

EDN: YETQMR

УДК 616.711.6

DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_123



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИСХОДОВ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКОГО ОСТЕОПЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА BIOOST ПРИ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОМ ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОМ МЕЖТЕЛОВОМ СПОНДИЛОДЕЗЕ

Валентин Викторович Хлебов¹

✉vkhlebov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-4664-8462

Иван Викторович Волков²

ivanvolkov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-0475-4830

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова» МЧС России (ул. Академика Лебедева, д. 4/2, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 194044)

² Частное учреждение здравоохранения «Клиническая больница «РЖД-медицина» города Санкт-Петербург» (проспект Мечникова, д. 27, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 195271)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез (MIS-TLIF) является стандартом лечения дегенеративного стеноза позвоночного канала. Использование аутокости не всегда возможно. Отечественный ксеногенный материал BioOst потенциально может стать альтернативой.

ЦЕЛЬ. Сравнить клинико-рентгенологические результаты применения BioOst с аутокостью и зарубежным аналогом Orthoss при MIS-TLIF.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проспективное исследование включало в себя 159 пациентов, разделенных на три группы: BioOst (n=56), аутокость (n=52), Orthoss (n=51). Оценивали клинические исходы по шкалам NRS-11, ODI, шкале Маспab. Рентгенологические результаты лечения оценивали по данным компьютерной томографии: псевдоартроз, фиброзный блок, костный блок, высота межтелового промежутка.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Статистически значимых различий в клинических исходах и осложнениях не выявлено ($p>0,05$). Частота формирования костного блока: BioOst – 87,5 %, аутокость – 90,4 %, Orthoss – 80,4 % ($p>0,05$). Динамика изменений высоты межтелового промежутка и скорости формирования костного блока при применении BioOst и аутокости статистически не различалась ($p>0,05$). Но через год сохранение высоты промежутка при применении BioOst было в 48,2 vs 31,4 % у Orthoss (χ^2 : $p=0,089$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. BioOst демонстрировал сопоставимую с аутокостью эффективность. Статистический анализ результатов не выявил значимых различий между группами ($p>0,05$), однако наблюдалась тенденция к преимуществу материала Bioost над зарубежным аналогом. Это позволяет рекомендовать его как альтернативу в MIS-TLIF.

Ключевые слова: трансфораминальный межтеловой спондилодез, остеопластический материал, BioOst, аутокость, MIS-TLIF, костный блок

Для цитирования: Хлебов В. В., Волков И. В. Сравнительный анализ клинико-рентгенологических исходов применения российского остеопластического материала BioOst при минимально инвазивном трансфораминальном межтеловом спондилодезе // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2025. Т. XVII, № 3. С. 123–129. DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_123.

COMPARATIVE EVALUATION OF CLINICAL-RADIOLOGICAL OUTCOMES OF RUSSIAN OSTEOPLASTIC MATERIAL BIOOST IN MINIMALLY INVASIVE TRANSFORAMINAL INTERBODY FUSION

Valentin V. Khlebov¹

✉vkhlebov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-4664-8462

Ivan V. Volkov²

ivanvolkov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-0475-4830

¹ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine (4/2 Akademika Lebedeva street, St. Petersburg, Russian Federation, 194044)

² Saint-Petersburg “RZD-Medicine” Clinical Hospital, Private Health Institution (27 Mechnikova Avenue, St. Petersburg, Russian Federation, 195271)

Abstract

INTRODUCTION. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) is the standard treatment for degenerative spinal stenosis. When autologous bone graft is not feasible, the domestic xenogeneic material BioOst may serve as a potential alternative.

AIM. To compare clinical and radiological outcomes of BioOst, autograft, and the foreign analog Orthoss in MIS-TLIF.

MATERIALS AND METHODS. A prospective study enrolled 159 patients divided into three groups: BioOst (n=56), autograft (n=52), and Orthoss (n=51). Clinical outcomes were assessed using NRS-11, ODI, and Macnab criteria. Radiological evaluation (CT-based) included: pseudoarthrosis, fibrous block, bone fusion, and interbody space height.

RESULTS. No statistically significant differences were observed in clinical outcomes or complications ($p>0.05$). Bone Fusion rates: BioOst – 87.5 %, autograft – 90.4 %, Orthoss – 80.4 % ($p>0.05$). Interbody height assessment revealed: BioOst and autograft demonstrated statistically equivalent results. A trend toward difference between BioOst and Orthoss ($p=0.09$), though not statistically significant, with BioOst showing superior performance (<50 % regeneration: 42.9 vs 56.9 % for Orthoss).

CONCLUSION. BioOst exhibits efficacy comparable to autograft. While statistical analysis showed no significant inter-group differences ($p>0.05$), the observed trend favoring BioOst over the foreign analog supports its recommendation as an alternative osteoplastic material for MIS-TLIF.

Keywords: transforaminal lumbar interbody fusion, osteoplastic material, bone graft, spinal fusion, BioOst, autograft, MIS-TLIF, bone substitutes, nonunion

For citation: Khlebov V. V., Volkov I. V. Comparative evaluation of clinical-radiological outcomes of Russian osteoplastic material BioOst in minimally invasive transforaminal interbody fusion. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov*. 2025;XVII(3):123–129. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_123.

Введение

Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловый спондилодез (MIS-TLIF) является одной из наиболее востребованных и клинически оправданных методик в хирургическом лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника (ДДЗП) [1, 2]. Однако ограниченный доступ затрудняет забор аутокости, а использование подвздошного гребня повышает риски болевого синдрома и увеличивает длительность операции [3–5]. Альтернативой аутокости являются синтетические и биологические материалы, но их эффективность варьирует из-за различий в составе, структуре и остеоиндуктивных свойствах [6–9]. Ксеногенные матриксы, благодаря их доступности и биологическим свойствам, получили широкое применение. Одним из наиболее известных ксенозаместителей является Orthoss (*Geistlich*, Швейцария). В условиях импортозамещения актуален поиск российских аналогов, соответствующих международным стандартам.

Ксеногенный матрикс BioOst (производство «МедИнж», Россия) – очищенная стерильная кость крупного рогатого скота, обработанная сверхкритической флюидной экстракцией. Эта технология сохраняет коллагеновый каркас и

остеоиндуктивные факторы роста, обеспечивая биосовместимость и отсутствие иммуногенности [10, 11]. BioOst успешно используется в стоматологии, демонстрируя высокую остеокондуктивность и скорость интеграции [12, 13]. Однако в спинальной хирургии его применение не изучено. Применение BioOst при MIS TLIF может стать перспективным решением в условиях импортозамещения. Данная работа направлена на анализ возможностей использования этого материала в хирургии позвоночника и перспектив клинического применения.

Цель исследования – провести сравнительный анализ остеопластических материалов и оценить клинико-рентгенологические результаты применения ксеногенного матрикса BioOst при минимально инвазивном трансфораминальном межтеловом спондилодезе.

Материалы и методы

Проанализированы исходы хирургического лечения 159 пациентов, оперированных по поводу дегенеративно-дистрофической патологии поясничного отдела позвоночника за период с 2015 по 2021 г. в нейрохирургическом отделении Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова (Санкт-Петербург).

Сформированы сопоставимые по численности и половозрастному составу три группы, пациентам в которых в качестве остеопластически материалов (ОПМ) использовали ксеногенный матрикс BioOst («Кардиоплант», Россия), аутокость, взятую по ходу доступа и (или) из гребня подвздошной кости, депротенинизированный костный матрикс ксеногенного происхождения Orthoss (*GeistlichBiomaterials AC*, Швейцария).

В группы входили пациенты, которым был выполнен MIS TLIF на одном позвоночно-двигательном сегменте (ПДС) в поясничном отделе позвоночника. Основным критерием включения было наличие полного блока данных предоперационного и послеоперационного лучевого обследования. Критериями исключения были крайне тяжелая сопутствующая патология; наличие значимой сколиотической деформации поясничного отдела (угол Кобба больше 30°, апикулярная ротация больше II степени, латеролитез больше 6 мм); наличие недегенеративных поражений позвоночника; отсутствие данных двух и более контрольных осмотров.

В исследование были включены пациенты в возрасте от 22 до 82 лет (табл. 1). Средний возраст в группах составил 49 [39; 62], 56 [45; 65] и 55 [39; 65] лет соответственно.

Таблица 1. Распределение больных в группах по полу и возрасту

Table 1. Distribution of patients in groups by gender and age

Показатель	BioOst		Аутокость		Orthoss	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Мужчины	35	62,5	30	57,7	31	60,8
Женщины	21	37,5	22	42,3	20	39,2
Возраст, лет:						
от 18 до 44	16	28,6	15	28,8	14	27,5
от 45 до 59	20	35,7	22	42,3	22	43,1
от 60 до 74	17	30,4	13	25,0	12	23,5
более 75	3	5,4	2	3,8	3	5,9
Всего	56	100,0	52	100,0	51	100,0

Коморбидный фон (ожирение, диабет, остеопороз, сердечно-сосудистая патология) были у 64 (40,3 %) пациентов. Дегенеративные изменения выявлялись чаще в сегментах L4–L5, L5–S1 (80,8 %). Распределение больных по

группам статистически значимо не различалось ($p > 0,01$) (табл. 2).

Таблица 2. Различия между характеристиками групп

Table 2. Differences in group characteristics

Показатель	p
Сахарный диабет	0,22*
Остеопороз	0,26*
Атеросклероз	0,25*
Ожирение	0,44*
Курение	0,25*
Длительность обострения	0,36**
Неврологический дефицит	0,13**
Первичная или повторная операция	0,39*
Показания к операции	0,29**
Уровень ПДС	0,99**
Изменения Modic (всех типов)	0,67**
Нестабильность ПДС	0,27*

* – уровень значимости критерия по критерию χ^2 -квadrat;

** – количественные p – уровень значимости критерия

Краскела – Уоллиса.

Клинические методы исследования включали в себя сбор жалоб, анамнеза заболевания, определение уровня болевого синдрома по числовой рейтинговой шкале боли Numerical Rating Scale for pain (NRS-11), определение качества жизни по опроснику Oswestry Disability Index (ODI), данные неврологического осмотра. При оценке исходов за основу взята субъективная оценочная модифицированная шкала Macnab. Учитывали стандартные точки контроля состояния пациентов: до операции, при выписке, через 3–6 месяцев, через 1 год после операции и далее. Для оценки рентгенологических результатов выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ). Анализ и постобработку изображений выполняли на рабочей станции. Полученные «сырые» данные реконструировали в различных режимах постобработки (3D MIP-, MPR-, VRT-реконструкции). Изучали следующие показатели: состояние межпозвонкового промежутка (деструкция замыкатальных пластин, лизис ОПМ в межтеловом промежутке, аморфная кость, костные трабекулы между телами позвонков) и транспедикулярной системы, высота межтелового промежутка, формирование ристеноза позвоночного канала.

Рентгенологическим результатом хирургического лечения при первом и последующих осмотрах считали формирование:

- костного блока (непрерывной трабекулярной кости между телами позвонков);
- фиброзного блока, для которого характерно отсутствие полноценного костного сращения между телами позвонков с сохранением анатомии оперированного сегмента на интраоперационном уровне. Возможна частичная нестабильность транспедикулярной системы;
- псевдоартроза, т. е. отсутствие костного сращения между телами позвонков в сочетании с деструкцией смежных замыкательных пластин, миграцией ОПМ и (или) нарушением стабильности конструкции.

Результаты исследования и их обсуждение

При оценке клинических результатов получено статистически достоверное улучшение по шкалам NRS-11 и ODI в исследуемых группах (табл. 3). Ассоциации с ОПМ отсутствуют. Достоверной разницы не выявлено ($p=0,56$).

