Изучение отдаленных результатов переднего спондилодеза с применением различных видов пластики дефекта при хирургическом лечении повреждений и заболеваний позвоночника (обзор литературы)

У.Ф. Мухаметов², С.В. Люлин¹, И.А. Мещерягина¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

²Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Республиканская клиническая больница им. Г.Г. Куватова, г. Уфа, Россия

Review of long-term results of anterior spondylodesis with different plasty applied for surgical treatment of spine injuries and diseases (literature review)

U.F. Mukhametov², S.V. Liulin¹, I.A. Meshcheriagina¹

¹Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

²SBHI The Republican Kuvatov Clinical Hospital, Ufa, Russia

Представлен ретроспективный обзор и современные тенденции формирования переднего спондилодеза при заболеваниях и повреждениях позвоночника. Освещены преимущества и недостатки биоимплантов и имплантов из керамики, углерода, никелида титана и других сплавов. Показано, что на современном этапе наметилась тенденция применения комбинации металла с аутокостью для стабилизации позвоночника. Еще одним перспективным направлением в этой области является применение остеиндуктивных материалов.

Ключевые слова: передний спондилодез, импланты, трансплантаты, остеиндуктивные материалы, костный морфогенетический белок

The authors presented a retrospective review and current tendencies of anterior spondylodesis used to treat spine diseases and injuries. The review includes advantages and disadvantages offered by surgical bio-implants and implants made of ceramics, carbon fiber, titanium nickelide and other alloys. Combined application of metal and autologous bone was shown to be the common tendency of spine stabilization. The development of osteoinductive materials has become essential in spine fusion.

Keywords: anterior spondylodesis, implant, graft, osteoinductive material, bone morphogenetic protein

По данным литературы последних лет, передний спондилодез как изолированный метод, так и в сочетании с задней стабилизацией и коррекцией оси позвоночника является основным способом оперативного лечения его нестабильных повреждений и заболеваний.

Первая удачная попытка проведения переднего спондилодеза с использованием костного аутографта на поясничном уровне произведена английским хирургом N. Sarnes в 1932 г. [1, 2]. В Советском Союзе первым операцией такого плана выполнил В.Д. Чаклин [3], вместе с тем популяризацией метод обязан Я.Л. Цивьяну [4]. Приоритет данного метода в оперативном лечении вертеброгенной патологии сохранялся довольно долго. Однако применение имплантатов и совершенствование методик привело к тому, что передний спондилодез, в ряде случаев, утратил самостоятельное значение, став совместным этапом оперативного лечения с использованием транспедикулярных систем. Подобное сочетание позволяет добиться коррекции оси позвоночника, уменьшает нагрузку на трансплантат, сокращая для пациентов сроки достижения активизации. На сегодняшний день несомненен приоритет титановых блок-решеток или сеток в качестве опорных нерезорбируемых имплантатов для переднего спондилодеза. Они были разработаны Хармсом в 1986 году [5, 6]. В последнее время для замещения

дефектов тел позвонков и создания благоприятных условий для восстановления опорных функций и стабильной фиксации позвоночника стали внедряться имплантаты, изготавливаемые из небиологических материалов – керамики, углерод-углерода, никелида титана, других титановых сплавов [5–7].

Замещение межтелового дефекта представляет собой серьезную задачу, решение которой осуществляется, на сегодняшний день, двумя методами. Первый заключается в повышении остеокондуктивных свойств имплантата, что обеспечивается созданием “пор” в контактирующих с телами блокируемых позвонков частях имплантов (конструкции из никелида титана и углерод-углерода), второй – в применении стабилизирующего имплантата (чаще применяются титановые блок-решетки или сетки, англ. mesh) и заполнении его остеиндуктивными материалами биологического происхождения – аутокостью или минеральными костно-пластическими материалами [8, 9]. Имеются экспериментальные работы по изучению влияния материалов на основе кальцийфосфатных соединений, выделенных из костной ткани быков, в состав которых для улучшения остеиндуцирующих свойств вводили органический матрикс, полученный из бычьей костной ткани, а также полипептидные факторы роста, выделенные из сыворотки крови животных с активным

остеогенезом, – сывороточные белки. Сравнение различных групп животных позволило авторам установить, что применение кальцийфосфатных соединений как с органическим матриксом, так и с сывороточными белками позволило эффективно заместить дефекты костной ткани по результатам рентгенологического исследования и изучения оптической плотности дефекта [10].

Огромный интерес представляют индукторы регенерации костной ткани, позволяющие повысить регенеративный потенциал костной ткани за счет деминерализованного костного матрикса (ДКМ), отличающегося высоким остаточным содержанием нативных факторов роста кости BMP-2 и BMP-7 [11]. Однако информация о применении данного материала при пластике тел позвонков на сегодняшний день в литературе практически не представлена.

Эффективность изолированного переднего спондилодеза в хирургическом лечении истинного спондилолистеза рядом исследователей подвергается сомнению. Так, В.М. Шаповалов с соавторами, исследуя отдаленные результаты хирургического лечения 47 больных с истинным спондилолистезом, в лечении которых применялся межтеловой расклинивающий спондилодез костным трансплантатом, получили следующие результаты. Рентгенологические признаки нестабильности позвоночника были выявлены у 18 (38,3 %) больных. Причиной нестабильности на уровне смещения у 8 (17,1 %) пациентов являлся возникший псевдоартроз вследствие несращения трансплантата с телами позвонков, в остальных 10 наблюдениях (21,2 %) нестабильность возникла вследствие дегенеративных процессов в смежных сегментах позвоночного столба. В отдаленные сроки (14 и более лет) неблагоприятный исход при применении изолированного переднего спондилодеза в лечении спондилолистеза был зафиксирован у 12 (25,5 %) человек. Удовлетворены качеством жизни, несмотря на оставшуюся потребность в регулярной консервативной терапии, были 15 пациентов (31,9 %), а 20 пациентов (42,6 %) продемонстрировали хороший уровень физической активности, позволивший сохранить работоспособность. Основными причинами, определившими неблагоприятные исходы хирургического лечения больных с истинным спондилолистезом в отдаленном периоде, явились нарушение стабильности (66,6 %) и баланса позвоночника (50 %), компрессия нейро-сосудистых элементов позвоночного канала (33,3 %), прогрессирующие дегенеративно-дистрофические изменения смежных сегментов позвоночника (25 %), сохраняющаяся степень смещения тела позвонка (25 %). Подводя итог, авторы подчеркнули, что наиболее подходящим методом лечения пациентов данной категории является сочетанное применение транспедикулярных систем с коррекцией позвоночника и переднего спондилодеза [1].

Степень формирования костного блока при исследовании отдаленных результатов переднего спондилодеза с использованием рентгенологического анализа проводилась Баулиным И.А. с соавторами [12, 13]. Использование данного метода при анализе исходов лечения 126 больных инфекционным спондилитом продемонстрировало ряд преимуществ применения заполненного костью меша сравнительно с использованием аутокости и изолированного титанового меша,

приводя к сокращению сроков формирования спондилодеза, не сопровождается обострением инфекционного процесса, снижением высоты блока и нарастанием кифоза, а также характеризуется невысоким показателем послеоперационных осложнений.

Изолированный титановый меш в качестве самостоятельного материала для спондилодеза обеспечивает наиболее неблагоприятные послеоперационные результаты. Авторы сделали вывод, что использование титановой блок-решетки с костным наполнением (меша) является оптимальным для формирования переднего костного блока при радикально-восстановительных операциях. При использовании же костного аутоотрансплантата, хотя и не было достоверных отличий в формировании костного блока, имелись случаи потери коррекции позвоночника за счет резорбции краев кортикала.

Прогрессирование кифотической деформации при применении костной аутопластики во время вентрального спондилодеза отмечают также В.В. Рерих с соавторами [14]. При этом авторы отмечают большую эффективность пластики тела сломанного позвонка депротенизированными костными трансплантатами.

В зарубежной литературе еще с конца XX века стали появляться публикации об осложнениях, возникающих при применении костной аутопластики [15–18]. Процедура взятия аутоотрансплантата из гребня подвздошной кости является отдельной операцией с возможными осложнениями в виде болевого синдрома, гематом, инфекции, вентральных грыж, переломов передней верхней ости подвздошной кости и расстройств чувствительности при повреждении латерального кожного нерва бедра. При этом оперирующий хирург существенно ограничен в размерах забираемого трансплантата. Вместе с тем, исходя из результатов многочисленных исследований, очевиден факт, что только аутоотрансплантаты наиболее соответствуют параметрам для лучшей регенерации и формирования костного сращения [19, 20].

