



ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

© Коллектив авторов. 2017

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. Оконешникова, Ю.Я. Пестряков

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, ЦУЗ - Дорожная клиническая больница на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, Российская Федерация; ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России, Иркутск, РФ

В обзоре представлены основные анатомические особенности строения фасеточных суставов и их патологические изменения при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника, этапы развития и современное представление о способах фасеточной фиксации, технических особенностях и результатах их применения.

Ключевые слова: поясничный отдел позвоночника, фасеточные суставы, дегенеративные заболевания, транспедикулярная стабилизация, фасеточная фиксация.

Anatomic and Physiological Features of Facet Joints. Evolution of Facet Fixation for the Treatment of Patients with Lumbar Spine Degenerative Diseases

V.A. Byval'tsev, A.A. Kalinin, A.K. Okoneshnikova, Yu.Ya. Pestryakov

Irkutsk State Medical University; Road Clinical Hospital at Irkutsk Passenger railway station; Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology; Irkutsk State Medical Academy for Postgraduate Education, Irkutsk, Russia

The literature review presents the anatomical features of facet joint structure and their pathologic changes in lumbar spine degenerative diseases as well as the steps of development and modern methods of facet fixation, their technical peculiarities and results of application.

Key words: lumbar spine, facet joints, degenerative diseases, transpedicular stabilization, facet fixation.

На сегодняшний день хирургическое лечение дегенеративных заболеваний позвоночника является динамично развивающимся направлением спинальной нейрохирургии [1–3]. Одним из основных клинических симптомов дегенеративного поражения позвоночника является боль, а рецидивирующий болевой синдром — доминирующая причина временной утраты трудоспособности со значительными экономическими потерями [4, 5]. Эти патологические состояния затрагивают все возрастные и социальные слои общества, что особенно актуально в связи с повышением средней продолжительности жизни населения в развитых странах. Увеличение количества пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника способствует интенсивному внедрению современных высокотехнологичных хирургических методов лечения [6–8].

Полная физическая и социальная реабилитация пациентов после операций на позвоночном столбе

и структурах позвоночного канала вошла в мировые спинальные центры как обязательный тренд. Поражают постоянный прогрессивный рост числа и многообразие хирургических способов коррекции, используемых при дегенеративных заболеваниях позвоночника, делающих эту область, пожалуй, самой новаторской в медицине [2, 5, 6]. Не может не впечатлять ежегодный объем технических решений для достижения одной единственной цели — остановить дегенеративный каскад и патофизиологические изменения в позвоночно-двигательном сегменте. 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 на-

Для цитирования: Бывальцев В.А., Калинин А.А., Оконешникова А.К., Пестряков Ю.Я. Анатомо-физиологические особенности фасеточных суставов. Эволюция фасеточной фиксации при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017; 3: 56–62.
Cite as: Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Okoneshnikova A.K., Pestryakov Yu.Ya. Anatomic and physiological features of facet joints. Evolution of facet fixation for the treatment of patients with lumbar spine degenerative diseases. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova. 2017; 3: 56–62.

правлены на создание стандартов лечения пациентов с проблемами позвоночника. Тем не менее оптимальные решения в спинальной хирургии все еще не найдены по причине «расширения физиологической дозволенности» и продолжающейся оптимизации технических решений.

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 список технических решений, позволивших снизить степень хирургической агрессии и повысить безопасность оперативных вмешательств на позвоночнике.

При наличии пояснично-крестцовых болей частота поражения межпозвонковых дисков варьируется от 80 до 85% [9, 10], при этом до 50% случаев вертеброгенного болевого синдрома связано с патологическим смещением позвонков [4, 11, 12]. Основная роль в патогенезе дегенеративного поражения пояснично-крестцового отдела позвоночного столба принадлежит межпозвонковым дискам (передняя опорная колонна) и фасеточным суставам (задняя опорная колонна). Ведущими причинами развития компрессии содержимого позвоночного канала являются его стеноз и патологическая сегментарная подвижность [6, 13, 14].

В настоящей работе будут освещены анатомо-физиологические особенности и патологические изменения фасеточных суставов как основной составляющей заднего опорного комплекса, обеспечивающей стабильность позвоночно-двигательного сегмента.

