

Деминерализованные костные трансплантаты в реконструктивной челюстно-лицевой хирургии

П.Г. Сысолятин^{1,2}, С.П. Сысолятин³, М.Н. Дровосеков², П.А. Железный², О.В. Ильенок²

¹Государственная Новосибирская областная клиническая больница
630008, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 130

²Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России
630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52

³Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 12

Резюме

Проблема разработки оптимальных пластических материалов для замещения дефектов челюстей, способных заменить аутогенную костную ткань, является одной из центральных в современной челюстно-лицевой хирургии. Перспективным направлением в этом плане является использование консервированных различными методами костных аллотрансплантатов. Цель исследования – изучить остеопластические свойства деминерализованных костных трансплантатов (ДКТ) при пересадке в дефекты нижней челюсти в эксперименте на животных и оценить возможности их применения в клинической практике при реконструктивных операциях на лицевом скелете. **Материал и методы.** Проведены три серии опытов на 10 собаках. В первой серии краевые дефекты нижней челюсти размером 3×1 см замещали ортотопическими ДКТ, во второй – минерализованными КТ (МКТ), консервированными замораживанием при температуре –25 °С, в третьей – комбинированными трансплантатами, консервированными замораживанием, в сочетании с ДКТ. Результаты костной пластики оценивали по данным макроскопических, рентгенологических и гистологических исследований через 1, 3, 6, 9 и 12 месяцев после операции. В клинике прооперированы 143 больных: 45 – с полостными дефектами челюстей после удаления доброкачественных опухолей и опухолевидных образований, 34 – с повреждениями нижней стенки орбиты при взрывных и скуловерхнечелюстных переломах, 32 – с несросшимися переломами нижней челюсти, осложненными хроническим травматическим остеомиелитом, 26 – со сквозными дефектами и 6 – с деформациями нижней челюсти. **Результаты и их обсуждение.** Экспериментальные исследования показали, что пересаженные в свежесформированные дефекты нижней челюсти животным ДКТ замещаются костным регенератом значительно быстрее (через 6 и 12 месяцев соответственно) и полноценнее по сравнению с МКТ. Трансплантация МКТ в сочетании с ДКТ способствовала ускорению процессов костеобразования и приводила к замещению дефекта костным регенератом через 9 месяцев. В клинической практике положительные результаты получены у 136 (95,1 %) из 143 оперированных больных. **Заключение.** ДКТ представляют собой полноценный остеопластический материал, который может быть использован с заместительной целью при полостных дефектах челюстей, дефектах нижнеглазничной стенки орбиты при взрывных переломах орбиты и скуловерхнечелюстных переломах, при секвестрэктомии при несросшихся переломах нижней челюсти, осложненных хроническим травматическим остеомиелитом. При дефектах нижней челюсти с нарушением ее непрерывности показана пересадка МКТ в сочетании с ДКТ, при которых создаются условия для сохранения остеопластических и механических свойств пересаженного биоматериала.

Ключевые слова: деминерализованные костные трансплантаты, костная пластика, челюстно-лицевая хирургия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки. Сысолятин П.Г., e-mail: sysolyatinpg@mail.ru

Для цитирования. Сысолятин П.Г., Сысолятин С.П., Дровосеков М.Н., Железный П.А., Ильенок О.В. Деминерализованные костные трансплантаты в реконструктивной челюстно-лицевой хирургии. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(3):153–160. doi: 10.18699/SSMJ20250318

Demineralized bone grafts in reconstructive maxillofacial surgery

P.G. Sysolyatin^{1,2}, S.P. Sysolyatin³, M.N. Drovosekov², P.A. Zhelezny², O.V. Ilyenok²

¹ Novosibirsk State Regional Clinical Hospital

630008, Novosibirsk, Nemirovicha-Danchenko st., 130

² Novosibirsk State Medical University of Minzdrav of Russia

630091, Novosibirsk, Krasny ave., 52

³ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

117198, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 12

Abstract

The problem of developing optimal plastic materials for replacement of jaw defects capable of replacing autogenous bone tissue is one of the central problems in modern maxillofacial surgery. A promising direction in this regard is the use of bone allografts preserved by various methods. The aim of the study was to investigate the osteoplastic properties of demineralized bone grafts (DBG) at transplantation into the mandibular defects in animal experiment and to evaluate the possibilities of their application in clinical practice at reconstructive surgeries on the facial skeleton. **Material and methods.** 3 series of experiments on 10 dogs were carried out. In the first series the 3×1 cm marginal defects of the mandible were replaced by orthotopic DBG, in the second – by mineralized BG (MBG) preserved by freezing at the temperature –25 °C, in the third – by combined grafts preserved by freezing in combination with DBG. The results of bone grafting were evaluated according to the data of macroscopic, radiologic and histological studies 1, 3, 6, 9 and 12 months after the operation. 143 patients were operated on in the clinic: 45 patients with cavity defects of the jaws after removal of benign tumors and tumor-like formations, 34 patients with injuries of the lower wall of the abdomen in explosive and zygomatic-vertebral fractures, 32 patients with ununited fractures of the mandible complicated by chronic traumatic osteomyelitis, 26 patients with penetrating defects and 6 patients with deformations of the mandible. **Results and discussion.** Experimental studies have shown that DBG transplanted into the freshly formed defects of the mandible in animals are replaced by the bone regenerate much faster (after 6 and 12 months respectively) and more completely in comparison with MBG. MBG transplantation in combination with DBG contributed to the acceleration of bone formation processes and led to the defect replacement with bone regenerate in 9 months. In clinical practice positive results were obtained in 136 (95.1 %) out of 143 operated patients. **Conclusions.** DBG is a full-fledged osteoplastic material that can be used for replacement purposes in cavity defects of the jaws, defects of the lower orbital wall of the orbit in explosive fractures of the orbit and zygomatic fractures, in sequestrectomy in ununited fractures of the mandible complicated by chronic traumatic osteomyelitis. In case of mandibular defects with violation of its continuity the transplantation of MCT in combination with DBG is indicated, which creates conditions for preservation of osteoplastic and mechanical properties of the transplanted biomaterial.

Key words: demineralized bone grafts, bone grafting, maxillofacial surgery.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Correspondence author. Sysolyatin P.G., e-mail: sysolyatinpg@mail.ru

Citation. Sysolyatin P.G., Sysolyatin S.P., Drovosekov M.N., [Zhelezny P.A.], Ilyenok O.V. Demineralized bone grafts in reconstructive maxillofacial surgery. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal* = *Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(3):153–160. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250318

Введение

Деминерализованный костный трансплантат (ДКТ) среди других видов костных трансплантатов аллогенного и ксеногенного происхождения имеет существенные особенности, которые заключаются в том, что лишенная в процессе деминерализации неорганических солей кортикальная кость начинает с большим постоянством индуцировать остеогенез в необычных для нее условиях, в частности, при внутримышечной пересадке [1–4]. Многолетними исследованиями М. Urist et al. установлено, что обработка аллогенного кортикального костного трансплантата 0,6 Н раствором соляной кислоты резко улучшает его остеогенные свойства, приводит к образованию органическо-

го матрикса кости, обладающего выраженными остеоиндуктивными свойствами за счет наличия в ней особого морфогенетического белка, активность которого может существенно меняться под влиянием различных физических и химических средств [5–7]. ДКТ после эктопической, ортотопической или гетеротопической имплантации активно стимулируют регенерацию, значительно быстрее по сравнению с другими видами консервированных аллотрансплантатов замещаются новообразованной костной тканью. Клинические наблюдения показали, что такие трансплантаты могут с успехом использоваться для стимуляции остеогенеза и с заместительной целью при различных патологических процессах кости, довольно быстро вступают в репаративные процессы,

подвергаясь резорбции с одновременным замещением новообразованной костной тканью [2, 3, 8–10]. Область применения ДКТ в челюстно-лицевой хирургии главным образом ограничивается небольшими костными дефектами альвеолярных отростков при дентальной имплантации или небольших полостей после удаления зубов и одонтогенных кист [2, 4, 11–16]. Между тем, учитывая положительный клинический опыт применения ДКТ с заместительной целью, в травматологии и ортопедии и других разделах костнопластической хирургии имеется необходимость оценить возможности и показания к их использованию в качестве пластического материала в реконструктивной челюстно-лицевой хирургии [1, 8–10, 17–19].

Цель исследования – изучить остеопластические свойства ДКТ при пересадке в дефекты нижней челюсти в эксперименте на животных и оценить возможности их применения в клинической практике при реконструктивных операциях на лицевом скелете.

Материал и методы

В эксперименте на 10 беспородных собаках выполнены три серии опытов: в первой краевые дефекты тела нижней челюсти размером 3×1 см замещались ортотопическими ДКТ, во второй – минерализованными костными трансплантатами (МКТ), консервированными замораживанием при температуре –25 °С, в третьей – комбинированными ортотопическими трансплантатами, консервированными замораживанием при –25 °С, с поверхности покрытыми пленчатыми препаратами из деминерализованной кости.

