением плотности во все сроки наблюдения, тогда как для D4 значимый прирост отмечен лишь к 12 месяцам из-за замедленной репарации, вероятно, вследствие недостаточной васкуляризации. Показатели относительного изменения плотности (ОИПК) и скорости восстановления (BC) подтверждают эту закономерность: для D1–D3 наиболее интенсивный прирост происходит в первые 6 месяцев с последующим замедлением, тогда как у D4 процесс протекает равномерно, но медленно на протяжении всего срока. Наиболее выраженные различия в скорости восстановления наблюдаются между биотипами D3 и D4.

Применение ксенотрансплантата «Биопласт-Дент» не оказало статистически значимого влияния на динамику плотности кости по сравнению с естественным заживлением. Это может быть связано с доминирующим влиянием исходного репаративного потенциала конкретного биотипа, а также требует увеличения объема выборки.

Заключение

Установлено значительное влияние биотипа костной ткани на регенерацию лунки удаленного зуба: биотип D1 характеризуется наибольшей скоростью восстановления, при этом основной прирост костной ткани происходит в первые шесть месяцев. Полученные данные могут быть использованы для разработки персонализированных протоколов дентальной имплантации с учетом индивидуальных особенностей костной ткани.

Литература:

1. Воложин Г.А., Базикян Э.А., Бозо И.Я., Пресняков Е.В., Деев Р.В. Оценка регенерации костной ткани пациентов после имплантации биоинженерного остеозамещающего материала на основе синтетического октакальцийфосфата, активированного плазмидной ДНК с геном сосудистого эндотелиального фактора роста. *Эндодонтия Today*. 2021;19(4):343-349.
2. O'Keefe RJ, Mao J. Bone tissue engineering and regeneration: from discovery to the clinic--an overview. *Tissue Eng Part B Rev*. 2011;17(6):389-392.
3. Романенко А.А., Чуев В.В., Бузов А.А., Посохова В.Ф., Чуев В.П. Клиническая оценка остеопластического материала Биопласт-Дент (обзор). — *Клиническая стоматология*. — 2020; 2 (94): 46—54.
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. Volozhin G.A., Bazikyan E.A., Bozo I.Ya., Presnyakov E.V., Dev R.V. Evaluation of bone tissue regeneration in patients after implantation of bioengineered osteosupplying material based on synthetic octacalcium phosphate activated by plasmid DNA with the vascular endothelial growth factor gene. We are waiting for you today. 2021;19(4):343-349.
2. O'Keefe R.J., Mao J. Bone tissue Engineering and regeneration: from discovery to clinic - a brief overview. *Tissue Eng, part B*, ed. 2011; 17(6):389-392.
3. Romanenko A.A., Chuev V.V., Buzov A.A., Posokhova V.F., Chuev V.P. Clinical evaluation of osteoplastic material Bioplast-Dent (review). — *Clinical dentistry*. — 2020; 2 (94): 46-54.
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 regeneration, translated journal orthopaedic, 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: