

ПОЛУРИГИДНАЯ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНАЯ ФИКСАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

А.В. Булатов, Д.А. Рзаев, В.С. Климов, А.В. Евсюков

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск); Россия, 630087 Новосибирск,
ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Александр Васильевич Булатов a_bulatov@neuronsk.ru

Цель исследования — анализ эффективности полуригидной транскutánной транспедикулярной фиксации при лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника.

Материалы и методы. Минимально инвазивная полуригидная фиксация с применением полиэфирэфиркетоновой стержневой системы без межтелового спондилодеза выполнена у 24 пациентов (4 (17 %) мужчины, 20 (83 %) женщины), средний возраст $46,3 \pm 8,4$ (от 32 до 63 лет). Средняя продолжительность наблюдения составила 15 мес. Критерии включения в исследование: боль в поясничном отделе позвоночника при нагрузке, оценка в 5 баллов по критериям нестабильности А.А. White и М.М. Panjabi, дегенерация диска по классификации С. Pfirrmann II–IV степени. Контрольный осмотр проведен в 6 и 12 мес.

Результаты. В послеоперационном периоде у большинства пациентов произошел полный или значительный регресс болевого синдрома (в среднем с 6,3 до 1,8 балла по визуально-аналоговой шкале). Индекс Освестри снизился с 64/66 [64; 68] до операции до 33/34 [32; 36] через 6 мес ($p < 0,001$) и 18/17 [16; 18] через 12 мес ($p < 0,001$). До операции высота диска оперированного позвоночно-двигательного сегмента составляла 0,96 см, через 1 год снизилась до 0,91 см. Диапазон ротационных движений в оперированном сегменте во всех случаях не превысил 6° .

Заключение. Транскutánная транспедикулярная полуригидная фиксация с использованием полиэфирэфиркетоновой стержневой системы у пациентов с хронической болью в поясничном отделе позвоночника при нагрузке обеспечивает достижение хороших и отличных клинических результатов по шкале I. Macnab в 83,4 % случаев. В течение 12 мес сохраняется минимальный объем движений на оперированном сегменте без признаков продолжения процесса дегенерации смежных межпозвоночных дисков.

Ключевые слова: дегенеративные заболевания поясничного отдела позвоночника, полуригидная фиксация, боль в поясничном отделе позвоночника при нагрузке, стержневые системы, полиэфирэфиркетон

Для цитирования: Булатов А.В., Рзаев Д.А., Климов В.С., Евсюков А.В. Полуригидная минимально инвазивная транспедикулярная фиксация в лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Нейрохирургия 2018;20(3):19–30.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-19-30

Semi-rigid minimally invasive transpedicular fixation in the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine

A.V. Bulatov, D.A. Rzaev, V.S. Klimov, A.V. Evsyukov

Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk), Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St.,
Novosibirsk 630087, Russia

The study objective is to analyze the effectiveness of the use of minimal invasive polyetheretherketone (PEEK) rod systems in the treatment of lumbar spine degenerative diseases.

Materials and methods. The minimal invasive semi-rigid stabilization using PEEK rod systems was performed in 24 patients (4 (17 %) male and 20 (83 %) female) patients (mean age 46.3 ± 8.4 , ranging from 32 to 63). The average follow-up duration was 15 months. Inclusion criteria: mechanical low back pain, White–Panjabi instability: 5 points, degenerative changes of the disc by C. Pfirrmann scale: II–IV grade. Follow-up at the 6 and 12 months postoperatively.

Results. In the postoperative period, the majority of patients had a complete or significant regression of pain (on average, from 6.3 to 1.8 points on the visual analog scale). The Oswestry disability index decreased from 64/66 [64; 68] to 33/34 [32; 36] in 6 months ($p < 0.001$) and 18/17 [16; 18] in 12 months ($p < 0.001$). Before surgery, the height of the operated disk was 0.96 cm, after 1 year decreased to 0.91 cm. Range of rotary motion in the operated segment in all cases did not exceed 6° .

Conclusion. The PEEK rod fixation in patients with mechanical low back pain provides good and excellent clinical results on the I. Macnab scale in 83.4 % of cases. Within 12 months, the minimal volume of movements on the operated segment remains, without signs of continued degeneration of adjacent intervertebral discs.