ДКТ готовили по методике В.И. Савельева и соавт. [11]. Уход за животными осуществлялся в соответствии с требованиями инструкции «Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментальных биологических клиник (вивариев)», утвержденных 06.04.1973 № 1045-73. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница» (протокол № 2 от 21.10.2024).

Результаты костной пластики дефектов нижней челюсти в эксперименте оценивали по данным макроскопических, рентгенологических и гистологических исследований через 1, 3, 6, 9 и 12 месяцев после операции. В отмеченные сроки животных выводили из эксперимента путем умерщвления электротоком, осуществляли рентгенографию нижней челюсти и забор материала для гистологических исследований. Препараты для морфологических исследований готовили

следующим образом. Фрагменты из нижней челюсти в области пересадки в блоке с мягкими тканями фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина, декальцинировали в трилоне В, обезжиривали в спиртах восходящий концентрации, после чего заливали в целлоидин и готовили срезы толщиной 10–12 мкм. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином и пирюфуксином по Ван Гизону и исследовали с помощью светового микроскопа.

В клинике ДКТ были применены у 143 больных, из них у 33 детей в возрасте от 7 до 15 лет. У 45 больных ДКТ использовали для замещения полостных дефектов челюстей после цистэктомии или внутрикостной резекции по поводу доброкачественных опухолей и опухолевидных образований, у двоих из них полостные дефекты были осложнены переломами нижней челюсти. У 66 человек показаниями к костной пластике явились неогнестрельные повреждения лицевого черепа: у 34 – переломы нижней стенки орбиты при «взрывных» переломах орбиты и скуловерхнечелюстных переломах, у 32 – несросшиеся переломы нижней челюсти, осложненные хроническим травматическим остеомиелитом. 26 больным выполнена костная пластика по поводу сегментарных дефектов нижней челюсти с нарушением ее непрерывности на протяжении от 2 до 16 см, 6 человек оперированы по поводу асимметричных деформаций нижней челюсти.

При реконструкции нижней стенки орбиты ДКТ применяли в виде пленки толщиной 1,5–2 мм, которые изготавливали из компактной костной ткани и помещали в область дефекта кости. Больным с несросшимися переломами нижней челюсти, осложненными хроническим травматическим остеомиелитом, проводили тщательную хирургическую санацию гнойного очага (иссекали некротические ткани, удаляли костные секвестры и патологические грануляции). Отломки нижней челюсти внеочагово фиксировали металлической спицей по методу В.В. Донского. Через 10–14 дней после заживления раны костный дефект замещали чрескожно с помощью револьверного шприца А.А. Лимберга размельченным ДКТ по разработанной нами методике [20]. Пластический материал вводили в несколько большем количестве, чем объем костного дефекта. Критерием полноценного заполнения костного дефекта являлась сглаженность краев дефекта и восстановление контуров нижней челюсти. Послеоперационные полостные дефекты челюстей также замещали размельченным ДКТ, сегментарные дефекты непосредственно после резекции нижней челюсти при доброкачественных опухолях устраняли ДКТ в сочетании с ау-

токостью или МКТ, обладающими необходимыми механическими свойствами. При устранении асимметричной деформации нижней челюсти внутриротовым доступом в области деформированного участка челюсти отделяли наружную компактную пластинку вместе с прилежащими тканями. Костный декортикат перемещали до нормализации контуров нижней челюсти по разработанной нами методике [21]. Образовавшийся между декортикатом и челюстью дефект кости сложной конфигурации заполняли соответствующим по форме фигурным ДКТ, который легко моделировался с помощью скальпеля. Результаты костной пластики оценивали на основании клинических и рентгенологических данных. Сроки наблюдения за больными после операции составили от 3 до 12 лет.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные исследования показали, что при пересадке в свежесформированные дефекты нижней челюсти животным ортотопические ДКТ (первая серия опытов) замещались органотипичным костным регенератом, при этом репаративные процессы протекали быстрее и полноценнее в сравнении с пластикой МКТ, консервированными при температуре -25°C .

