

At the present stage of development of medicine, significant qualitative changes in vertebrology have been noted due to the active development and introduction of high-tech diagnostic equipment, surgical instruments and a wide variety of implants. A new direction in spinal surgery – minimally invasive spine surgery (MISS) was divided because of this. It has advantages in the form of less surgical aggression, the possibility of a significant reduction in postoperative pain syndrome while maintaining the radical nature of the operation contributed to its implementation in various spinal pathologies – degenerative diseases and injuries, inflammatory and tumor processes. Currently, MISS in the lumbar spine is the most popular and common one

# МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ ХИРУРГИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА — ФИЛОСОФИЯ И КОНЦЕПЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ ВЕРТЕБРОЛОГИИ

На современном этапе развития медицины отмечены значительные качественные изменения в вертебологии за счет активного развития и внедрения высокотехнологичного диагностического оборудования, хирургического инструментария и большого разнообразия имплантатов. Это способствовало выделению нового направления в спинальной хирургии — минимально инвазивной хирургии позвоночника (minimally invasive spine surgery, MISS). Преимущества в виде меньшей хирургической агрессии, возможности значительного снижения послеоперационного болевого синдрома и сохранения радикальности операции способствовали ее внедрению при различных патологиях позвоночника — дегенеративных заболеваниях и травмах, воспалительных и опухолевых процессах. В настоящее время наиболее популярна и распространена MISS в поясничном отделе позвоночника

**Б**олевой синдром, обусловленный дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника, — актуальная проблема современной медицины. При данной патологии поражается трудоспособная категория людей, что сопровождается высокими рисками первичной инвалидизации и значимыми экономическими затратами [8].

Основные причины развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника связаны с дегенерацией межпозвонковых дисков (МПД), дугоотростчатых суставов (ДС) или их сочетанием [10, 13]. При этом не всегда процессы идут параллельно, в связи с чем необходимо детальное предоперационное выделение ведущего патоморфологического субстрата и оценка выраженности дегенеративных изменений для правильного выбора способа и вида хирургического лечения [9, 14]. Пренебрежение этим отчасти обуславливает высокий процент неудовлетворительных послеоперационных исходов — от 15 до 60% случаев [11, 17].

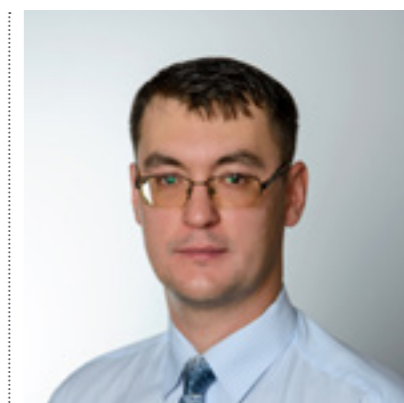
## **ОБОСНОВАНИЕ MISS**

В настоящее время хирургическая тактика лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями



**Бывальцев  
Вадим  
Анатольевич**

д. м. н., руководитель центра нейрохирургии НУЗ ДКБ на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», главный нейрохирург ЦДЗ — филиала ОАО «РЖД», завкафедрой нейрохирургии и инновационной медицины ИГМУ, профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ИГМАПО, замдиректора по инновационной и международной деятельности ФГБНУ ИНЦХТ, Иркутск



**Калинин  
Андрей  
Андреевич**

к. м. н., врач-нейрохирург центра нейрохирургии НУЗ ДКБ на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», доцент кафедры нейрохирургии и инновационной медицины ИГМУ, Иркутск

поясничного отдела позвоночника основывается не только на устранении компрессии сосудисто-нервных образований, но и на выборе оптимальной траектории к позвоночнику, наименее травматичного доступа с сохранением целостности мышц и связок [6]. Это направлено на снижение ятрогенной хирургической агрессии и выраженности послеоперационного болевого синдрома, сокращение времени реабилитации и сроков нетрудоспособности, восстановление прежней функциональной активности [20]. Таким образом, полная физическая и социальная реабилитация пациентов после операций на позвоночном столбе и структурах позвоночного канала вошла в мировые спинальные центры как обязательный тренд. Поражает постоянный прогрессивный рост числа и многообразие хирургических способов коррекции, используемых при дегенеративных заболеваниях позвоночника, делающих эту область, пожалуй, самой новаторской в медицине [5]. Не может не впечатлять ежегодный объем технических решений для достижения одной единственной цели — остановить дегенеративный каскад и патофизиологические изменения в позвоночно-двигательном сегменте (ПДС). Разобраться в таком разнообразии способов хирургического лечения не представляется возможным даже опытному, часто и много оперирующему хирургу-вертебрологу. В связи с этим публикации огромного количества узкоспециализированных статей, научно-исследовательская работа профессиональных сообществ, проводимые интернациональные симпозиумы и конгрессы направлены на создание стандартов лечения пациентов с проблемами позвоночника. Тем не менее оптимальные решения в спинальной хирургии все еще не