Key words: *lumbar spine degenerative diseases, semi-rigid stabilization, mechanical low back pain, rod systems, polyetheretherketone, PEEK*

For citation: *Bulatov A.V., Rzaev D.A., Klimov V.S., Evsyukov A.V. Semi-rigid minimally invasive transpedicular fixation in the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2018;20(3):19–30.*

ВВЕДЕНИЕ

Нестабильность позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) считается возможным патофизиологическим механизмом возникновения болей в поясничном отделе позвоночника [1]. А.А. White и М.М. Panjabi определили нестабильность ПДС как неспособность позвоночника сохранять нормальное положение и защищать нервные элементы, которые находятся внутри позвоночного канала и межпозвонковых отверстий, от деформации, компрессии или структурных повреждений при воздействии физиологических нагрузок [2]. Е.С. Benzel в последующем разграничил понятия механической и функциональной нестабильности ПДС [3]. К типичным примерам механической нестабильности относят дегенеративный, истмический и ятрогенный спондилолистез, а функциональной нестабильности — клинически проявляющиеся дегенеративные изменения позвоночника.

Высокая распространенность дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника (до 70 % всех случаев патологии позвоночника [4]) обуславливает медико-социальную и экономическую значимость проблемы их лечения. Несмотря на множество публикаций, некоторые вопросы остаются спорными и требуют окончательного решения.

Основной метод хирургического лечения нестабильности ПДС — имплантация ригидных фиксирующих систем. Частота их применения с каждым годом возрастает, и многоцентровые исследования подтверждают эффективность этого метода [5]. Одним из ключевых проявлений спондилодеза при этом становится уменьшение гибкости на уровне фиксации, что приводит к перераспределению нагрузки и ускорению дегенерации смежных уровней [6–9]. Однако в ряде случаев клинические исходы спондилодеза значительно хуже рентгенологических [8]. В 40 % случаев имевшиеся клинические симптомы сохраняются, а дегенеративные изменения прогрессируют с развитием новой симптоматики, что требует проведения ревизионных операций [10]. В зарубежной литературе используется понятие синдрома поражения смежного сегмента (adjacent segment degeneration) [8]. По некоторым данным, в течение 10 лет после операции этот синдром выявляется у 10–44 % пациентов, из которых у 20 % возникает необходимость повторной операции. Как правило, поражается вышележащий ПДС [11, 12].

Для устранения или минимизации этих осложнений метода ригидной фиксации были предложены полуригидные конструкции [13]. В 1991 г. Н. Graf

предложил первую систему фиксации на основе транспедикулярных винтов и нейлоновых стяжек [14]. Хотя в настоящее время данная методика имеет исторический интерес, Н. Graf стал пионером в области разработки систем полуригидной фиксации, заложив основные принципы конструкции динамических фиксирующих систем.

В доступной медицинской литературе отсутствует четкое определение динамических и полуригидных систем. По определению Управления США по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration), система транспедикулярной фиксации, сохраняющая объем движений в оперированном ПДС, считается полуригидной [15]. Полуригидная фиксация основана на применении упругих материалов и направлена на перераспределение нагрузок, ограничение патологической подвижности в ПДС при сохранении движения без его жесткой фиксации, что замедляет продолженную дегенерацию оперированного и смежных ПДС [14].

В последующем появилось большое количество разнообразных полуригидных фиксирующих систем, несмотря на наличие недостатков (травматичный метод установки, снижение жесткости имплантатов) [16–19]. Показания к установке систем полуригидной фиксации неоднократно обсуждались и пересматривались [18, 20–22].

В настоящее время не существует единого подхода и четких показаний к применению полуригидных фиксирующих систем, что обуславливает актуальность нашего исследования.

Цель исследования — изучить результаты изолированного применения полуригидной минимально инвазивной транспедикулярной фиксации при дегенеративно-дистрофических заболеваниях поясничного отдела позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нейрохирургическом отделении № 2 Федерального центра нейрохирургии (Новосибирск) за 2014–2016 гг. прооперированы 24 пациента по поводу хронической боли в поясничном отделе позвоночника, возникающей при движении (mechanical low back pain) [23]. Американское общество по изучению боли (American Pain Society) определяет этот болевой синдром как постоянную боль в спине, проявляющуюся при минимальной физической нагрузке на фоне консервативной терапии в течение 6 нед [24].