Макроскопически через один месяц пересаженный ДКТ сохранял свою форму, был спаян с костным ложем реципиента. Рентгенологически четко прослеживались границы костного дефекта, трансплантат определялся в виде слабо выраженной тени (рис. 1, а). Морфологически к этому сроку он на всем протяжении был спаян с материнским ложем молодыми костными балками. В центре трансплантата происходили процессы интенсивного рассасывания и фрагментации пересаженной кости, между отдельными костными фрагментами наблюдалось вращение остеогенной ткани и формировались молодые генерации кости. Через 3 месяца после операции рентгенологически весь дефект выполнен регенератом неоднородной структуры, соответствующим по

плотности губчатой кости. Края дефекта местами размыты, сглажены, имеют нечеткую границу. В области базального края нижней челюсти наблюдалось формирование компактной костной пластинки (рис. 1, б). Морфологически область пересадки выполнена костной тканью трабекулярного строения, плотно спаянной костными структурами с материнским ложем. На отдельных участках вновь сформированного костного регенерата видны все еще не рассосавшиеся мелкие и более крупные фрагменты пересаженной кости, подвергающиеся активному рассасыванию и замещению новыми костными структурами. Эти процессы отмечались как на поверхности костных фрагментов, так и по ходу многочисленных сосудов, внедрившихся между расслоившимися безостеоцитными структурами трансплантата. Спустя 6 месяцев после операции рентгенологически границы костного регенерата и материнского ложа установить не удалось, в препаратах определялся единый массив новообразованной костной ткани (рис. 1, в). Морфологически в центральной части регенерата костная ткань имела преимущественно балочное строение, снаружи располагался довольно толстый массив плотной кортикальной кости. Трансплантат полностью замещен новообразованными костными структурами, происходила его активная перестройка.

Значительно медленнее и менее интенсивно процессы репаративного остеогенеза протекали при пересадке МКТ, консервированного замораживанием (вторая серия опытов). Так, рентгенологически спустя 6 месяцев трансплантат спаян с костным ложем реципиента, структура его на всем протяжении неоднородна, участки уплотнения костной ткани сочетаются с очагами остеопороза. Морфологически, несмотря на активную перестройку трансплантата, все еще сохраняются значительные массивы пересаженной кости, разделенные слоями клеточно-волокнутой остеогенной ткани (особенно в центральной части). Процессы остеогенеза на поверхности и глубине трансплантата продолжались. Вновь образующи-

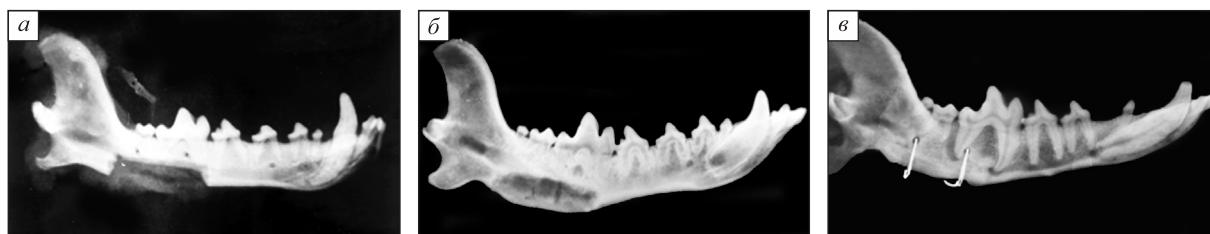


Рис. 1. Рентгенограмма нижней челюсти собаки через 1 (а), 3 (б) и 6 месяцев (в) после пересадки ДМК

Fig. 1. Radiograph of the dog's mandible 1 (a), 3 (b) and 6 months (v) after transplantation of demineralized bone grafts

еся структуры представлены незрелой костной тканью с нерегулярными линиями склеивания. На отдельных участках наблюдалось рассасывание костных структур с замещением этих очагов фиброзной тканью. Репаративные процессы при пересадке замороженных трансплантатов продолжались и через 12 месяцев после операции. Рентгенологически к этому сроку на месте трансплантата сформировался костный регенерат неоднородной структуры, прочно сросшийся с материнским ложем. Базальный край нижней челюсти, представленный компактной костной тканью, сформировался не на всем протяжении регенерата (рис. 2, а). Морфологически наряду с участками новообразованной костной ткани в глубине трансплантата видны довольно большие зоны остеогенной и фиброзной ткани, в центральной части определяются небольшие массивы безостеоцитной кортикальной кости, в которую местами врастают элементы соединительной ткани.

Отмечено более интенсивное течение процессов репаративной регенерации при пересадке ДКТ в комбинации с МКТ, консервированными при температуре -25°C (рис. 2, б). В комбинированном трансплантате в отличие от МКТ процессы резорбции и замещения протекали более синхронно и осуществлялись не только за счет структур, прилежащих к нему со стороны материнского ложа, но и за счет остеоиндуктивных свойств ДМК, расположенного на поверхности минерализованного трансплантата.