Широко изучено применение имплантатов из пористого никелида титана. Так, ряд авторов показали эффективность применения имплантатов из никелида титана в сочетании с костными аутоотрансплантатами в лечении переломов нижнегрудных и поясничных позвонков [21]. В.В. Осинцев с соавторами, изучив отдаленные результаты оперативного лечения 101 пациента с повреждениями шейного отдела позвоночника, пришли к выводу, что применение имплантатов из никелида титана позволяет достичь более ранней реабилитации в сравнении с использованием костных аутоотрансплантатов [22]. Сравнительный анализ в 2008 г. также представили Бурлаков С.В. с соавторами [23]. Изучая отдаленные результаты переднего спондилодеза в лечении воспалительных заболеваний позвоночника с применением костной аутопластики, никелида титана и углерод-углеродных имплантатов, авторы получили только в 67 % случаев формирование костного блока при использовании аутоотрансплантата. Другие случаи характеризовались развитием осложнений в виде переломов трансплантата, его лизиса, а также нарастания кифоза. Однако функциональные результаты по адаптационным критериям существенно не отличались от результатов лечения пациентов из двух оставшихся групп. Наиболее

оптимальные результаты были достигнуты при использовании углерод-углеродных имплантатов. К 8-12 месяцам новообразованный регенерат полностью заполнял пострезекционный дефект у всех больных. Изучением остеоинтеграции пористых сеток из никелида титана и репаративной регенерации кости при их имплантации в эксперименте также занимались Ю.М. Ирьянов, Д.Ю. Борзунов с соавторами [24]. Суть эксперимента заключалась в создании дефекта большеберцовых костей у крыс и собак с последующим внедрением сетчатого имплантата из никелида титана. С помощью рентгенографии, сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского электронно-зондового микроанализа было выявлено формирование зоны остеогенеза и ангиогенеза с образованием костного футляра вокруг имплантата, что свидетельствовало о его биосовместимости и наличии остеоиндуктивных свойств. Ранние сроки остеоинтеграции имплантата, ремоделирования регенерата и замещения дефекта пластинчатой костной тканью, в свою очередь, указывают на перспективность использования имплантатов из сетчатых конструкций никелида титана в травматологии и ортопедии [24].

В литературе также представлены данные об использовании структурных аллотрансплантатов [14, 25, 26] при переднем спондилодезе. Полости аллотрансплантатов, согласно источникам, рекомендуется заполнять губчатыми аутоотрансплантатами для повышения остеоиндуктивных свойств. Сообщается об успешном применении методик межтелового спондилодеза с применением аллотрансплантатов и факторов роста BMP 2 и BMP 7 с частотой сращения до 99 % [27]. Некоторые авторы рекомендуют использование для вентрального спондилодеза поясничного отдела позвоночника, особенно при операциях на нескольких уровнях, кортикальных аллотрансплантатов в виде сегментов плечевой или бедренной кости. Эти трансплантаты обладают значительной механической прочностью и закрывают по площади не менее двух третей поверхности замыкательных пластинок.

А.Б. Макаров и К.С. Сергеев, исследуя одну из многообещающих тенденций в замещении дефектов позвонков, использовали биоактивные материалы на основе фосфатов кальция, а именно, гидроксиапатит (ГА), имеющий схожие с костной тканью человека характеристики и обладающий эффектами остеоин-

дукции, остеокондукции и остеоинтеграции [28–30]. Наличие гидроксиапатитового покрытия на металлическом имплантате обеспечивает сочетание в изделии прочности и биоактивных свойств. Сопоставляя эффекты при использовании имплантатов из пористого никелида титана, авторы резюмировали, что применение методик переднего спондилодеза в сочетании с межтеловым сетчатым имплантатом с наноструктурированным гидроксиапатитовым покрытием приводит к анатомо-функциональному восстановлению поврежденного сегмента позвоночного столба, сокращая сроки лечения и реабилитации больных с оскольчатыми переломами грудных и поясничных позвонков. Исходя из полученных результатов, исследователи рекомендуют применение имплантатов с гидроксиапатитовым покрытием у пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани, остеопорозом и у лиц группы риска по раннему развитию остеопороза [30, 31].

Ряд авторов [7, 32] предоставили сравнительные данные о керамических и костно-керамических имплантатах, их характеристиках и способах получения, вариантах использования в медицине, способах усиления остеогенеза с помощью дополнительных стимулирующих факторов. Так, В.В. Рерих с соавторами показали эффективность применения пористых биокерамических имплантатов при вентральном межтеловом спондилодезе в нижнейшейном отделе позвоночника у 3 пациентов [7]. Однако, несмотря на видимую перспективность применения керамики в хирургии позвоночника, работы по данной тематике на данный момент крайне немногочисленны.