Среди пациентов было 4 (17 %) мужчины и 20 (83 %) женщин. Средний возраст составил $46,3 \pm 8,4$ года (от 32 до 63 лет).

Критерии включения в исследование: хронический болевой синдром в поясничном отделе позвоночника, возникающий при движении, оценка в 5 баллов по критериям нестабильности А.А. White и М.М. Panjabi [2], дегенеративные изменения межпозвонкового диска II–IV степени по С. Pfirrmann [25].

Критерии исключения из исследования: оценка в 6 и более баллов по критериям нестабильности А.А. White и М.М. Panjabi, индекс массы тела $>40 \text{ кг/м}^2$, остеопороз (Т-критерий менее $-2,5$), деформации позвоночника, инфекционно-воспалительные процессы, декомпенсация сопутствующих заболеваний, злокачественные новообразования.

Хирургическое вмешательство у 12 (50 %) пациентов выполнено по поводу превышения объема ротационных движений ПДС в сагиттальной плоскости, у 8 (33,3 %) пациентов — по поводу трансляции тела позвонка не более 4,5 мм с полной редукцией при разгибании на функциональных рентгенограммах; у 4 (16,7 %) пациентов — по поводу хронической боли в поясничном отделе позвоночника при нагрузке после микродискэктомии. В 3 (12,5 %) из 24 случаев операция проведена по причине прогрессирования дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника на смежном с фиксированным уровне (синдрома поражения смежного сегмента). Ранее у этих пациентов была осуществлена транспедикулярная и межтеловая фиксация ПДС L_5-S_1 из заднебокового доступа.

У 4 (17 %) пациентов выполнено оперативное вмешательство на уровне ПДС L_3-L_4 , у 15 (62 %) — L_4-L_5 , у 5 (21 %) — L_5-S_1 . Из них двухуровневая фиксация в 3 (12,5 %) случаях выполнена на уровне ПДС $L_3-L_4-L_5$, в 4 (16,7 %) — на уровне $L_4-L_5-S_1$.

Во всех случаях была выполнена минимально инвазивная транспедикулярная полуригидная фиксация с использованием стержневой полиэфирэфиркетоновой (polyetheretherketone, РЕЕК) системы без межтелового спондилодеза (технология non-fusion).

До операции проводили клиничко-неврологическое обследование, рентгенографию поясничного отдела позвоночника в стандартных проекциях с функциональными пробами, мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) поясничного отдела позвоночника, магнитно-резонансную томографию (МРТ). Качество жизни оценивали по индексу инвалидизации Освестри (Oswestry disability index) [26]. Интенсивность болевого синдрома (в спине и ноге) пациенты оценивали по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Исходы лечения оценивали по шкале I. Macnab [27].

Рентгенографию поясничного отдела позвоночника в стандартных проекциях проводили для оценки высоты диска по методу К.Т. Kim и соавт. [28] (рис. 1).

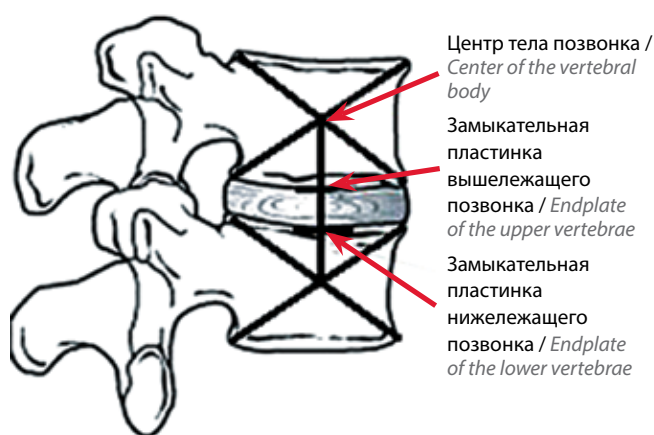


Рис. 1. Измерение высоты межпозвонкового диска

Fig. 1. Measuring the intervertebral disc height

Рентгенографию с функциональными пробами (в крайних положениях сгибания и разгибания) выполняли для определения объема движений ПДС. Оценивали диапазон ротационных движений (range of motion) в сагиттальной плоскости по методу J.R. Cobb [29]. Величину смещения позвонков измеряли по методике, описанной А.А. White и М.М. Panjabi [2] (рис. 2).