Фасеточные (межпозвонковые, дугоотростчатые) суставы — комбинированные малоподвижные сочленения. Наружная суставная капсула является продолжением надкостницы смежных эпифизов или метафизов. Наружный слой представлен разнонаправленными плотными связками, внутренний слой — синовиальной оболочкой, которая образует вдавление — менискоид, содержащий в своем составе хрящевые и эластичные клетки и выполняющий амортизационную функцию. Основная роль фасеточных суставов состоит в направлении движений, а также в ограничении объема движения [15]. Установлено, что формирующаяся патология дугоотростчатых суставов за счет деструкции или гипертрофии фасеточных поверхностей приводит к переднему смещению позвонка (антеспондилолистезу), деформации и стенозированию позвоночного канала [16]. Патологические изменения заднего опорного комплекса позвоночно-двигательного сегмента представлены поражением суставных хрящей межпозвонковых суставов, которые обусловлены врожденными или приобретен-

ными деформациями позвоночного столба, аномалиями и дисплазией позвоночника, микротравмами [17]. Под влиянием статико-динамических нагрузок в дегенеративно и дистрофически измененном позвоночно-двигательном сегменте возникают реактивные изменения в смежных телах позвонков и фасеточных суставах с развитием спондилоартроза [18].

Длительные перегрузки суставного хряща способствуют его истончению, «разрыхлению», микротравматизации и формированию внутрисуставных свободных фрагментов, при этом возможен «блок» сустава [17, 19]. Замыкательные кортикальные пластинки дугоотростчатых суставов, контактирующие с неполноценным хрящом, компенсаторно уплотняются с формированием субхондрального склероза и способствуют образованию краевых костных разрастаний, увеличивающих площадь опоры суставных отростков со стенозированием позвоночного канала [18].

Рядом исследований установлено, что тотальное удаление межпозвонкового сустава с одной стороны приводит к грубой дестабилизации позвоночно-двигательного сегмента, при этом осуществление односторонней или двусторонней медиальной резекции фасеточного сустава на стабильности позвонков не отражается. Показано, что удаление более чем 50% каждого межпозвонкового сустава на одном уровне приводит к значительной сегментарной нестабильности, при этом в случае дополнительного проведения дискэктомии наблюдается грубая дестабилизация позвоночно-двигательного сегмента [5, 20].

Таким образом, большинство дегенеративных заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника, манифестирующих симптоматическими стенозами позвоночного канала и патологическим смещением позвонков, а также необходимость в значимой реконструкции позвоночного канала являются показанием к осуществлению межтелового спондилодеза [6, 21, 22].

В настоящее время накоплен значительный опыт использования кейджей, устанавливаемых из переднего, бокового и заднего доступов, но выбор методики до сих пор не является унифицированным [23]. Мы не ставили целью детально представить сведения о различных способах межтеловой фиксации и эволюции задней стабилизации, которые хорошо освещены в специализированной литературе. В статье отражены данные, характеризующие этапы развития фасеточной фиксации и возможности минимально-инвазивной и безопасной стабилизации заднего опорного комплекса в настоящее время.

Для лучшего формирования костного блока и эффективной стабилизации позвоночно-двигательных сегментов при наличии рентгенологических признаков дооперационной патологической подвижности, а также для снижения рисков ятрогенной сегментарной нестабильности после реконструкции позвоночного канала при его стенозиру-

ющих процессах принято объединять методики спондилодеза и транспедикулярную фиксацию [22, 24–26].

Значительная интраоперационная травма, а также относительно высокий риск развития ранних и отдаленных нежелательных последствий в виде грубых интраканальных рубцовых изменений с рестенозом позвоночного канала, недостаточности формирования костного блока являются частыми осложнениями открытой транспедикулярной стабилизации [5, 6, 27, 28].

Исследования, направленные на уменьшение объема манипуляций в операционной ране, стали толчком к изучению биомеханической эффективности односторонней установки транспедикулярных винтов как менее травматичной по сравнению с двусторонней фиксацией [22, 29, 30]. Тем не менее данные некоторых авторов свидетельствуют о меньшей флексионно-экстензионной и ротационной стабильности односторонней транспедикулярной стабилизации [31, 32].

Многими исследователями подтверждена меньшая травматичность чрескожной транспедикулярной стабилизации по сравнению с открытой методикой, при этом сведения о биомеханическом восстановлении оперированного отдела позвоночника и сроках формирования полноценного костного блока являются противоречивыми [32–34].