В клинической практике ДМК обеспечили положительные результаты костной пластики у 136 (95,1 %) из 143 оперированных больных. Высокая пластичность, легкость обработки ДМК позволили без особого труда формировать во время операции необходимый по форме, структуре и размерам костный трансплантат. Для этих целей пригоден матрикс, приготовленный из кортикальной костной ткани трубчатых костей, костей свода черепа, нижней челюсти. Однако ДМК не обладает необходимой механической прочностью и пригоден в чистом виде для замещения дефек-

тов верхней челюсти, полостей и сегментарных дефектов нижней челюсти без нарушения ее непрерывности, т.е. в тех случаях, когда он не несет опорной функции в послеоперационном периоде. При замещении сквозных дефектов нижней челюсти размерами от 4 до 12 см у 11 больных ДМК сочетались с пересадкой аутогенных или аллогенных трансплантатов, осуществляющих опорную нагрузку. Такая комбинация трансплантатов обеспечивала более благоприятное течение репаративных процессов в условиях механической нагрузки, сокращала сроки лечения больных.

Наши наблюдения показали что, пересадка ДКТ показана с заместительной целью у больных с полостными дефектами челюстей – положительные результаты достигнуты в 95,5 % случаев. На месте пересаженных костных трансплантатов у взрослых пациентов органотипичный костный регенерат сформировался спустя 8–11 месяцев, у детей – через 6–7 месяцев. Клинико-рентгенологические исследования, проведенные в динамике, показали отсутствие в зоне оперативных вмешательств атрофических и деформационных изменений кости. Переломы нижней челюсти, проходящие через костную полость, имевшие место у 2 (4,5 %) больных, не повлияли заметным образом на сроки сращения костных отломков. Важно отметить, что высокая эластичность ДКТ дает возможность вводить их в костную полость для стимуляции остеогенеза пункционно без разреза мягких тканей с помощью пистолета А.А. Лимберга. Этот метод, как показали наши клинические наблюдения, открывает новые перспективы для внедрения малотравматичных эндоскопических технологий, особенно при лечении больших кистозных образований челюстей [12]. Отрицательные результаты зарегистрированы в двух (4,5 %) случаях и были связаны с гнойными осложнениями.

У 34 пациентов с неосложненными переломами стенок верхнечелюстной пазухи, орбиты, в качестве пластического материала ДКТ использовались в виде пленчатых препаратов. Послед-

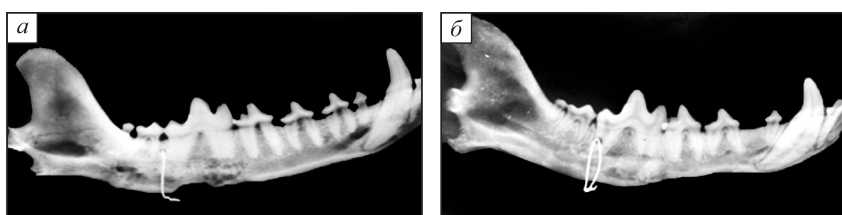


Рис. 2. Рентгенограмма нижней челюсти собаки через 12 месяцев после пересадки МКТ, консервированного при температуре -25°C (а) и через 9 месяцев после пересадки комбинированного трансплантата (б)

Fig. 2. Radiograph of the dog's mandible through 12 months after transplantation of a mineralized bone graft, preserved at a temperature of -25°C (a) and 9 months after composite transplantation (b)

ние, как отмечают многие исследователи, обладая остеоиндуктивными свойствами, выполняют роль ограничителя мягких тканей и способствуют оптимизации репаративных процессов. У всех оперированных больных этой группы достигнуты положительные результаты.

Большую сложность в клинической практике представляет лечение людей с несросшимися переломами нижней челюсти, осложненными хроническим травматическим остеомиелитом. Применяемые сегодня методы первичной костной пластики в гнойной ране часто заканчиваются отторжением пересаженного материала из-за развития воспалительных осложнений. Учитывая такие уникальные свойства ДКТ, как высокая пластичность, устойчивость к инфекции, остеоиндуктивные свойства, возможности значительного измельчения и чрескожного введения материала в область дефекта кости с помощью пистолета А.А. Лимберга, мы разработали отсроченный способ пластики костного дефекта после секвестрэктомии: с целью предупреждения рецидива гнойного процесса пластику постостеомиелитического дефекта производят не сразу после секвестрэктомии, а спустя 10–14 дней после заживления раны слизистой оболочки и кожи путем чрескожной пересадки пластического материала деминерализованной кости в грануляционную ткань.