найлены по причине «расширения физиологической дозволенности» и продолжающейся оптимизации технических решений [4]. Основным достижением спинальной хирургии является направление минимальной агрессии (инвазии), изменившее представление о вертебрологии как о «тяжелой, кровавой, калечащей» области хирургии. Внедрение в повседневную практику хирурга-вертебролога оптического увеличения (микроскопы, эндоскопы), специализированного инструментария, ранорасширителей, нейрофизиологических комплексов контроля, навигационных систем,

роботизированных манипуляторов — вот неполный спектр технических решений, позволивших снизить степень хирургической агрессии и повысить безопасность оперативных вмешательств на позвоночнике [18, 19]. Учитывая ограниченное хирургическое поле, основными условиями для успешного выполнения MISS являются знания послышной топографической анатомии, наличие операционного оборудования, специализированных имплантатов и инструментов для их установки [12]. Основные недостатки MISS и сдерживающие факторы ее повсеместного внедрения: необходимость в

## **Затраты государства на операцию и реабилитацию пациентов — важная составляющая при выборе способа хирургического лечения. Немногочисленные исследования экономической эффективности MISS в сравнении с открытыми вмешательствами показали, что периоперационная стоимость последних в среднем в 2 раза выше по сравнению с минимально инвазивными**

наличии дорогостоящих высокотехнологичных инструментов и аппаратуры, а также длительная кривая обучения [15, 21]. Затраты государства на операцию и реабилитацию пациентов — важная составляющая при выборе способа хирургического лечения. Немногочисленные исследования экономической эффективности MISS в сравнении с открытыми вмешательствами показали, что периоперационная стоимость последних в среднем в 2 раза выше по сравнению с минимально инвазивными [22].

### **ВИДЫ MISS**

Для реализации концепции минимально инвазивной хирургии позвоночника используются: чрескожные пункционные методики, малоинвазивные доступы и вмешательства, сохраняющие естественную биомеханику оперированных сегментов [15].

### **Чрескожные пункционные методики**

В нейрохирургической практике широко используются чрескожные пункционные методики, направленные на предотвращение дальнейшей дегенерации МПД путем физического воздействия на его структуру, и инвазивные методы лечения фасет-синдрома, способствующие радикальному устранению болевой импульсации от капсулы ДС. К первой группе манипуляций относят механические, тепловые (радиочастотная, лазерная, холодноплазменная нуклеопластика), химические (хемонуклеолизис, оксигеноозонотерапия, спиртовые и стероидные терапии диска) и комбинированные воздействия [1]. Основная цель таких вмешательств — смещение коллагеновых волокон и закрытие микротрещин фиброзного кольца, а также деструкция эфферентных волокон типа С [9]. Один из пункционных

## **Для хирургического лечения диско-радикулярного конфликта поясничного отдела позвоночника применяются декомпрессивные пункционные методики: заднебоковая или трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия и перкутанная механическая нуклеотомия**

методов лечения болевого синдрома от ДС — пункционная термодеструкция медиальной ветви спинномозгового нерва (радиочастотная, лазерная) — заключается в деструкции медиальных ветвей спинномозгового нерва [3]. Реконструктивными методиками лечения фасет-синдрома являются фасетопластика, направленная на введение гиалуроновой кислоты для восполнения объема внутрисуставной жидкости и улучшения трофики суставного хряща, и технология PRP-терапии, основанная на внутрисуставном введении плазмы, обогащенной тромбоцитами, с целью восстановления гиалинового хряща и синовиальной оболочки [27]. Для хирургического лечения диско-радикулярного конфликта поясничного отдела позвоночника применяются декомпрессивные пункционные методики: заднебоковая или трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия и

перкутанная механическая нуклеотомия. Эндоскопические методики высокоэффективны при ограниченном выбухании (экструзии) МПД, в том числе с секвестрацией и миграцией фрагментов пульпозного ядра, в то время как перкутанная механическая нуклеотомия способствует значимому изменению градиента давления внутри МПД и клиническому улучшению при наличии широкого основания грыжевого выпячивания без значительных повреждений фиброзного кольца [23, 26].