Анализ современной литературы позволяет сделать заключение о наметившейся тенденции в развитии методик межтелового спондилодеза, представленной применением комбинации металла с аутокостью. Однако «золотого стандарта» все же пока не найдено. От применения исключительно костного аутоотрансплантата хирурги постепенно отходят. Еще одним перспективным направлением в этой области является применение остеоиндуктивных материалов. Возможно комбинированное применение костных трансплантатов с материалами, содержащими BMP, позволит добиться создания костного блока без применения укрепляющих металлических конструкций в области пластики дефекта позвонка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отдаленные результаты хирургического лечения больных с истинным спондилолистезом методом изолированного переднего спондилодеза / В.М. Шаповалов, К.А. Надулич, А.В. Теремшонов, Е.Б. Нагорный, Н.М. Ястребков // Травматология и ортопедия России. 2012. № 1 (63). С. 14-21.
2. Capener N. Spondylolisthesis // Br. J. Surg. 1932. Vol. 19, N 75. P. 374-386.
3. Чаклин В.Д. Основы оперативной ортопедии и травматологии. М.: Медицина, 1964. 738 с.
4. Цивьян Я.Л. Хирургия позвоночника. М.: Медицина, 1966.
5. Grob D., Daehn S., Mannion A.F. Titanium mesh cages (TMC) in spine surgery // Eur. Spine J. 2005. Vol. 14, N 3. P. 211-221.
6. Harms J., Stoltze D. The indications and principles of correction of post-traumatic deformities // Eur. Spine J. 1992. Vol. 1, N 3. P. 142-151.
7. Вентральный межтеловый спондилодез на нижнейшейном отделе позвоночника пористым биокерамическим имплантатом / В.В. Рерих, А.В. Крутько, А.Д. Ластевский, Д.М. Козлов, А.Р. Аветисян, А.М. Аронов, А.Н. Пель, Н.А. Рычкова // Хирургия позвоночника. 2015. № 1. С. 63-68.
8. The use of an injectable, biodegradable calcium phosphate bone substitute for the prophylactic augmentation of osteoporotic vertebrae and the management of vertebral compression fractures / B. Bai, L.M. Jazrawi, F.J. Kummer, J.M. Spivak // Spine. 1999. Vol. 24, N 15. P. 1521-1526.
9. Chapman M.W., Bucholz R., Cornell C. Treatment of acute fractures with a collagen-calcium phosphate graft material. A randomized clinical trial // J. Bone Joint Surg. Am. 1997. Vol. 79, N 4. P. 495-502.
10. Талашова И.А., Осипова Е.В., Кононович Н.А. Сравнительная количественная оценка репаративного процесса при имплантации биокомпозиционных материалов в костные дефекты // Гений ортопедии. 2012. № 2. С. 68-71.
11. Разработка биокомпозиатов нового поколения на основе ксеногенного деминерализованного костного матрикса с добавлением рекомбинантных костных морфогенетических белков человека rhBMP-2 и rhBMP-7 / А.В. Громов, М.С. Бартов, К.Е. Никитин, Д.М. Мишина, М.Е. Субботина, Л.А. Соболева, Т.А. Овечкина, Т.М. Грунина, М.А. Сергиенков, Н.В. Лаврова, Н.Н. Полетаева, З.М. Галушкина, А.С. Семихин, А.П. Ткачук, Н.Е. Шарипова, А.С. Карягина, В.Г. Лунин // Илизаровские чтения : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рожд. акад. Г.А. Илизарова, 60-летию метода Илизарова, 40-летию РНЦ "ВТО". Курган, 2011. С. 474-475.