Изучение вышеупомянутой методики способствовало улучшению результатов оперативных вмешательств за счет меньшего повреждения паравертебральной мускулатуры [35]. Однако 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 [36]. Кроме того, закрытое проведение транспедикулярных винтов требует от спинальных хирургов знаний рентгенанатомии для корректной установки погружных систем и исключения интраканальных повреждений [37]. Используемые для снижения риска таких осложнений интраоперационные навигационные системы, робототехника и нейрофизиологический мониторинг оказались достаточно эффективными [38–40]. Однако 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 [41]. Немаловажным является и то, что наличие в арсенале высокотехнологического оборудования требует значительных экономических затрат на приобретение, содержание последних и обучение медицинского персонала [42].

Считается, что традиционная ригидная фиксация позвоночно-двигательного сегмента на 360° сопровождается значимой биомеханической пере-

стройкой и распределением осевой нагрузки на смежные сегменты с ускоренной их дегенерацией [5, 6, 27]. Выяснено, что применяемые динамические стержни и полуригидные балки для снижения межсегментарного биомеханического «стресса» не в полной мере исключают риски повторных оперативных вмешательств в смежных со спондилодезированным уровнях [43–45]. В связи с этим в настоящее время актуальным является исследование возможности менее травматичной, но эффективной ригидной стабилизации оперированных позвоночно-двигательных сегментов без учета конструктивных особенностей имплантатов.

Поиск технологических решений, сочетающих малоинвазивность инструментальной фиксации и безопасность установки стабилизирующей конструкции, стимулирует спинальных хирургов к разработке альтернативных способов укрепления заднего опорного комплекса, которые позволят обеспечить эффективную стабилизацию оперированного сегмента и оптимальные сроки формирования межтелового костного блока спондилодеза. Одним из таких способов является фасеточная фиксация, предложенная D. King в 1948 г. [46], которая заключалась во введении коротких винтов через нижний суставной отросток вышележащего позвонка и верхний суставной отросток нижележащего позвонка. В 1958 г. H. Boucher [47] модифицировал фиксацию, изменив на более вертикальное направление винта через ножку нижележащего позвонка. В 1984 г. F. Magerl [35] осуществил трансламинарную фасеточную фиксацию двумя винтами, проходящими в дужку позвонка через основание остистого отростка.

Последний способ считался оптимальным и в последнее десятилетие получил широкое распространение [36]. Биомеханические и клинические исследования подтвердили низкую травматичность, относительную простоту методики и значительно меньшие риски повреждений сосудисто-нервных образований позвоночного канала в сравнении с двухсторонней транспедикулярной стабилизацией при сопоставимой стабильности фиксации [25, 33].

В специализированной литературе представлено недостаточное количество информации об одновременном выполнении переднего [24, 32, 34], бокового [48, 49] и трансфораминального [50–52] межтелового спондилодеза и фасеточной фиксации по Magerl для лечения пациентов с дегенеративными поражениями пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Анализ результатов использования комбинации фасеточной фиксации по Magerl с различными видами спондилодеза (ALIF, DLF и TLIF) при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника позволяет сделать заключение о довольно высокой ее клинической эффективности — в большинстве случаев зарегистрированы хорошие послеоперационные исходы и низкий процент развития осложнений (см. таблицу).

Сравнение результатов фасеточной фиксации по Magerl (M) и имплантатом FACET WEDGE (FW) в комбинации с межтеловым спондилодезом из различных доступов при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника

Автор, год	Вид спондилодеза	Количество пациентов	Срок наблюдения, мес	Клинический исход	Нежелательные последствия
R. Jacobs и соавт., 1989 [53]	ALIF (M)	n=43	16	93% — улучшение 7% — без изменений	Нет
S. Reich и соавт., 1993 [33]	ALIF (M)	n=61	24	93,4% — хорошо и отлично 6,6% — неудовлетворительно	Нет
J. Thalgott и соавт., 2000 [54]	ALIF (M)	n=46	24	75,5% — хорошо и отлично 24,5% — удовлетворительно и неудовлетворительно	Нет
J. Jang и соавт., 2003 [32]	ALIF (M)	n=18	6 (1–13)	100% — хорошо и отлично	Нет
C. Shim и соавт., 2005 [34]	ALIF (M)	n=20	19,5	80% — хорошо и отлично 20% — удовлетворительно и неудовлетворительно	Перелом верхнего суставного отростка
J. Rhce и соавт., 2015 [48]	DLIF (M)	n=38	12	72% — хорошо и отлично 17% — удовлетворительно 11% — без существенной динамики	ТЭЛА
J. Voyadzis и соавт., 2013 [49]	DLIF (M)	n=10	12	90% — хорошо и отлично 10% — удовлетворительно	Дизестезия в ноге
X. Jiang и соавт., 2014 [51]	TLIF (M)	n=50	17 (6–30)	100% — хорошо	Повреждение корешка винтом (1), перелом винта (1)
J. Xu и соавт., 2013 [50]	TLIF (M)	n=19	17,1 (12–24)	100% — хорошо	Повреждение ТМО (1)
K. Mao и соавт., 2013 [52]	TLIF (M)	n=16	16,5 (12–24)	—	Нет
R. Shao и соавт., 2015 [55]	TLIF (M)	n=22	18 (12–32)	—	Повреждение ТМО (1)
В.А. Бывальцев и соавт., 2016 [28]	ALIF (FW)	n=28	18	54% — отлично 42% — хорошо 4% — удовлетворительно	Повреждение магистральных сосудов (1); формирование межмышечной гематомы (1); прогрессирование дегенерации смежного с операцией уровня (2)
	DLIF (FW)	n=31	18	61% — отлично 31% — хорошо 8% — удовлетворительно	Формирование послеоперационной гематомы (2, из них 1 инфицированная), прогрессирование дегенерации смежного с операцией уровня (1); поломка/несостоятельность конструкции (1)
	TLIF (FW)	n=41	18	56% — отлично 37% — хорошо 7% — удовлетворительно	Травма ТМО (1), формирование послеоперационной гематомы (2, из них 1 инфицированная); ухудшение неврологической симптоматики за счет формирования рубцово-спаечного эпидурального фиброза (2)

Примечание. ТМО — твердая мозговая оболочка.

В настоящее время в спинальной хирургии активно внедряются новые фиксирующие конструкции. Так, для дорсальной стабилизации в виде двухсторонней фасеточной фиксации в комбинации с передним и боковым межтеловым спондилодезом, а также трансфораминальным межтеловым спондилодезом с унилатеральной транспедикулярной стабилизацией и односторонней фасеточной фиксацией с контралатеральной стороны разработан титановый кейдж FACET WEDGE («Synthesys», Швейцария) с фиксирующими винтами (см. рисунок) как возможная универсальная система стабилизации после прямой и непрямой декомпрессии различными хирургическими доступами.



Интраоперационный вид установленной системы FACET WEDGE.

Технической особенностью данной конструкции является возможность выполнять фиксацию исключительно фасеточных суставов без необходимости внедрения имплантата в переднюю опорную колонну, что снижает возможные риски интраканальных повреждений невралных структур при установке других погружных систем, в том числе транспедикулярных винтов.

Результаты изучения биомеханической эффективности вышеупомянутого имплантата на кадаверах свидетельствуют о сопоставимости стабильности сегментов по сравнению с транспедикулярной стабилизацией и биомеханических преимуществах перед трансламинарной фасеточной фиксацией [57]. Однако, учитывая единичный характер исследования и возможную заинтересованность авторов работы в ее результатах, требуется дальнейшая работа с целью оценки изменений в оперированных сегментах после выполнения фасеточной фиксации с использованием современных методов инструментальной диагностики.

В базе данных Pubmed и русскоязычной литературе нами обнаружено единственное исследование, посвященное оценке клинических результатов применения фасеточной фиксации FACET WEDGE [28]. После комбинированной фиксации с ALIF ($n=28$), DLIF ($n=31$) и TLIF ($n=41$) отмечены преимущественно отличные и хорошие отдаленные послеоперационные исходы (более 90% в каждой из групп), при этом осложнений, непосредственно связанных с установкой титанового кейджа FACET WEDGE, не выявлено. Кроме того, показано, что проведение фасеточной фиксации с использованием данного имплантата позволяет достичь лучших клинических исходов, снизить число послеоперационных осложнений в раннем и отдаленном периодах наблюдения (18 мес) в сравнении с традиционной методикой транспедикулярной стабилизации (см. таблицу).