### **Малоинвазивные хирургические доступы**

Использование малоинвазивных доступов возможно как при изолированной ликвидации компрессии сосудисто-нервных образований, так и при проведении отдельных этапов декомпрессии и стабилизации. Среди декомпрессивных методик применяются микрохирургическая и эндоскопическая дискэктомии.

## Методика бокового межтелового спондилодеза позволяет избежать частых осложнений, наблюдаемых при выполнении передних и задних доступов. Анатомические ограничения способствуют ее применению в верхнепоясничном отделе позвоночника



Рис. 1  
Интраоперационная фотография выполнения бокового поясничного межтелового спондилодеза (кейдж Oracle, DePuy Synthes Spine)

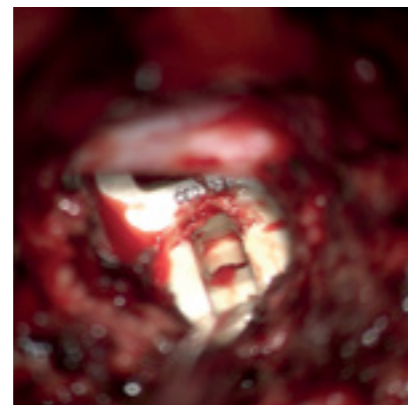
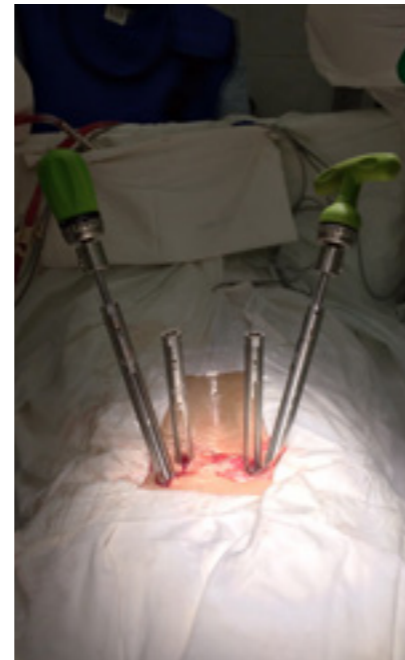


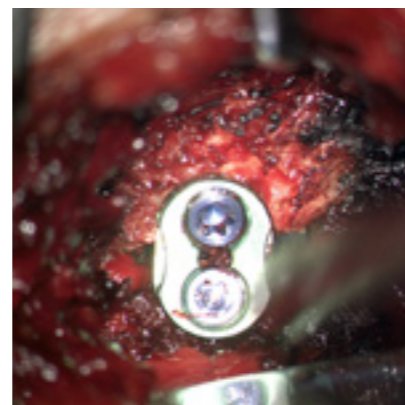
Рис. 2  
Интраоперационная фотография выполнения трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза (кейдж T-pal, DePuy Synthes Spine)

В обоих случаях тубулярные ретракторные системы и оптическое увеличение позволяют осуществлять манипуляции без повреждения паравертебральных мышц, производить эффективную декомпрессию при любой локализации дискового пролапса [8, 13]. Большинство дегенеративных заболеваний поясничного отдела по-

звоночника являются показанием для осуществления межтелового спондилодеза и ригидной стабилизации из переднего, бокового и заднего доступов. Способ переднего поясничного межтелового спондилодеза (anterior lumbar interbody fusion, ALIF), выполняемый из ретроперитонеального доступа, позволяет



А



В

Рис. 3  
Интраоперационные фотография выполнения: А – чрескожной транспедикулярной фиксации (система Viper II, DePuy Synthes Spine); В – фасеточной стабилизации (система Facet Wedge, DePuy Synthes Spine)

осуществить восстановление высоты МПД и поясничного лордоза, а также ограничить рубцово-спаечный процесс в позвоночном канале за счет отсутствия инструментальных манипуляций в нем. Но при этом невозможность устранения стеноза позвоночного канала и удаления секвестрированной грыжи МПД, проекционное наличие крупных магистральных сосудов делают методику эффективной при дегенеративных поражениях нижнепоясничного отдела позвоночника, преимущественно сочетанных с сегментарной нестабильностью [16, 29].