12. Лучевой анализ формирования костного блока при использовании различных материалов для переднего спондилодеза у пациентов с инфекционным спондилитом / И.А. Баулин, П.В. Гаврилов, Н.А. Советова, А.Ю. Мушкин // Хирургия позвоночника. 2015. № 1. С. 83-89.
13. Баулин И.А. Компьютерно-томографическая оценка формирования переднего спондилодеза при использовании титановой блок-решетки у больных инфекционным спондилитом : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2015. 28 с.
14. Рерих В.В., Садовой М.А., Рахматиллаев Ш.Н. Остеопластика в системе лечения переломов тел грудных и поясничных позвонков // Хирургия позвоночника. 2009. № 2. С. 25-34.
15. Grob D. Problems at the donor site in autologous bone transplantation // Unfallchirurg. 1986. Vol. 89, N 8. P. 339-345.
16. Kuhn D.A., Moreland M.S. Complications following iliac crest bone grafting // Clin. Orthop. Relat. Res. 1986. N 209. P. 224-226.
17. Summers B.N., Eisenstein S.M. Donor site pain from the ilium. A complication of lumbar spine fusion // J. Bone Joint Surg. Br. 1989. Vol. 71, N 4. P. 677-680.
18. Iliac crest bone graft donor site pain after anterior lumbar interbody fusion: a prospective patient satisfaction outcome assessment / R.C. Sasso, J.C. LeHuec, C. Shaffrey; Spine Interbody Research Group // J. Spinal Disord. Tech. 2005. Vol. 18, Suppl. P. S77-S81.
19. Ludwig S.C., Boden S.D. Osteoinductive bone graft substitutes for spinal fusion : a basic science summary // Orthop. Clin. North Am. 1999. Vol. 30, N 4. P. 635-645.
20. Sawin P.D., Traynelis V.C., Menezes A.H. A comparative analysis of fusion rates and donor-site morbidity for autogeneic rib and iliac crest bone grafts in posterior cervical fusions // J. Neurosurg. 1998. Vol. 88, N 2. P. 255-265.
21. Паськов Р.В., Сергеев К.С., Фарйон А.О. Клинические и биомеханические аспекты переднего межтелового спондилодеза с использованием имплантатов из пористого NiTi // Хирургия позвоночника. 2006. № 1. С. 20-24.
22. Осинцев В.В. Передний спондилодез пористым никелидом титана при повреждениях шейного отдела позвоночного столба // Тюмен. мед. журн. 2011. № 3-4. С. 98-101.
23. Бурлаков С.В., Родионов А.А. Некоторые особенности пластических материалов, используемых для спондилодеза при воспалительных заболеваниях позвоночника // Дальневосточ. мед. журнал. 2008. № 3. С. 39-41.
24. Остеоинтеграция сетчатых конструкций никелида титана репаративное костеобразование при их имплантации / Ю.М. Ирьянов, Д.Ю. Борзунов, В.Ф. Чернов, А.В. Чернов, О.В. Дюрягина, Д.И. Аксенов // Гений ортопедии. 2014. № 4. С. 76-80.
25. Губин А.В. Костная пластика аллогенными фетотрансплантатами в хирургии позвоночника у детей : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2001. 23 с.
26. Mummaneni P.V., Haid R.W., Rodts G.E. Lumbar interbody fusion: state-of-the-art technical advances. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004 // J. Neurosurg. Spine. 2004. Vol. 1, N 1. P. 24-30.
27. Use of rhBMP-2 in combination with structural cortical allografts: clinical and radiographic outcomes in anterior lumbar spinal surgery / J.K. Burkus, H.S. Sandhu, M.F. Gornet, M.C. Longley // J. Bone Joint Surg. Am. 2005. Vol. 87, N 6. P. 1205-1212.
28. Макаров А.Б., Сергеев К.С. Модифицированный сетчатый имплантат для переднего спондилодеза. Опыт клинического применения // Современные технологии хирургического лечения деформаций и заболеваний позвоночника : материалы третьего съезда хирургов-вертебрологов России с международным участием. СПб., 2012. С. 107-108.
29. Макаров А.Б. Модифицированный фиксатор для переднего спондилодеза при оскольчатых переломах грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2012. № 2. С. 16-23.
30. Макаров А.Б. Варианты переднего межтелового спондилодеза при оскольчатых переломах нижних грудных и поясничных позвонков: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Курган, 2013. 27 с.
31. Макаров А.Б., Сергеев К.С. Сравнительная характеристика имплантатов для переднего межтелового спондилодеза при оскольчатых переломах грудных и поясничных позвонков // Илизаровские чтения: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. Курган, 2012. С. 172 - 173.
32. Керамические и косто-керамические имплантаты : перспективные направления / И.А. Кирилова, М.А. Садовой, В.Т. Подорожная, С.П. Буякова, С.Н. Кульков // Хирургия позвоночника. 2013. № 4. С. 52-62.
33. Нехлопочин А.С. Сравнительный анализ конструктивных характеристик телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза // Хирургия позвоночника. 2015. № 3. С. 8-12.
34. Ackerman S.J., Mafilios M.S., Polly D.W. Jr. Economic evaluation of bone morphogenetic protein versus autogenous iliac crest bone graft in single-level anterior lumbar interbody fusion: an evidence-based modeling approach // Spine. 2002. Vol. 27, N 16, Suppl. 1. P. S94-S99.
35. A cost analysis of bone morphogenetic protein versus autogenous iliac crest bone graft in single-level anterior lumbar fusion / D.W. Polly Jr., S.J. Ackerman, C.I. Shaffrey, J.W. Ogilvie, J.C. Wang, S.W. Stralka, M.S. Mafilios, S.E. Heim, H.S. Sandhu // Orthopedics. 2003. Vol. 26, N 10. P. 1027-1037.
36. Szpalski M., Gunzburg R. Recombinant human bone morphogenetic protein-2: a novel osteoinductive alternative to autogenous bone graft? // Acta Orthop. Belg. 2005. Vol. 71, N 2. P. 133-148.