МСКТ с интратекальным введением контрастного вещества (10 мл омнипака 300) с последующей 3D-реконструкцией проводили для оценки степени сдавления нервных структур позвоночного канала и стадии артроза дугоотростчатых суставов по классификации М. Pathria и соавт. [30].

МРТ выполняли для оценки степени дегенеративных изменений межпозвонкового диска по классификации С. Pfirrmann [25] и реактивных изменений

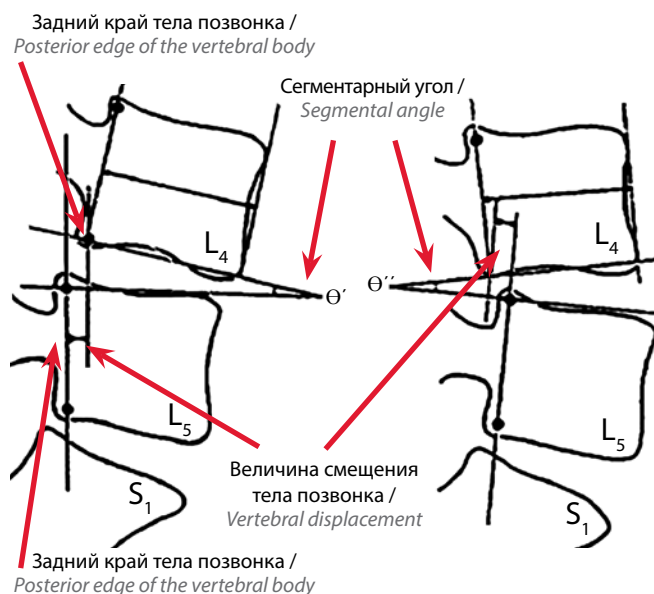


Рис. 2. Измерение величины смещения позвонков при функциональной рентгенографии

Fig. 2. Measuring vertebral displacement using functional radiography

в субхондральных отделах тел позвонков по классификации М.Т. Modic [31].

Фиксировали продолжительность операции и объем кровопотери. Комплексную оценку результатов лечения осуществляли после операции, через 6 и 12 мес, сопоставляя значения показателей с дооперационным уровнем.

Числовые данные в статье представлены в виде среднего и медианы (М/Ме), нижнего и верхнего квартилей ([25 %; 75 %]) или среднего и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$). Проверка гипотезы о нормальности распределения величины производилась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Для сравнения зависимых выборок применяли двусторонний двухвыборочный t-критерий и критерий Уилкоксона. При иллюстрации результатов использовали диаграммы типа «ящик с усами», где представлены медиана, интерквартильный размах, наибольшее и наименьшее значения, находящиеся в пределах расстояния полуторного значения интерквартильного размаха, и выбросы. Уровень статистической значимости в исследовании принимали равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила 89 ± 29 мин, объем кровопотери — $97,7/100$ [50; 100] мл. Не наблюдалось нарастания неврологического дефицита и осложнений в области хирургического вмешательства. При послеоперационной контрольной рентгенографии и МСКТ признаков интраканальной мальпозиции элементов транспедикулярной системы не выявлено. Латеральная мальпозиция транспедикулярного винта I степени (по G. Rao и соавт. [32]) без клинических проявлений обнаружена в 3 случаях (3,75 %). Длительность пребывания в стационаре варьировала от 2 до 5 дней и в среднем составила 4 дня.

В послеоперационном периоде у большинства пациентов (19 из 24) полный или значительный регресс болевого синдрома произошел в течение 1-й недели, чаще уже на следующий день после операции. В эти сроки ведущими были жалобы на умеренные боли в области послеоперационных ран. В раннем послеоперационном периоде оценивали только интенсивность болевого синдрома. Послеоперационные значения ВАШ были значительно ниже дооперационных ($p < 0,001$), при этом положительная динамика наблюдалась и по истечении 12 мес после вмешательства ($p < 0,001$) (табл. 1).