В этой группе больных осложнения отмечены у трех (9,4 %) человек. У двух из них в результате нерадикально проведенной секвестрэктомии наступил рецидив остеомиелитического процесса, у третьего из-за нестабильного остеосинтеза фиксации костных фрагментов отмечено рассасывание пластического материала и формирование ложного сустава. У остальных 29 (90,6 %) больных послеоперационный период протекал без осложнений, и наступило сращение отломков. Клинически через 4–5 недель подвижность отломков не определялась, и фиксирующие конструкции были сняты. Рентгенологические исследования, проведенные в динамике, показали, что пересаженный в дефект декальцинированный костный матрикс замещается полноценным костным регенератом. Формирование кости, близкой по структуре к окружающим участкам челюсти, происходило на месте ДКТ через 8–11 месяцев.

Клинические наблюдения показали целесообразность использования ДКТ в сочетании с аутогенными или аллогенными трансплантатами, способными выполнять механическую нагрузку, при дефектах 4 см и более с нарушением непрерывности нижней челюсти.

Заключение

ДКТ представляют собой полноценный остеопластический материал, который может быть использован с заместительной целью при полостных дефектах челюстей, дефектах нижнеглазничной стенки при взрывных переломах орбиты и скуловерхнечелюстных переломах, при секвестрэктомии при несросшихся переломах нижней челюсти, осложненных хроническим травматическим остеомиелитом. При дефектах нижней челюсти с нарушением ее непрерывности показана пересадка МКТ в сочетании с ДМК.

Список литературы

1. Кирилова И.А. Деминерализованный костный трансплантат как стимулятор остеогенеза: современные концепции. *Хирургия позвоночника*. 2004;(3):105–110.
2. Панкратов А.С., Фадеева И.С., Юрасова Ю.Б., Гринин В.М., Черкесов И.В., Коршунов В.В. Остеоиндуктивный потенциал частично деминерализованного костного матрикса и возможности его использования в клинической практике. *Вестн. РАМН*. 2022;77(2):143–151. doi: 10.15690/vramn1722
3. Савельев В.И., Этитейн Ю.В., Сысолятин П.Г., Подорожная В.Т., Высочкин В.П., Тулупова И.Г. Заготовка и применение декальцинированного аллогенного костного матрикса в костнопластической хирургии. *Бюл. СО АМН СССР*. 1987;7(2):41–43.
4. Al-Moraissi E.A., Alkhutari A.S., Abotaleb B., Altairi N.H., 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;49(1):107–120. doi: 10.1016/j.ijom.2019.05.004
5. Urist M.R., Dowell T.A., Hay P.H., Strates B.S. Inductive substrates for bone formation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1968;59:59–96.
6. Urist M.R., Strates B.S. Bone morphogenetic protein. *J. Dent. Res.* 1971;50(6):1392–1419. doi: 10.1177/00220345710500060601
7. Urist M.R., Mikulski A.J. Soluble bone morphogenetic protein extracted from bone matrix with a mixed aqueous and nonaqueous solvent. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1979;162(1):48–53. doi: 10.3181/00379727-162-40616
8. Акатов В.С., Бугров С.Н., Гурьев В.В., Лекишвили М.В., Очкуренко А.А., Рагинов Е.С., Рябов А.Д., Скляничук Е.Д., Фадеева И.С., Чеканов А.С., Юрасова Ю.Б. Костнопластические остеоиндуктивные материалы в травматологии и ортопедии. *Гений*

ортопедии. 2015;(4):61–67. doi: 10.18019/1028-4427-2015-4-61-67

9. Боджоков А.Р. Пластика костных дефектов стенок околоносовых пазух деминерализованными костными трансплантатами (клинико-экспериментальное исследование): автореф. дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2012.

10. Деев Р.В., Дробышев А.Ю., Бозо И.Я. Ординарные и активированные остеопластические материалы. *Вестн. травматол. и ортопедии*. 2015;(1):51–69. doi: 10.32414/0869-8678-2015-1-51-69

11. Савельев В.И., Сивков С.Н., Румянцев В.В., Кравцов В.А., Иванкин Д.Е. Заготовка и консервация деминерализованных костных трансплантатов. Метод. реком. № 152. Л., 1984. 25 с.