REFERENCES

1. Shapovalov V.M., Nadulich K.A., Teremshonok A.V., Nagornyi E.B., Iastrebkov N.M. Otdalennyye rezul'taty khirurgicheskogo lecheniya bol'nykh s istinnym spondilolistezom metodom izolirovannogo perednego spondilodeza [Long-term results of surgical treatment of patients with true spondylolisthesis using the technique of isolated anterior spondylodesis]. *Travmatol. Ortop. Rossii*, 2012, no. 1 (63), pp. 14-21. (In Russ.)
2. Capener N. Spondylolisthesis. *Br. J. Surg.*, 1932, vol. 19, no. 75, pp. 374-386.
3. Chaklin V.D. *Osnovy operativnoi ortopedii i travmatologii* [Basics of Surgical Orthopaedics and Traumatology]. M., Meditsina, 1964, 738 p. (In Russ.)
4. Tsiv'ian Ia.L. *Khirurgiia pozvonochnika* [Surgery of the Spine]. M., Meditsina, 1966. (In Russ.)
5. Grob D., Daehn S., Mannion A.F. Titanium mesh cages (TMC) in spine surgery. *Eur. Spine J.*, 2005, vol. 14, no. 3, pp. 211-221.
6. Harms J., Stoltze D. The indications and principles of correction of post-traumatic deformities. *Eur. Spine J.*, 1992, vol. 1, no. 3, pp. 142-151.
7. Rerikh V.V., Krut'ko A.V., Lastevskii A.D., Kozlov D.M., Avetisyan A.M., Aronov A.M., Pel' A.N., Rychkova N.A. Ventral'nyi mezhtelovoi spondilodez na nizhneshem otdele pozvonochnika poristym biokeramicheskim implantatom [Ventral interbody spondylodesis in the area of the lower-cervical spine using a porous bioceramic implant]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2015, no. 1, pp. 63-68. (In Russ.)
8. Bai B., Jazrawi L.M., Kummer F.J., Spivak J.M. The use of an injectable, biodegradable calcium phosphate bone substitute for the prophylactic augmentation of osteoporotic vertebrae and the management of vertebral compression fractures. *Spine*, 1999, vol. 24, no. 15, pp. 1521-1526.
9. Chapman M.W., Bucholz R., Cornell C. Treatment of acute fractures with a collagen-calcium phosphate graft material. A randomized clinical trial. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1997, vol. 79, no. 4, pp. 495-502.
10. Talashova I.A., Osipova E.V., Kononovich N.A. Sravnitel'naya kolichestvennaya otsenka reparativnogo protsessa pri implantatsii biokompozitsionnykh materialov v kostnye defekty [Comparative quantitative evaluation of reparative process for implantation of biocomposition materials into bone defects]. *Geniy Ortop.*, 2012, no. 2, pp. 68-71. (In Russ.)
11. Gromov A.V., Bartov M.S., Nikitin K.E., Mishina D.M., Subbotina M.E., Soboleva L.A., Ovechkina T.A., Grunina T.M., Sergienkov M.A., Lavrova N.V., Poletaeva N.N., Galushkina Z.M., Semikhin A.S., Tkachuk A.P., Sharapova N.E., Kariagina A.S., Lunin V.G. Razrabotka biokompozitov novogo pokoleniya na osnove ksenogenno demineralizovannogo kostnogo matriksa s dobavleniem rekombinantnykh kostnykh morfogeneticheskikh belkov cheloveka rhBMP-2 i rhBMP-7 [Working out biocomposites of new generation on the basis of xenogenic demineralized bone matrix supplemented with rhBMP-2 and rhBMP-7 human recombinant bone morphogenetic proteins]. *Ilizarovskie chteniia: materialy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posviashch. 90-letiiu so dnya rozhd. akad. G. A. Ilizarova, 60-letiiu metoda Ilizarova, 40-letiiu RNTs "VTO"* [Ilizarov Readings: Materials of the Scientific-and-Practical Conference with international participation dedicated to 90th anniversary of G.A. Ilizarov birth, 60th anniversary of the Ilizarov method, 40th anniversary of RISC "RTO"]. Kurgan, 2011, pp. 474-475. (In Russ.)
12. Baulin I.A., Gavrilov P.V., Sovetova N.A., Mushkin A.Iu. Luchevoi analiz formirovaniia kostnogo bloka pri ispol'zovanii razlichnykh materialov dlia perednego spondilodeza u patientsov s infektsionnym spondilitom [Radiation analysis of bone block formation using different materials for anterior spondylodesis in patients with infection spondylitis]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2015, vol. 12, no. 1, pp. 83-89. (In Russ.)