Таблица 3. Динамика по шкалам NRS-11 и ODI в группах

Table 3. Dynamics of NRS-11 and ODI scores in the groups

Показатель		Остеопластический материал		
		BioOst	Аутокость	Orthoss
До операции	NRS-11 в спине	7 [6; 7,5]	7 [6; 8]	7 [6; 8]
	NRS-11 в ногах	6 [6; 7,5]	6,5 [6; 7]	6 [6; 7]
	ODI	66 [60; 71]	70 [66; 76]	68 [66; 72]
После операции	NRS-11 в спине	3 [2; 3,5]	4 [3; 4]	3 [3; 4]
	NRS-11 в ногах	2 [1; 3]	2 [1; 3]	2 [1; 3]
	ODI	–	–	–
I осмотр	NRS-11 в спине	2 [2; 3]	3 [2; 4]	3 [2; 4]
	NRS-11 в ногах	0 [0; 1]	0 [0; 2]	0 [0; 0]
	ODI	20 [14; 28]	22 [16; 30]	20 [14; 28]
II осмотр	NRS-11 в спине	2,5 [2; 3]	2 [2; 4]	2 [2; 3,5]
	NRS-11 в ногах	0 [0; 0,5]	0 [0; 1]	0 [0; 1]
	ODI	14 [10; 21]	16 [8; 30]	14 [10; 23]

Аналогичная картина наблюдалась при оценке исхода оперативного лечения по модифицированной шкале Macnab (табл. 4).

Таблица 4. Результаты лечения по шкале Macnab

Table 4. Treatment results based on the Macnab scale

ОПМ	Отличный		Хороший		Удовл.		Неудовл.		Всего
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
BioOst	45	80,4	6	10,7	2	3,6	3	5,4	56
Аутокость	44	84,6	4	7,7	2	3,8	2	3,8	52
Orthoss	39	76,5	5	9,8	3	5,9	4	7,8	51

Материал BioOst показал сопоставимые результаты лечения с другими группами. Нет статистически значимых различий между группами ($p=0,93$). Однако результаты лучше, чем в группе Orthoss: отличные и хорошие результаты были в 91,1 vs 86,3 %.

Рентгенологические результаты оперативного лечения ДДЗП, выявленные при помощи комплексной оценки МСКТ через 1 год после операции, приведены в табл. 5.

Таблица 5. Рентгенологические результаты оперативного лечения

Table 5. Radiological outcomes of surgical treatment

ОПМ	Костный блок		Фиброзный блок		Псевдоартроз		Всего
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
BioOst	49	87,5	5	8,9	2	3,6	56
Аутокость	47	90,4	3	5,8	2	3,8	52
Orthoss	41	80,4	4	7,8	6	11,8	51

Лучшие показатели наблюдались в группах больных с примененной аутокостью (90,4 %) и BioOst (87,5 %). В группе Orthoss костный блок встречался у 41 (80,4 %) пациента. Псевдоартроз и фиброзный блок, как неудовлетворительный результат, реже встречался в группах с аутокостью и BioOst – 9,6 и 12,5 % соответственно. Рентгенологические результаты оперативного вмешательства во всех группах статистически значимо не различались ($p=0,863$).

Первичный осмотр осуществляли в сроки от 3 до 6 месяцев, среднее время – 4,5–4,7 месяца. При двух точках контроля сложно говорить о скорости развития костного блока. Од-

нако можно выявить тенденцию к более быстрому или замедленному формированию сращения. В группах на первом контрольном осмотре была проведена сравнительная оценка результатов спондилодеза (табл. 6).