Методика бокового межтелового спондилодеза (lateral lumbar interbody fusion, LLIF), являясь модификацией вентрального ретроперитонеального доступа, обеспечивает хорошую визуализацию всех топографо-анатомических ориентиров в глубине раны и сохранение целостности передней, задней продольных связок и ДС, что дополнительно обеспечивает стабильность фиксации и способствует эффективному межтеловому спондилодезу. Кроме того, методика позволяет избежать частых осложнений, наблюдаемых при выполнении передних (повреждение магистральных сосудов, ретроградная эякуляция, послеоперационная кишечная непроходимость, лимфоцеле, повреждение симпатического ствола) и задних (параспинальная мышечная денервация, повреждения твердой мозговой оболочки и нервных корешков при неправильном проведении фиксирующих элементов или чрезмерной их ретракции при установке кейджа) доступов. Но при этом анатомические ограничения (поясничное сплетение, гребень подвздошной кости), а также невозможность достаточной рекалибрации позвоночного канала способствуют применению методики в верхнепоясничном отделе позвоночника (рис. 1) [25, 30].

## Распространенные способы задней стабилизации — чрескожная установка транспедикулярных винтов и фасеточная фиксация — при использовании тубулярных ретракторов и навигационных систем обеспечивают меньшее повреждение мышц

Трансфораминальный межтеловый спондилодез (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF), который осуществляется из параспинального доступа по Wiltse, получил широкое распространение при стенозирующих процессах позвоночника, позволяя выполнить двухстороннюю декомпрессию и реконструкцию позвоночного канала из унилатерального доступа, уменьшает хирургическую агрессию и уровень послеоперационного болевого синдрома (рис. 2) [12, 24].

Аксиальный поясничный межтеловый спондилодез (axial lumbar interbody fusion, AxiaLIF) производится из предсакрального доступа и позволяет осуществить стабилизацию нижнепоясничных сегментов через крестец [8]. Учитывая невозможность самостоятельной достаточной фиксации кейджей в межтеловом промежутке, а также для лучшего формирования костного блока в настоящее время принято объединять методики спондилодеза и дорзальную фиксацию.

Наиболее распространенные способы задней стабилизации —

чрескожная установка транспедикулярных винтов (рис. 3А) и фасеточная фиксация (рис. 3В). Обе методики при использовании тубулярных ретракторов и навигационных систем обеспечивают меньшее повреждение паравертебральной мускулатуры. При этом даже перкутанное проведение винта через ножку позвонка сопряжено с высоким риском интраканальных повреждений при его мальпозиции, а длительное сдавление окружающих мягких тканей тубулярным ретрактором способствует их ишемическим изменениям и увеличивает риск развития раневой инфекции. Используемые для снижения риска таких осложнений интраоперационные навигационные системы, робототехника и нейрофизиологический мониторинг оказались достаточно эффективными. Но даже применение вышеперечисленных способов не всегда позволяет избежать травмирования содержимого позвоночного канала за счет значительной длины винта, конструктивно необходимой для его расположения в передних отделах тела позвонка [16]. Альтернативной

стабилизацией является фиксация исключительно ДС без необходимости внедрения имплантата в переднюю опорную колонну, что снижает возможные риски интраканальных повреждений невралгических структур при установке других погружных систем, в том числе транспедикулярных винтов [7].

Ригидная стабилизация и межтеловой спондилодез — самый распространенный вид оперативного вмешательства в спинальной хирургии в последние три десятилетия. Накопленный опыт декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств показал высокую частоту формирования костного блока (до 100%), но при этом успешные клинические исходы были несопоставимы с рентгенологическими результатами. Ригидная стабилизация способствует биомеханической перегрузке смежных сегментов с ускоренной их дегенерацией. Установлено, что частота развития дегенеративных заболеваний в смежных со спондилодезированными сегментами составляет от 5,2 до 100% [5, 12].

**Вмешательства, сохраняющие естественную биомеханику оперированных сегментов**

Многочисленные исследования результатов декомпрессивных и стабилизирующих оперативных вмешательств свидетельствуют об отсутствии физиологического распределения биомеханической нагрузки на смежные ПДС. Показано, что 20% пациентов, которым выполнялась операция спондилодеза по поводу дегенеративных заболеваний МПД, в последующем потребовались повторные операции на смежных уровнях. Данные обстоятельства способствовали развитию новых технологических решений в спинальной нейрохирургии, которые позволили бы сохранять движение в пораженном сегменте, снижать нагрузку на смежные уровни и предотвращать

## У методик MISS яркие технические отличительные особенности, показания и противопоказания, противоречивые клинические исходы и инструментальные результаты. В связи с чем продолжают исследования по сравнению открытых и минимально инвазивных вмешательств, динамических и ригидных хирургических методик

прогрессирование дегенеративного процесса [19].