Заключение. В последнее время ведется активная разработка способов, направленных на снижение ятрогенной инвазивности оперативных вмешательств при стабилизации оперированных позвоночно-двигательных сегментов у пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника. Технология фасеточной фиксации является менее травматичной по сравнению с традиционной методикой установки транспедикулярных винтовых систем при сопоставимой эффективности стабилизации.

Новая методика, заключающаяся в имплантации титанового кейджа FACET WEDGE в полость фасеточного сустава, достаточно проста и является универсальной для стабилизации заднего опорного комплекса после межтелового спондилодеза из переднего, бокового и заднего доступов, а также не требует интраоперационного применения дорогостоящего высокотехнологичного оборудования.

Таким образом, основной задачей, стоящей перед спинальными хирургами в настоящее время, является малотравматичное восстановление био-

механической стабильности позвоночного столба с полноценной функциональной реабилитацией в кратчайшие сроки.

ЛИТЕРАТУРА | REFERENCES |

1. *Eliyas J.K., Karahalios D.* Surgery for degenerative lumbar spine disease. *Dis. Mon.* 2011; 57 (10): 592-606. doi: 10.1016/j.disamonth.2011.09.001.
2. *José-António S.S., Baabor-Aqueveque M., Silva-Morales F.* Philosophy and concepts of modern spine surgery. *Acta Neurochir.* 2011; 108: 23-31. doi: 10.1007/978-3-211-99370-5_5.
3. *Tjardes T., Shafizadeh S., Rixen D. et al.* Image-guided spine surgery: state of the art and future directions. *Eur. Spine J.* 2010; 19 (1): 25-45. doi: 10.1007/s00586-009-1091-9.
4. *Коновалов Н.А., Шевелев И.Н., Корниенко В.Н., Назаренко А.Г.* Клинико-диагностическая оценка выраженности дегенеративного поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2009; 1: 16-21 [Konovalev N.A., Shevelev I.N., Kornienko V.N., Nazarenko A.G. Clinical and diagnostic evaluation of lumbar spine degenerative lesion severity. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii.* 2009; 1: 16-21 (in Russian)].
5. *Крутько А.В.* Сравнительный анализ результатов заднего межтелового спондилодеза (PLIF) и трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF) в сочетании с транспедикулярной фиксацией. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2012; 1: 12-21 [Krut'ko A.V. Comparative analysis of posterior interbody fusion and transforaminal interbody fusion in combination with transpedicular fixation. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2012; 1: 12-21 (in Russian)].
6. *Бывальцев В.А., Калинин А.А., Бельых Е.Г. и др.* Оптимизация результатов лечения пациентов с сегментарной нестабильностью поясничного отдела позвоночника при использовании малоинвазивной методики спондилодеза. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 2015; 3: 45-54 [Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Belykh E.G., et al. Optimization of segmental lumbar spine instability treatment using minimally invasive spinal fusion technique. *Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko.* 2015; 3: 45-45 (in Russian)].
7. *Quintero S., Manusov E.G.* The disability evaluation and low back pain. *Prim. Care.* 2012; 39 (3): 553-9. doi: 10.1016/j.pop.2012.06.011.
8. *Zagra A., Minoia L., Archetti M. et al.* Prospective study of a new dynamic stabilisation system in the treatment of degenerative discopathy and instability of the lumbar spine. *Eur. Spine J.* 2012; 21 Suppl 1: S83-9. doi: 10.1007/s00586-012-2223-1.
9. *Бывальцев В.А., Бельых Е.Г., Калинин А.А., Сорокозиков В.А.* Клиника, диагностика и хирургическое лечение грыж межпозвоночных дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. Иркутск: ИИЦХТ; 2016 [Byval'tsev V.A., Belykh E.G., Kalinin A.A., Sorokozikov V.A. Clinical picture, diagnosis and surgical treatment lumbosacral spine intervertebral disc herniation. *Irkutsk: INTsKhT;* 2016 (in Russian)].
10. *Wilmsink J.T.* Imaging techniques for the lumbar spine: conventional radiology, computed tomography; magnetic resonance imaging. In: *Wilmsink J.T., ed. Lumbar spinal imaging in radicular pain and related conditions.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2010: 9-30. doi: 10.1007/978-3-540-93830-9_2.
11. *Ibarz E., Mäs Y., Mateo J. et al.* Instability of the lumbar spine due to disc degeneration. A finite element simulation. *Advances in Bioscience and Biotechnology.* 2013; 4 (4): 548-56. doi: 10.4236/abb.2013.44072.