Таблица 6. Рентгенологический результат на первом осмотре

Table 6. Radiological results at the first follow-up

ОПМ	Костный блок		Фиброзный блок		Псевдоартроз		Всего
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
BioOst	27	48,2	26	46,4	3	5,4	56
Аутокость	28	53,8	21	40,4	3	5,8	52
Orthoss	22	43,1	27	53,3	2	3,9	51

Уже на первом осмотре в группах с использованием BioOst и аутокости в 48,2 и 53,8 % случаев костный блок сформирован, а в 46,4 % процесс остеосинтеза еще не завершен и регистрируется фиброзный блок, в 5,4 % выявлен псевдоартроз. В группе с применением Orthoss на 6 % чаще встречается фиброзный блок и реже – костный блок. Статистически значимых различий не выявлено ($p=0,863$). Скорость костного сращения при использовании BioOst сопоставима с другими материалами.

Длительное формирование костной ткани внутри межтелового промежутка вызывает снижение его высоты и миграцию кейджа в тела позвонков. И чем дольше происходит сращение и, соответственно, дольше воздействует сила давления на промежуток, тем сильнее проседание (табл. 7).

Как и можно было ожидать, в группе с аутокостью межтеловой промежуток чаще сохранялся по высоте. В группе BioOst результаты достоверно не отличаются ($p=0,89$) и со-

ставляют 36 (64,3 %) и 25 (48,2 %) соответственно. Снижение высоты до 50 % от интраоперационного уровня отмечено в 20 (35,7 %) и в 24 (42,9 %) случаях. Статистический анализ не выявил значимых различий между группами ($p>0,05$), однако через 1 год после применения BioOst наблюдается более сохраненный межтеловой промежуток: 48,2 vs 31,4 % у Orthoss (χ^2 : $p=0,089$).

Частота осложнений в раннем послеоперационном периоде также не различалась (BioOst – 5,4 %, аутокость – 3,8 %, Orthoss – 4,0 %). Ревизионные операции потребовались в 2 (1,2 %) случаях. Статистически значимой разницы между группами не было ($p<0,01$).

Вследствие медленной скорости формирования костного блока, проседания межтелового промежутка снижается угол лордоза, и теряется сагиттальный профиль. Это вызывает перегрузку вышележащего ПДС и является фактором риска формирования болезни смежного сегмента. Особенно это важно при патологии в сегментах L4–L5, L5–S1, где лордоз наиболее важен. В нашем исследовании у 6 (9,4 %) из таких пациентов (80,8 %) имелась клинически значимая патология смежного сегмента, 3 (5,5 %) из них были прооперированы. Различия в исследуемых группах были незначимы ($p=0,61$). Возможно, это обусловлено малой численностью групп и коротким сроком наблюдения. Повторные оперативные вмешательства в отдаленном периоде выполнялись в 9 случаях. Решение об объеме операции принимали индивидуально, в зависимости от клинических проявлений, типа изменений в оперируемом ПДС, а также анатомии смежных сегментов. Причинами вмешательств были болезнь смежного сегмента – в 3 случаях, псевдо-

Таблица 7. Изменение высоты межтелового промежутка в группах

Table 7. Changes in interbody space height in the groups

ОПМ	Первый осмотр						Второй осмотр					
	0		<50 %		>50 %		0		<50 %		>50 %	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
BioOst	36	64,3	20	35,7	–	–	27	48,2	24	42,9	5	8,9
Аутокость	36	69,2	16	30,8	–	–	27	51,9	21	40,4	4	7,7
Orthoss	27	52,9	24	47,1	–	–	16	31,4	29	56,9	6	11,8

артроз с рестенозом позвоночного канала и нестабильностью – у 3 пациентов, сочетание рестеноза с продолженной дегенерацией смежных сегментов и прогрессированием деформации – у 1, выраженный нейропатический болевой синдром, резистентный к консервативному лечению, – у 2 больных. В группах распределение повторных вмешательств достоверно не отличалось и составило по 3 операции. В основной группе, с применением материала BioOst, в отдаленном периоде выполнены повторный спондилодез на том же уровне, спондилодез смежного уровня и установка нейростимулятора.