Поиск альтернативных решений для снижения неудовлетворительных результатов ригидной стабилизации направлен на защиту смежных сегментов от биомеханического стресса, снижение рисков поломки фиксирующей конструкции, устранение патологической подвижности с сохранением физиологического объема движений в оперированном сегменте. Общеизвестно, что в физиологических условиях МПД имеет изотропную структуру с упругими физическими свойствами и выполняет амортизирующую функцию, но при его дегенерации развивается изменение передачи осевой нагрузки, нарушение сегментарной биомеханики и болевой синдром, обусловленный

динамическими нагрузками. Для достижения поставленных целей разработаны системы динамической и полуригидной стабилизации, которые разделяют на передние и задние вмешательства, имеющие различные по структурно-функциональным характеристикам устройства [28].

К передним относят тотальную артропластику МПД и замену пульпозного ядра, к задним — динамические стержни, динамические транспедикулярные винты и их сочетание, системы, выполняющие функцию ДС, тотальное замещение ДС, задние межостистые стабилизаторы [8, 17].

В современной литературе имеются сведения о клинических и биомеханических результатах, свидетельствующих о преимуществах динамической фиксации перед ри-

гидной стабилизацией. Это указывает на функциональную приоритетность сохранения естественной биомеханики оперированного отдела позвоночника.

Разработаны различные системы и конструкции для передней и задней динамической фиксации поясничного отдела позвоночника, но показания к их установке являются неопределенными [16].

Гетерогенность динамических устройств обуславливает значимые различия в биомеханических эффектах их использования. Наиболее перспективно с позиций полноценного сохранения физиологического объема движений применение искусственных протезов МПД. Это связано с возможностью тотального удаления патоморфологического субстрата и с конструктивными особенностями имплантата, имитирующего структуру и функцию нормального ПДС.

Проведенные исследования по применению искусственных МПД наглядно продемонстрировали их высокую эффективность в отношении клинических и инструментальных исходов у пациентов с дегенерацией МПД по сравнению с операцией спондилодеза. Появление разнообразных конструкций функциональных протезов МПД направлено на оптимизацию послеоперационных результатов, при этом до сих пор отсутствуют единые показания к применению тотальной артропластики у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных МПД [17].

По данным специализированной литературы, каждая из вышеописанных методик MISS имеет яркие технические отличительные особенности, показания и противопоказания, а также зачастую противоречивые клинические исходы и инструментальные результаты. В связи с чем в настоящее время продолжают исследования, направленные на сравнение открытых и

минимально инвазивных вмешательств, динамических и ригидных хирургических методик.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Минимально инвазивная хирургия дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника — отдельное направление современной вертебрыологии, направленное на снижение ятрогенной хирургической агрессии и повышение качества жизни пациентов в раннем и отдаленном послеоперационном периоде, индивидуализацию хирургической тактики в зависимости от степени дегенеративных изменений в опорных элементах позвоночника, сокращение экономических затрат на лечение и реабилитацию пациентов.

**Литература**

1. Бывальцев В.А. Анализ клинической эффективности применения метода фасетопластики при лечении фасет-синдрома в поясничном отделе позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова // Успехи геронтологии. 2017. Т. 30. № 1. С. 84-91.
2. Бывальцев В.А. Анализ результатов применения тотальной артропластики межпозвонокового диска пояснично-крестцового отдела позвоночника протезом М6-Л: мультицентровое исследование / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Ю.Я. Пестряков, В.В. Шепелев, И.А. Степанов // Вестник РАМН. 2017. Т. 72. № 5. С. 393-402.
3. Бывальцев В.А. Анализ результатов эффективности дексмететомидина при лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника минимально инвазивными пункционными методиками у пациентов пожилого возраста / В.А. Бывальцев, В.Ю. Голобородько, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова, М.В. Стрелков // Успехи геронтологии. 2018. Т. 31. № 3. С. 408-415.
4. Бывальцев В.А. Анатомо-физиологические особенности фасеточных суставов. Эволюция фасеточной фиксации при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова, Ю.Я. Пестряков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017. № 3. С. 56-62.