12. *Lattig F., Fekete T.F., Grob D. et al.* Lumbar facet joint effusion in MRI: a sign of instability in degenerative spondylolisthesis? *Eur. Spine J.* 2012; 21 (2): 276-81. doi: 10.1007/s00586-011-1993-1.
13. *Бывальцев В.А., Сороковиков В.А., Калинин А.А. и др.* Хирургическое лечение дегенеративного стеноза на двух уровнях в грудном отделе позвоночника. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2015; 7: 93-6 [*Byval'tsev V.A., Sorokovikov V.A., Kalinin A.A., et al.* Surgical treatment of degenerative two-level stenosis in thoracic spine. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* 2015; 7: 93-6 (in Russian)]. doi: 10.17116/hirurgia2015793-96.
14. *Boos N., Aebi M.* *Spinal Disorders fundamentals of diagnosis and treatment.* Springer Verlag; 2008.
15. *Caterini R., Mancini F., Bisicchia S. et al.* The correlation between exaggerated fluid in lumbar facet joints and degenerative spondylolisthesis: prospective study of 52 patients. *J. Orthop. Traumatol.* 2011; 12 (2): 87-91. doi: 10.1007/s10195-011-0141-3.
16. *Möller H., Sundin A., Hedlund R.* Symptoms, signs and functional disability in adult spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000; 25 (6): 683-9.
17. *Луцик А.А., Шмидт И.Р., Колотов Е.Б.* Спондилоартроз. Новосибирск: Издатель; 2003 [*Lutsik A.A., Shmidt I.R., Kototov E.B.* Spondyloarthritis. Novosibirsk: Izdatel'; 2003 (in Russian)].
18. *Продан А.И., Грунтовский Г.Х., Радченко В.А.* Клинико-рентгенологические особенности и диагностика артроза дугоотростчатых суставов при поясничном остеохондрозе. *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1991; 2: 10-4 [*Prodan A.I., Gruntovskiy G.Kh., Radchenko V.A.* Clinical and roentgenologic peculiarities and diagnosis of zygapophyseal articulation arthritis in lumbar osteochondrosis. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie.* 1991; 2: 10-4 (in Russian)].
19. *Pathria M., Sartoris D.J., Resnick D.* Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. *Radiology.* 1987; 164: 227-30.
20. *Marchi L., Abdala N., Oliveira L. et al.* Stand-alone lateral interbody fusion for the treatment of low-grade degenerative spondylolisthesis. *Scientific World Journal.* 2012; 2012: 456346. doi: 10.1100/2012/456346.
21. *Masferrer R., Gomez C.H., Karahalios D.G., Sonntag V.K.* Efficacy of pedicle screw fixation in the treatment of spinal instability and failed back surgery: a 5-year review. *J. Neurosurg.* 1998; 89 (3): 371-7. doi: 10.3171/jns.1998.89.3.0371.
22. *Park Y., Ha J.W.* Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007; 32 (5): 537-43. doi:10.1097/01.brs.0000256473.49791.f4
23. *Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Khachikyan A.F., Minasyan I.S.* Surgical interventions in unstable forms of degenerative lumbosacral spine. *The new Armenian medical journal.* 2016; 10 (4): 34-48.
24. *Moore K.R., Pinto M.R., Butler L.M.* Degenerative disc disease treated with combined anterior and posterior arthrodesis and posterior instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002; 27 (15): 1680-6.
25. *Tuli S.K., Fichler M.E., Woodard E.J.* Comparison of perioperative morbidity in translaminar facet versus pedicle screw fixation. *Orthopedics.* 2005; 28 (8): 773-8.
26. *Abumi K., Panjabi M.M., Kramer K.M. et al.* Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990; 15 (11): 1142-7.
27. *Калинин А.А., Бывальцев В.А.* Взаимосвязь спондилометрических параметров с клиническим исходом хирургического лечения дегенеративного спондилолистеза при многоуровневых поражениях поясничных межпозвоночных дисков. *Хирургия позвоночника.* 2015; 4: 56-62 [*Kalinin A.A., Byval'tsev V.A.* Relationship between vertebral metric parameters and outcome of surgical treatment of degenerative spondylolisthesis with multilevel lumbar intervertebral disc lesions. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2015; 4: 56-62 (in Russian)].
28. *Бывальцев В.А., Калинин А.А., Оконешникова А.К. и др.* Фасеточная фиксация в комбинации с межтеловым спондилодезом: сравнительный анализ и клинический опыт нового способа хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. *Вестник РАМН.* 2016; 71 (5): 375-84 [*Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Okoneshnikova A.K., et al.* Facet fixation combined with lumbar interbody fusion: comparative analysis of clinical experience and a new method of surgical treatment of patients with lumbar degenerative diseases. *Vestnik RAMN.* 2016; 71 (5): 375-84 (in Russian)]. doi: 10.15690/vramn738.
29. *Tuttle J., Shakir A., Choudhri H.F.* Paramedian approach for transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation. *Technical note and preliminary report on 47 cases.* *Neurosurg. Focus.* 2006; 20 (3): E5.
30. *Goel V.K., Lim T.H., Gwon J. et al.* Effects of rigidity of an internal fixation device. A comprehensive biomechanical investigation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991; 16 (3 Suppl): S155-61.
31. *Harris B.M., Hilibrand A.S., Savas P.E. et al.* Transforaminal lumbar interbody fusion: The effect of various instrumentation techniques on the flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29 (4): E65-E70.
32. *Jang J.S., Lee S.H., Lim S.R.* Guide device for percutaneous placement of translaminar facet screws after anterior lumbar interbody fusion: *Technical note.* *J. Neurosurg.* 2003; 98 (1 Suppl): 100-3.
33. *Reich S.M., Kuflik P., Neuwirth M.* Translaminar facet screw fixation in lumbar spine fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993; 18 (4): 444-9.
34. *Shim C.S., Lee S.H., Jung B. et al.* Fluoroscopically assisted percutaneous translaminar facet screw fixation following anterior lumbar interbody fusion: *technical report.* *Spine (Phila Pa 1976).* 2005; 30 (7): 838-43.
35. *Magerl F.P.* Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop. Relat. Res.* 1984; 189: 125-41.
36. *Parker S.L., Adogwa O., Witham T.F. et al.* Post-operative infection after minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): literature review and cost analysis. *Minim. Invasive Neurosurg.* 2011; 54 (1): 33-7. doi: 10.1055/s-0030-1269904.
37. *Mohi Eldin M.M., Hassan A.S.* Percutaneous transpedicular fixation: technical tips and pitfalls of sextant and pathfinder systems. *Asian Spine J.* 2016; 10 (1): 111-22. doi: 10.4184/asj.2016.10.1.111.
38. *Lieberman J.A., Lyon R., Feiner J.* The efficacy of motor evoked potentials in fixed sagittal imbalance deformity correction surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008; 33 (13): E414-24. doi: 10.1097/BRS.0b013e318175c292.
39. *Tian W., Han X., Liu B. et al.* A robot-assisted surgical system using a force-image control method for pedicle screw insertion. *PLoS One.* 2014; 9 (1): e86346. doi: 10.1371/journal.pone.0086346.
40. *Van de Kelft E., Costa F., Van der Planken D., Schils F.* A prospective multicenter registry on the accuracy of pedicle screw placement in the thoracic, lumbar, and sacral levels with the use of the O-arm imaging system and StealthStation Navigation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012; 37 (25): E1580-7. doi: 10.1097/BRS.0b013e318271b1fa.
41. *Jutte P.C., Castelein R.M.* Complications of pedicle screws in lumbar and lumbosacral fusions in 105 consecutive primary operations. *Eur. Spine J.* 2012; 11 (6): 594-8. doi: 10.1007/s00586-002-0469-8.