Заключение

Клинико-рентгенологическое исследование материала BioOst при применении в MIS-TLIF продемонстрировало высокую частоту спондилодеза (85,7 %) и низкий риск псевдоартроза (3,6 %), что сопоставимо с аутокостью и импортным аналогом Orthoss ($p > 0,01$). По ключевым показателям формирования костного блока BioOst не уступает аутокости, а в ряде аспек-

тов превосходит импортный аналог, обеспечивая при этом сопоставимую частоту осложнений. Для подтверждения этих различий требуются дальнейшие исследования с увеличенной выборкой. Учитывая экономическую доступность и технологические преимущества отечественного производства, BioOst может быть рекомендован как эффективная альтернатива в спинальной нейрохирургии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Коновалов Н. А., Иванов С. В., Бринюк Е. С., Закиров Б. А. Минимально инвазивная хирургия спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника: систематический обзор // Вестн. неврологии, психиатрии и нейрохир. 2024. Т. 17, № 7(174). С. 854–860. [Kononov N. A., Ivanov S. V., Brinyuk E. S., Zakirov B. A. Minimally invasive surgery with lumbosacral spine spondylolisthesis: systematic review. Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery. 2024;17(7(174)): 854–860. (In Russ.).] Doi: 10.33920/med-01-2407-06. EDN: RQBFQX.
2. Mobbs R. J., Phan K., Malham G., Seex K., Rao P. J. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. J Spine Surg 2015;1(1):2–18. Doi: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05.
3. Haws B. E., Khechen B., Patel D. V. et al. Impact of iliac crest bone grafting on postoperative outcomes and complication rates following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. Neurospine. 2019;16(4):772–779. Doi: 10.14245/ns.1938006.003.
4. Mu X., Yu C., Wang C. et al. Comparison of extreme lateral approach with posterior approach in the treatment of lumbar degenerative diseases: A meta-analysis of clinical and imaging findings. Surgeon. 2021;19(5):268–278. Doi: 10.1186/s13018-023-03652-5.
5. Tung K. K., Tseng W. C., Wu Y. C. et al. Comparison of radiographic and clinical outcomes between ALIF, OLIF, and TLIF over 2-year follow-up: A comparative study. J. Orthop. Surg. Res. 2023;18(1):158. Doi: 10.1186/s13018-023-03652-5.
6. Антипов А. П., Гордина Е. М., Марков М. А., Божкова С. А. Влияние метода обработки кости на ее прочность // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 6. С. 783–787. [Antipov A. P., Gordina E. M., Markov M. A., Bozhkova S. A. Influence of different methods of bone processing on bone mechanical properties. Genij Ortopedii. 2022;28(6):783–787. Doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-783-787.
7. Рефицкая Д. Ю., Бельский И. Г., Маланин Д. А. Регенерация кости и принципы замещения костных дефектов: обзор литературы // Неотложная хир. им. И. И. Джанелидзе. 2024. № 3(16). С. 147–158. [Refitskaya D. Yu., Belen'kiy I. G., Malanin D. A., Mayorov B. A., Demeshchenko M. V. Bone regeneration and principles of bone defects substitution. literature review. The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze. 2024;(3):147–158. (In Russ.).] Doi: 10.54866/27129632_2024_3_147. EDN: KSVWDI.
8. Tavares W. M., de França S. A., Paiva W. S., Teixeira M. J. A systematic review and meta-analysis of fusion rate enhancements and bone graft options for spine surgery. Sci. Rep. 2022;12(1):7546. Doi: 10.1038/s41598-022-11551-8.
9. Li J., Zhao Y., Chen S. et al. Research hotspots and trends of bone xenograft in clinical procedures: A bibliometric and visual analysis of the past decade. Bioengineering (Basel). 2023;10(8):929. Doi: 10.3390/bioengineering10080929.
10. Костив Р. Е., Калинин С. Г., Матвеева Н. Ю. Трофические факторы роста костной ткани и клиническое значение // Тихоокеанский мед. журн. – 2017. № 1. С. 10–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/troficheskie-factory-rosta-kostnoy-tkani-ih-morfogeneticheskaya-harakteristika-i-klinicheskoe-znachenie> (дата обращения: 19.06.2025). [Kostiv R. E., Kalinichenko S. G., Matveeva N. Yu. Trophic factors of bone