5. Бывальцев В.А. Возможности и преимущества минимально инвазивных дорзальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств при лечении дегенеративного спондилолистеза у пациентов старшей возрастной группы / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, В.Ю. Голобородько, В.В. Шепелев, Ю.Я. Пестряков // Успехи геронтологии. 2019. Т. 32. № 1, 2. С. 189-197.
6. Бывальцев В.А. Возможности применения минимально инвазивных дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств у пациентов с избыточной массой тела и ожирением / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2018. № 5. С. 69-80.
7. Бывальцев В.А. Возможности применения новой минимально инвазивной методики фасеточной фиксации системой «Facet Wedge» при лечении дегенеративных заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника у пациентов пожилого возраста / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова // Успехи геронтологии. 2017. Т. 30. № 5. С. 776-783.
8. Бывальцев В.А. Дегенеративные заболевания дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника: диагностика и хирургическое лечение / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, И.А. Степанов, А.К. Оконешикова // Новосибирск: Наука, 2018. 232 с.
9. Бывальцев В.А. Дифференцированная хирургическая тактика при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника с использованием пункционных методик / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова, А.А. Иринец // Сибирское медицинское обозрение. 2018. № 5. С. 54-65.
10. Бывальцев В.А. Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография в диагностике дегенерации межпозвоноковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, И.А. Степанов, А.А. Калинин, Е.Г. Белых // Вестник рентгенологии и радиологии. 2016. Т. 97. № 6. С. 357-364.
11. Бывальцев В.А. Инфекции в области хирургического вмешательства в спинальной нейрохирургии / В.А. Бывальцев, И.А. Степанов, В.Э. Борисов, А.А. Калинин, И.В. Плешко, Е.Г. Белых, М.А. Алиев // Казанский медицинский журнал. 2017. Т. 98. № 5. С. 796-803.
12. Бывальцев В.А. Использование минимально инвазивных методик ригидной стабилизации поясничного отдела позвоночника у работников ОАО «РЖД» / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин // Медицина труда и

промышленная экология. 2018. № 1. С. 39-43.

13. Бывальцев В.А. Клиника, диагностика и хирургическое лечение грыж межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, Е.Г. Белых, А.А. Калинин, В.А. Сорокоиков. Иркутск: Изд-во ИИЦХТ, 2016. 275 с.

14. Бывальцев В.А. Комплексный анализ диффузионного транспорта и микроструктуры межпозвонкового диска / В.А. Бывальцев, С.И. Колесников, Е.Г. Белых, И.А. Степанов, А.А. Калинин, Л.А. Бардонова, Н.П. Судаков, И.В. Клименков, С.Б. Никифоров, А.В. Семенов, Д.В. Перфильев, И.В. Беспятых, С.Л. Антипина, М. Герс, М. Прул // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 164. № 8. С. 255-260.

15. Бывальцев В.А. Метаанализ проспективных когортных исследований, сравнивающих результаты использования минимально инвазивного и открытого трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза в хирургическом лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, И.А. Степанов, М.А. Алиев, В.В. Шепелев, Ю.Я. Пестряков // Гений ортопедии. 2019. Т. 25. № 1. С. 111-119.

16. Бывальцев В.А. Мультицентровой анализ результатов применения прямого бокового межтелового спондилодеза (DLIF) и транскутанной транспедикулярной фиксации у пациентов с дегенеративными заболеваниями межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, С.К. Акшулаков, А.Е. Кривошеин, Т.Т. Керимбаев, И.А. Степанов // Вестник РАМН. 2017. Т. 72. № 2. С. 152-161.

17. Бывальцев В.А. Нестабильные формы дегенеративных заболеваний позвоночно-двигательных сегментов пояснично-крестцового отдела позвоночника: диагностика и хирургическое лечение / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, В.В. Шепелев. Новосибирск, Наука. 2017. 229 с.

18. Бывальцев В.А. Операционный микроскоп при вертебрологических и краниальных операциях: от монокуляра до 3D-визуализации / В.А. Бывальцев, Г.С. Жданович, Е.Г. Белых // Сиб. мед. журн. (Иркутск). 2015. № 8. С. 5-9.