42. Al-Khouja L., Shweikeh F., Pashman R. et al. Economics of image guidance and navigation in spine surgery. *Surg. Neurol. Int.* 2015; 6 (Suppl 10): S323-6. doi: 10.4103/2152-7806.159381.
43. Gertzbein S.D., Betz R., Clements D. et al. Semirigid instrumentation in the management of lumbar spinal conditions combined with circumferential fusion. A multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996; 21 (16): 1918-25.
44. Grob D., Benini A., Junge A., Mannion A.F. Clinical experience with the Dynesys semirigid fixation system for the lumbar spine: surgical and patient-oriented outcome in 50 cases after an average of 2 years. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30 (3): 324-31.
45. Hsieh C.T., Chang C.J., Su I.C., Jan L.Y. Clinical experiences of dynamic stabilizers: Dynesys and Dynesys top loading system for lumbar spine degenerative disease. *Kaohsiung J. Med. Sci.* 2016; 32 (4): 207-15. doi: 10.1016/j.kjms.2016.03.007.
46. King D. Internal fixation for lumbosacral fusion. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1948; 30A (3): 560-5.
47. Boucher H.H. A method of spinal fusion. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1959; 41-B (2): 248-59.
48. Rhee J.W., Petteys R.J., Anaizi A.N. et al. Prospective evaluation of 1-year outcomes in single-level percutaneous lumbar trans facet screw fixation in the lateral decubitus position following lateral transpsoas interbody fusion. *Eur. Spine J.* 2015; 24 (11): 2546-54. doi: 10.1007/s00586-015-3934-x.
49. Voyadzis J.M., Anaizi A.N. Minimally invasive lumbar transfacet screw fixation in the lateral decubitus position after extreme lateral interbody fusion: a technique and feasibility study. *J. Spinal Disord. Tech.* 2013; 26 (2): 98-106. doi: 10.1097/BSD.0b013e318241f6c3.
50. Xu J., Mao K., Wang Y. et al. A feasibility research of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion using unilateral incision and hybrid internal fixation for dural-level lumbar degenerative disease. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2013; 27 (8): 955-9 [Article in Chinese].
51. Liu F., Jiang C., Cao Y. et al. Transforaminal lumbar interbody fusion using unilateral pedicle screw fixation plus contralateral translaminar facet screw fixation in lumbar degenerative diseases. *Indian J. Orthop.* 2014; 48 (4): 374-9. doi: 10.4103/0019-5413.136240.
52. Mao K.Y., Wang Y., Xiao S.H. et al. A feasibility research of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) using hybrid internal fixation for recurrent lumbar disc herniation. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2013; 51 (8): 723-7 [Article in Chinese].
53. Jacobs R.R., Montesano P.X., Jackson R.P. Enhancement of lumbar spine fusion by use of translaminar facet joint screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989; 14 (1): 12-5.
54. Thalgott J.S., Chin A.K., Ameriks J.A. et al. Minimally invasive 360 degrees instrumented lumbar fusion. *Eur. Spine J.* 2000; 9 Suppl 1: S51-6.
55. Shao R.X., Luo P., Lin Y. et al. Treatment of low lumbar degenerative disease with unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous transfacet screws fixation. *Zhongguo Gu Shang*. 2015; 28 (4): 318-22 [Article in Chinese].
56. Xue H., Tu Y., Cai M. Comparison of unilateral versus bilateral instrumented transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative lumbar diseases. *Spine J.* 2012; 12 (3): 209-15. doi: 10.1016/j.spinee.2012.01.010.
57. Hartensuer R., Riesenbeck O., Schulze M. et al. Biomechanical evaluation of the Facet Wedge: a refined technique for facet fixation. *Eur. Spine J.* 2014; 23 (11): 2321-9. doi: 10.1007/s00586-014-3533-2.