12. Сысолятин П.Г., Сысолятин С.П., Байдик О.Д. Эндоскопическая хирургия при лечении больных с обширными одонтогенными кистами челюстей. *Стоматология*. 2017;96(5):40–42. doi: 10.17116/stomat201796540-42

13. Brink O. The choice between allograft or demineralized bone matrix is not unambiguous in trauma surgery. *Injury*. 2021;52(Suppl. 2):S2–S28. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.013

14. Patel A., Greenwell H., Hill M., Shumway B., Radmall A. Ridge augmentation comparing an allograft plus autogenous bone chips to an osteoinductive demineralized bone matrix: a clinical and histologic study in humans. *Implant. Dent.* 2019;28(6):613–620. doi: 10.1097/ID.0000000000000925

15. Sampath T.K., Vukicevic S. Biology of bone morphogenetic protein in bone repair and regeneration: A role for autologous blood coagulum as carrier. *Bone*. 2020;141:115602. doi: 10.1016/j.bone.2020.115602

16. Simonffy L., Minya F., Trimmel B., Lacza Z., Dobo-Nagy C. Albumin-impregnated allograft filling of surgical extraction sockets achieves better bone remodeling than filling with either blood clot or bovine xenograft. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2020;35(2):297–304. doi: 10.11607/jomi.7554

17. Ахмедов Ш.М., Быкова В.П., Лекишвили М.В., Мухамедов И.Т., Ханукаева З.Б. Морфологическое исследование деминерализованного костного аллоимплантата Перфоост при пластике задней стенки наружного слухового прохода. *Вестн. оториноларингол.* 2013;(6):31–33.

18. Чеканов А.С., Волошин В.П., Лекишвили М.В., Очкурено А.А., Мартыненко Д.В. Реконструкция тазобедренного сустава деминерализованными аллоимплантатами при ревизионном эндопротезировании. *Вестн. травматол. и ортопедии*. 2015;(1):43–46. doi: 10.17816/vto201522143-46

19. Лекишвили М.В., Васильев М.Г. Свойства остеопластических материалов, импрегнированных сульфатированными гликозаминогликанами. *Трансплантология*. 2013;(1):10–17.

20. Плотников Н.А., Сысолятин П.Г., Мельников В.И., Железный П.А. Способ лечения

несросшихся переломов нижней челюсти, осложненных хроническим остеомиелитом. Авт. с-во № 1107837; опубл. 1984.

21. Плотников Н.А., Сысолятин П.Г. Способ лечения недоразвития нижней челюсти. Авт. с-во № 1107837; опубл. 1986.

References

1. Kirilova I.A. Demineralized bone graft as an osteogenesis stimulator: current literature review. *Khirurgia pozvonochnika = Spine Surgery*. 2004;(3):105–110. [In Russian].

2. Pankratov A.S., Fadeeva I.S., Yurasova Yu.B., Grinin V.M., Cherkesov I.V., Korshunov V.V. The osteoinductive potential of partially demineralized bone matrix and the possibility of its use in clinical practice. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2022;77(2):143–151. [In Russian]. doi: 10.15690/vramn1722

3. Saveliev V.I., Etitain Yu.V., Sysolyatin P.G., Podorozhnaya V.T., Vysochkin V.P., Tulupova I.G. Preparation and application of decalcified allogeneic bone matrix in bone plastic surgery. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Akademii meditsinskikh nauk Soyuzu Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik = Bulletin of Siberian Branch of Academy of Medical Sciences of the Union of Soviet Socialist Republics*. 1987;7(2):41–43. [In Russian].

4. Al-Moraissi E.A., Alkhutari A.S., Abotaleb B., Altairi N.H., 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;49(1):107–120. doi: 10.1016/j.ijom.2019.05.004

5. Urist M.R., Dowell T.A., Hay P.H., Strates B.S. Inductive substrates for bone formation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1968;59:59–96.

6. Urist M.R., Strates B.S. Bone morphogenetic protein. *J. Dent. Res.* 1971;50(6):1392–1419. doi: 10.1177/00220345710500060601

7. Urist M.R., Mikulski A.J. Soluble bone morphogenetic protein extracted from bone matrix with a mixed aqueous and nonaqueous solvent. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1979;162(1):48–53. doi: 10.3181/00379727-162-40616

8. Akatov V.S., Bugrov S.N., Guryev V.V., Le-kishvili M.V., Ochurenko A.A., Raginov E.S., Ryabov A.D., Sklyanchuk E.D., Fadeeva I.S., Chekanov A.S., Yurasova Yu.B. Osteoplastic osteoinductive materials in traumatology and orthopedics. *Geniy ortopedii = Genius of Orthopaedics*. 2015;(4):61–67. [In Russian]. doi: 10.18019/1028-4427-2015-4-61-67

9. Bodjokov A.R. Plastic surgery of bone defects in the walls of the paranasal sinuses with demineralized

bone grafts (clinical and experimental study): abstract of thesis ... cand. med. sci. Saint-Petersburg, 2012. [In Russian].