13. Baulin I.A. *Komp'yuterno-tomograficheskaya otsenka formirovaniya perednego spondilodeza pri ispol'zovanii titanovoi blok-reshetki u bol'nykh infektsionnym spondilitom*. Avtoref. diss. kand. med. nauk [Computed-and-tomographic evaluation of anterior spondylodesis formation using a titanium mesh block cage in patients with infection spondylitis. Abstract of cand. med. sci. diss.]. SPb., 2015. 28 p. (In Russ.)
14. Rerikh V.V., Sadovoi M.A., Rakhmatillaev Sh.N. Osteoplastika v sisteme lecheniya perelomov tel grudnykh i poiasnichnykh pozvonkov [Osteoplasty in the system of treating fractures of thoracic and lumbar vertebral bodies]. *Khirurgiya Pozvonochnika*, 2009, no. 2, pp. 25-34. (In Russ.)
15. Grob D. Problems at the donor site in autologous bone transplantation. *Unfallchirurg*, 1986, vol. 89, no. 8, pp. 339-345.
16. Kuhn D.A., Moreland M.S. Complications following iliac crest bone grafting. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1986, no. 209, pp. 224-226.
17. Summers B.N., Eisenstein S.M. Donor site pain from the ilium. A complication of lumbar spine fusion. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 1989, vol. 71, no. 4, pp. 677-680.
18. Sasso R.C., LeHuec J.C., Shaffrey C.; Spine Interbody Research Group. Iliac crest bone graft donor site pain after anterior lumbar interbody fusion: a prospective patient satisfaction outcome assessment. *J. Spinal Disord. Tech.*, 2005, vol. 18, Suppl., pp. S77-S81.
19. Ludwig S.C., Boden S.D. Osteoinductive bone graft substitutes for spinal fusion: a basic science summary. *Orthop. Clin. North Am.*, 1999, vol. 30, no. 4, pp. 635-645.
20. Savin P.D., Traynelis V.C., Menezes A.H. A comparative analysis of fusion rates and donor-site morbidity for autogeneic rib and iliac crest bone grafts in posterior cervical fusions. *J. Neurosurg.*, 1998, vol. 88, no. 2, pp. 255-265.
21. Pas'kov R.V., Sergeev K.S., Farion A.O. Klinicheskie i biomekhanicheskie aspekty perednego mezhtelovogo spondilodeza s ispol'zovaniem implantatov iz poristogo NiTi [Clinical and biomechanical aspects of anterior interbody spondylodesis using the implants of porous NiTi]. *Khirurgiya Pozvonochnika*, 2006, no. 1, pp. 20-24. (In Russ.)
22. Osintsev V.V. Perednii spondilodez poristym nikelidom titana pri povrezhdeniyakh sheinogo otdela pozvonochnogo stolba [Anterior spondylodesis with porous titanium nickelide for the cervical spine injuries]. *Tiumen. Med. Zhurn.*, 2011, no. 3-4, pp. 98-101. (In Russ.)
23. Burlakov S.V., Rodionov A.A. Nekotorye osobennosti plasticheskikh materialov, ispol'zuemykh dlia spondilodeza pri vospalitel'nykh zabolevaniyakh pozvonochnika [Some characteristics of plastic materials used for spondylodesis for the spine inflammatory diseases]. *Dal'nevostoch. Med. Zhurnal*, 2008, no. 3, pp. 39-41. (In Russ.)
24. Ir'ianov Iu.M., Borzunov D.Iu., Chernov V.F., Chernov A.V., Diuriagina O.V., Aksenov D.I. Osteointegratsiya setchatykh konstruktov nikelida titana i reparatornoe kosteobrazovanie pri ikh implantatsii [Osseointegration of titanium nickelide mesh constructs, and reparative osteogenesis for their implantation]. *Geniy Ortop.*, 2014, no. 4, pp. 76-80. (In Russ.)
25. Gubin A.V. *Kostnaya plastika allogennymi fetotransplantatami v khirurgii pozvonochnika u detei*. Avtoref. diss. kand. med. nauk [Osteoplasty using allogenic fetografts in the spine surgery in children. Abstract of cand. med. sci. diss.]. SPb., 2001. 23 p. (In Russ.)
26. Mummaneni P.V., Haid R.W., Rodts G.E. Lumbar interbody fusion: state-of-the-art technical advances. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004. *J. Neurosurg. Spine*, 2004, vol. 1, no. 1, pp. 24-30.
27. Burks J.K., Sandhu H.S., Gornet M.F., Longley M.C. Use of rhBMP-2 in combination with structural cortical allografts: clinical and radiographic outcomes in anterior lumbar spinal surgery. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2005, vol. 87, no. 6, pp. 1205-1212.
28. Makarov A.B., Sergeev K.S. Modifitsirovannyi setchatyi implantat dlia perednego spondilodeza. Opyt klinicheskogo primeneniya [A modified mesh implant for anterior spondylodesis. An experience in clinical use]. *Sovremennye tekhnologii khirurgicheskogo lecheniya deformatsii i zabolevaniy pozvonochnika: materialy tret'ego s'ezda khirurgov-vertebrologov Rossii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern Technologies of Surgical Treatment of the Spine Deformities and Diseases: Materials of III Congress of Russian vertebrology surgeons with international participation]. SPb., 2012, pp. 107-108. (In Russ.)
29. Makarov A.B. Modifitsirovannyi fiksator dlia perednego spondilodeza pri oskol'chatykh perelomakh grudnogo i poiasnichnogo otdelov pozvonochnika [The modified fixator for anterior spondylodesis for comminuted fractures of the thoracic and lumbar spine]. *Khirurgiya Pozvonochnika*, 2012, no. 2, pp. 16-23. (In Russ.)
30. Makarov A.B. *Varianty perednego mezhtelovogo spondilodeza pri oskol'chatykh perelomakh nizhnikh grudnykh i poiasnichnykh pozvonkov*. Avtoref. diss. kand. med. nauk [Variants of anterior interbody spondylodesis for comminuted fractures of thoracic and lumbar vertebrae. Abstract of cand. med. sci. diss.]. Kurgan, 2013. 27 p. (In Russ.)
31. Makarov A.B., Sergeev K.S. Sravnitel'naya kharakteristika implantatov dlia perednego mezhtelovogo spondilodeza pri oskol'chatykh perelomakh grudnykh i poiasnichnykh pozvonkov [Comparative characteristics of the implants for anterior interbody spondylodesis for comminuted fractures of thoracic and lumbar vertebrae]. *Ilizarovskie chteniya: materialy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Ilizarov Readings: Materials of Scientific-and-Practical Conference with international participation]. Kurgan, 2012, pp. 172-173. (In Russ.)
32. Kirilova I.A., Sadovoi M.A., Podorozhnaia V.T., Buiakova S.P., Kul'kov S.N. Keramicheskie i kostno-keramicheskie implantaty: perspektivnye napravleniya [Ceramic and osteoceramic implants: prospective directions]. *Khirurgiya Pozvonochnika*, 2013, no. 4, pp. 52-62. (In Russ.)
33. Nekhlupochin A.S. Sravnitel'nyi analiz konstruktivnykh kharakteristik telozameshchayushchikh endoprotezov dlia perednego spondilodeza [A comparative analysis of constructive characteristics of the body-replacing implants for anterior spondylodesis]. *Khirurgiya Pozvonochnika*, 2015, no. 3, pp. 8-12. (In Russ.)
34. Ackerman S.J., Mafilios M.S., Polly D.W. Jr. Economic evaluation of bone morphogenetic protein versus autogenous iliac crest bone graft in single-level anterior lumbar interbody fusion: an evidence-based modeling approach. *Spine*, 2002, vol. 27, no. 16, Suppl. 1, pp. S94-S99.
35. Polly D.W. Jr., Ackerman S.J., Shaffrey C.I., Ogilvie J.W., Wang J.C., Stralka S.W., Mafilios M.S., Heim S.E., Sandhu H.S. A cost analysis of bone morphogenetic protein versus autogenous iliac crest bone graft in single-level anterior lumbar fusion. *Orthopedics*, 2003, vol. 26, no. 10, pp. 1027-1037.
36. Szpalski M., Gunzburg R. Recombinant human bone morphogenetic protein-2: a novel osteoinductive alternative to autogenous bone graft? *Acta Orthop. Belg.*, 2005, vol. 71, no. 2, pp. 133-148.