- growth, their morphogenetic characterization and clinical significance. *Pacific Medical Journal*. 2017;(1):10–16. (In Russ.). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/troficheskie-factory-rosta-kostnoy-tkani-ih-morfogeneticheskaya-harakteristika-i-klinicheskoe-znachenie> [Accessed 19 June 2025]].
11. Смоленцев Д. В., Гурин М. В., Венедиктов А. А. и др. Получение ксеногенной костной крошки для имплантаций с помощью сверхкритической флюидной экстракции // *Мед. техн.* 2019. № 4. С. 8–10. URL: <http://www.mtjournal.ru/archive/2019/meditsinskaya-tekhnika-4/poluchenie-ksenogennoy-kostnoy-kroshki-dlya-implantatsiy-s-pomoshchyu-sverkhkriticheskoy-flyuidnoy-e> (дата обращения: 19.07.2025). [Smolentsev D. V., Gurin M. V., Venediktov A. A. et al. Production of xenogeneic bone chips for implantation using supercritical fluid extraction. *Medical Engineering*. 2019;(4):8–10. (In Russ.). Available from: <http://www.mtjournal.ru/archive/2019/meditsinskaya-tekhnika-4/poluchenie-ksenogennoy-kostnoy-kroshki-dlya-implantatsiy-s-pomoshchyu-sverkhkriticheskoy-flyuidnoy-e> [Accessed 19 June 2025]].
 12. Ефимов Ю. В. и др. Замещение послеоперационных дефектов челюстей с помощью отечественного остеопластического материала Bioost // *Вестн. Волгоград. гос. мед. ун-та*. 2022. Т. 19, № 1. С. 68–72 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zameschenie-posleoperatsionnyh-defektov-chelyustey-s-pomoschyu-otechestvennogo-osteoplasticheskogo-materiala-bio-ost> (дата обращения: 17.06.2025). [Efimov Yu. V. et al. Reconstruction of postoperative defects of the jaw with osteoplastic material Bioost. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2022;19(1):68–72. (In Russ.). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/zameschenie-posleoperatsionnyh-defektov-chelyustey-s-pomoschyu-otechestvennogo-osteoplasticheskogo-materiala-bio-ost> [Accessed 17 June 2025]].
 13. Киреев П. В. и др. Морфологические аспекты репаративного остеогенеза послеоперационных дефектов челюстей при использовании остеопластического материала BIO OST // *Волгоград. науч.-мед. журн.* 2023. Т. 20, № 1. С. 5–8. URL: https://journal.gbvmnc.ru/files/uploads/journal/article_2023_1_Lde07gCw.pdf (дата обращения: 17.06.2025). [Kireev P. V. et al. Morphological aspects of reparative osteogenesis of postoperative jaw defects using osteoplastic material BIO OST. *Volgograd scientific and medical journal*. 2023;20(1):5–8. (In Russ.). Available from: https://journal.gbvmnc.ru/files/uploads/journal/article_2023_1_Lde07gCw.pdf [Accessed 17 June 2025]].

Сведения об авторах

Валентин Викторович Хлебов – врач-нейрохирург Отделения нейрохирургии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова (Санкт-Петербург, Россия);

Иван Викторович Волков – доктор медицинских наук, врач-нейрохирург, заведующий отделением нейрохирургии Клинической больницы «РЖД-Медицина» города Санкт-Петербург (Санкт-Петербург, Россия).

Information about the authors

Valentin V. Khlebov – Neurosurgeon at the Neurosurgery Department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine (St. Petersburg, Russia);

Ivan V. Volkov – Dr. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Head at the Department of Neurosurgery, Saint-Petersburg “RZD-Medicine” Clinical Hospital, Private Health Institution (St. Petersburg, Russia).

Поступила в редакцию 19.06.2025

Поступила после рецензирования 15.08.2025

Принята к публикации 10.09.2025

Received 19.06.2025

Revised 15.08.2025

Accepted 10.09.2025