10. Deev R.V., Drobyshev A.Yu., Bozo I.Ya. Ordinary and activated osteoplastic materials. *Vestnik travmatologii i ortopedii = Reporter of Traumatology and Orthopedics*. 2015;(1):51–69. [In Russian].

11. Saveliev V.I., Sivkov S.N., Rummyantseva V.V., Kravtsov V.A., Ivankin D.E. Procurement and conservation of demineralized bone grafts. Methodological recommendations No 152. Leningrad, 1984. 25 p. [In Russian].

12. Sysolyatin P.G., Sysolyatin S.P., Baydik O.D. Endoscopic surgery in the treatment of patients with extensive odontogenic cysts. *Stomatologiya = Stomatology*. 2017;96(5):40–42. [In Russian]. doi: 10.17116/stomat201796540-42

13. Brink O. The choice between allograft or demineralized bone matrix is not unambiguous in trauma surgery. *Injury*. 2021;52(Suppl. 2):S2–S28. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.013

14. Patel A., Greenwell H., Hill M., Shumway B., Radmall A. Ridge augmentation comparing an allograft plus autogenous bone chips to an osteoinductive demineralized bone matrix: a clinical and histologic study in humans. *Implant. Dent.* 2019;28(6):613–620. doi: 10.1097/ID.0000000000000925

15. Sampath T.K., Vukicevic S. Biology of bone morphogenetic protein in bone repair and regeneration: A role for autologous blood coagulum as carrier. *Bone*. 2020;141:115602. doi: 10.1016/j.bone.2020.115602

16. Simonffy L., Minya F., Trimmel B., Lacza Z., Dobo-Nagy C. Albumin-impregnated allograft filling of surgical extraction sockets achieves better bone remodeling than filling with either blood clot or bovine xenograft. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2020;35(2):297–304. doi: 10.11607/jomi.7554

17. Akhmedov Sh.M., Bykova V.P., Lekishvili M.V., Mukhamedov I.T., Khanukaeva Z.B. The morphological study of the Perfoost demineralized bone alloimplant applied for the plastic reconstruction of the posterior wall of the external auditory canal. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2013;(6):31–33. [In Russian].

18. Chekanov A.S., Voloshin V.P., Lekishvili M.V., Ochurenko A.A., Martynenko D.V. Hip reconstruction with demineralized allografts in revision arthroplasty. *Vestnik travmatologii i ortopedii = Reporter of Traumatology and Orthopedics*. 2015;(1):43–46. [In Russian]. doi: 10.17816/vto201522143-46

19. Lekishvili M.V., Vasiliev M.G. The properties of osteoplastic materials impregnated with sulfated glycosaminoglycans. *Transplantologiya = The Russian Journal of Transplantation*. 2013;(1):10–17. [In Russian].

20. Plotnikov N.A., Sysolyatin P.G., Melnikov V.I., Zhelezny P.A. A method for the treatment of uncrossed fractures of the mandible complicated by chronic osteomyelitis. Author's note № 1107837; published 1984. [In Russian].

21. Plotnikov N.A., Sysolyatin P.G. Method of treatment of underdevelopment of the lower jaw. Author's note № 1237175; published 1986. [In Russian].

Сведения об авторах:

Сысолятин Павел Гаврилович, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-4045-2664, e-mail: sysolyatinpg@mail.ru

Сысолятин Святослав Павлович, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-5794-9087, e-mail: sp-sysolyatin@yandex.ru

Дровосек Михаил Николаевич, д.м.н., ORCID: 0009-0009-7649-029X, e-mail: dmn78.ru@mail.ru

Железный Павел Александрович, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-7045-3289

Ильенок Оксана Валерьевна, ORCID: 0009-0007-0431-5455, e-mail: shkv2@yandex.ru

Information about authors:

Pavel G. Sysolyatin, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-4045-2664, e-mail: sysolyatinpg@mail.ru

Svyatoslav P. Sysolyatin, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-5794-9087,

e-mail: sp-sysolyatin@yandex.ru

Mikhail N. Drovosekov, doctor of medical sciences, ORCID: 0009-0009-7649-029X, e-mail: dmn78.ru@mail.ru

Pavel A. Zhelezny, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-7045-3289

Oksana V. Ilyenok, ORCID: 0009-0007-0431-5455, e-mail: shkv2@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.11.2024

После доработки 31.03.2025

Принята к публикации 08.04.2025

Received 28.11.2024

Revision received 31.03.2025

Accepted 08.04.2025