Рукопись поступила 06.05.2016

Сведения об авторах:

1. Мухаметов Урал Фаритович – ГБУЗ РБ РКБ им. Г.Г. Куватова, г. Уфа, Россия, заведующий отделением травматологии и ортопедии Центра специализированного вида медицинской помощи «Травматология и ортопедия (в т.ч. эндопротезирование крупных суставов)», к. м. н.; Email: farit1@ufanet.ru
2. Люлин Сергей Владимирович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, заведующий лабораторией множественной, сочетанной и боевой травмы, д. м. н.
3. Мещерягина Иванна Александровна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, старший научный сотрудник лаборатории множественной, сочетанной и боевой травмы, к. м. н.; Email: ivalme@yandex.ru

Information about the authors:

1. Ural F. Mukhametov, M.D., Ph.D., Republican Kuvatov Clinical Hospital, Ufa, Russia, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics of the Center for specialized medical care "Traumatology and Orthopaedics (Arthroplasty of large joints including)"; **Corresponding author:** farit1@ufanet.ru
2. Sergei V. Liulin, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, Head of the Laboratory of Multiple, Concomitant, and Military Trauma
3. Ivanna A. Meshcheriagina, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, Laboratory of Multiple, Concomitant, and Military Trauma; Email: ivalme@yandex.ru