Сведения об авторах: Бывальцев В.А. — доктор мед. наук, зав. курсом нейрохирургии ИГМУ; главный нейрохирург ОАО «РЖД», рук. центра нейрохирургии «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский» ОАО «РЖД»; зав. научно-клиническим отделом нейрохирургии и ортопедии ИНЦХТ; профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ИГМАПО; Калинин А.А. — канд. мед. наук, доцент курса нейрохирургии ИГМУ, врач нейрохирургического отделения ПУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский» ОАО «РЖД», науч. сотр. ИНЦХТ; Окочешникова А.К., Пестряков Ю.Я. — аспиранты курса нейрохирургии ИГМУ.

Для контактов: Бывальцев Вадим Анатольевич. E-mail: byval75vadim@yandex.ru.

Contact: Byval'tsev Vadim A. — Dr. med. sci., Head of scientific-clinical department of neurosurgery and orthopaedics of ISCS1; Head of Chair of neurosurgery of ISMU; Prof., ISMAPE Chair of traumatology, orthopaedics and neurosurgery. E-mail: byval75vadim@yandex.ru.



Если Вы хотите разместить Вашу рекламу
в «Вестнике травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»,
обращайтесь в редакцию журнала

127299, Москва, ул. Приорова, 10, ЦИТО.

Тел.: 8(495)450-24-24, 8(968)897-37-91