19. Бывальцев В.А. Оптимизация результатов лечения пациентов с сегментарной нестабильностью поясничного отдела позвоночника при использовании малоинвазивной методики спондилодеза / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Е.Г. Белых,

В.А. Сорокоиков, В.В. Шепелев // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2015. № 3. С. 45-54.

20. Бывальцев В.А. Оптимизация хирургической помощи и анестезиологического пособия при лечении многоуровневых дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника у пациентов с избыточной массой тела и ожирением / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, В.Ю. Голобородько // Вестник РАМН. 2018. Т. 73. № 6. С. 401-410.

21. Бывальцев В.А. Симуляционные технологии в спинальной хирургии / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Е.Г. Белых, И.А. Степанов // Вестник РАМН. 2016. Т. 71. № 4. С. 297-303.

22. Бывальцев В.А. Сравнение результатов и экономической эффективности минимально инвазивного и открытого трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза: метаанализ проспективных когортных исследований / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, В.В. Шепелев // Вестник РАМН. 2019. Т. 74. № 2. С. 125-135.

23. Бывальцев В.А. Сравнительный анализ клинической эффективности минимально инвазивных хирургических методик при лечении пациентов с диско-радикулярным конфликтом поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.В. Егоров, А.К. Окочешникова // Эндоскопическая хирургия. 2019. Т. 25. № 1. С. 35-42.

24. Бывальцев В.А. Фасеточная фиксация в комбинации с межтеловым спондилодезом: сравнительный анализ и клинический опыт нового способа хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Окочешникова, Т.Т. Керимбаев, Е.Г. Белых // Вестник РАМН. 2016. Т. 71. № 5. С. 375-383.

25. Belykh E. Facet Joint Fixation and Anterior, Direct Lateral, and Transforaminal Lumbar Interbody Fusions for Treatment of Degenerative Lumbar Disc Diseases: Retrospective Cohort Study of a New Minimally Invasive Technique / E. Belykh, A.A. Kalinin, N.L. Martirosyan, T. Kerimbayev, N. Theodore, M.C. Preul, V.A. Byvaltsev // World Neurosurg. 2018. Vol. 114. P. 959-968.

26. Belykh E.G. Apparent diffusion coefficient maps in the assessment of surgical patients with lumbar spine degeneration / E.G. Belykh, V.A. Byvaltsev, A.A. Kalinin, A.A. Patel, E.J. Miller, M.A. Bohl, I.A. Stepanov, L.A. Bardonova, T.T. Kerimbayev, A.O. Asancev, M.B. Giers, M.C. Preul // PLoS ONE. 2017. Vol. 12. № 8. P. e0183697.

27. Belykh E.G. Laser application in neurosurgery / E.G. Belykh, K. Yagmurlu, N.L. Martirosyan, T. Lei,

M. Izadyyazdanabadi, K.M. Malik, V.A. Byvaltsev, P. Nakaji, M.C. Preul // Surgical Neurology International. 2017. Vol. 8. P. 274.

28. Byvaltsev V.A. Results of total lumbar intervertebral disc replacement with M6-L: a multicenter study / V.A. Byvaltsev, A.A. Kalinin, I.A. Stepanov, Yu.Ya. Pestryakov, V.V. Shepelev // Coluna/Columna. 2017. Vol. 16. № 4. P. 288-291.

29. Byvaltsev V.A. Clinical efficacy of facet fixation in combination with lateral interbody fusion in the treatment of patients with degenerative segmental instability of the lumbar spine / V.A. Byvaltsev, A.A. Kalinin, E.G. Belykh, A.K. Okoneshnikova, A.F. Khachikyan, T.T. Kerimbayev, I.S. Minasyan // The new Armenian medical journal. 2017. Vol. 11. № 1. P. 27-32.

30. Byvaltsev V.A. Outcome analysis of Direct Lateral Interbody Fusion in the treatment of patients with degenerative disc diseases of lumbar spine / V.A. Byvaltsev, A.A. Kalinin, E.G. Belykh, I.A. Stepanov, M.V. Lazukov, A.F. Khachikyan, N.G. Matinyan // The new Armenian medical journal. 2017. Vol. 11. № 1. P. 33-39.



## С таким цементом уверенность не заставит себя долго ждать



Высокая вязкость цемента предотвращает его утечку



Гидравлическая помпа позволяет останавливать движение цемента



Иглы с боковым отверстием позволяют направлять поток цемента



«Удаленная» система доставки предотвращает облучение рук хирурга