Средняя высота оперированного диска, измеренная по методу К.Т. Kim и соавт., до операции составила $0,94/0,96$ [0,86; 1,1] см. В период наблюдения высота вышележащего диска у всех пациентов сохранилась или незначительно уменьшилась (табл. 2).

На рис. 3 отражено изменение высоты вышележащего, оперированного и нижележащих дисков:

Таблица 1. Динамика интенсивности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале до и после операции, через 6 и 12 мес

Table 1. Evaluation of pain intensity using a visual analog scale before and after surgery, 6 and 12 months postoperatively

Срок оценки Time of evaluation	Оценка боли по визуально-аналоговой шкале, баллы, М/Ме [25 %; 75 %] Visual analog scale evaluation, М/Ме [25 %; 75 %]
До операции Before surgery	6,3/6,5 [6; 7,1]
После операции After surgery	2,5/3 [2; 3]
Через 6 мес 6 months postoperatively	2,2/2 [1,75; 2,25]
Через 12 мес 12 months postoperatively	1,8/2 [2; 2]

Таблица 2. Высота дисков, оцененная в динамике по методу К.Т. Kim и соавт., см, М/Ме [25 %; 75 %]

Table 2. Disc height evaluated in dynamics using the method developed by K. T. Kim et al., cm, М/Ме [25 %; 75 %]

Диск Disc	До операции Before surgery	Через 6 мес 6 months postoperatively	Через 12 мес 12 months postoperatively
Вышележащий Upper	1,01/1,03 [0,85; 1,12]	0,98/1 [0,85; 1,09]	0,97/1 [0,84; 1,07]
Оперированный Operated	0,94/0,96 [0,86; 1,1]	0,93/0,91 [0,79; 1,09]	0,9/0,91 [0,79; 1,02]
Нижележащий Lower	0,79/0,63 [0,48; 1,12]	0,78/0,65 [0,48; 1,1]	0,75/0,63 [0,48; 1,03]

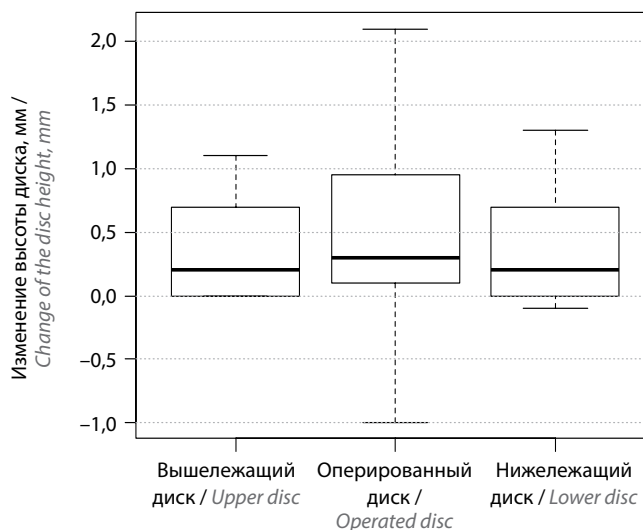


Рис. 3. Сравнительная оценка изменений высоты вышележащего, оперированного и нижележащего дисков за 12 мес

Fig. 3. Comparison of changes in the height of the upper, operated, and lower discs after 12 months

сравнивалось изменение высоты вышележащего и оперированного ($p = 0,37$), нижележащего и оперированного дисков ($p = 0,7$). Операция не оказала существенного влияния на скорость уменьшения высоты оперированного диска.

Диапазон ротационных движений в оперированном ПДС во всех случаях не превысил 6° , с учетом того, что физиологический объем движений в разных

ПДС неодинаков. Выявлено сокращение объема движений в оперированном ПДС через 6 мес после операции — на $16,3/15,2$ [$13,9$; $17,5$] ($p < 0,001$), через 12 мес — на $0,7/0,4$ [$0,1$; $1,3$] ($p < 0,001$) (рис. 4–6).

При выполнении полуригидной транспедикулярной фиксации в поясничном отделе позвоночника сагиттальная подвижность в оперированном ПДС сохранилась через 12 мес наблюдения, статистически

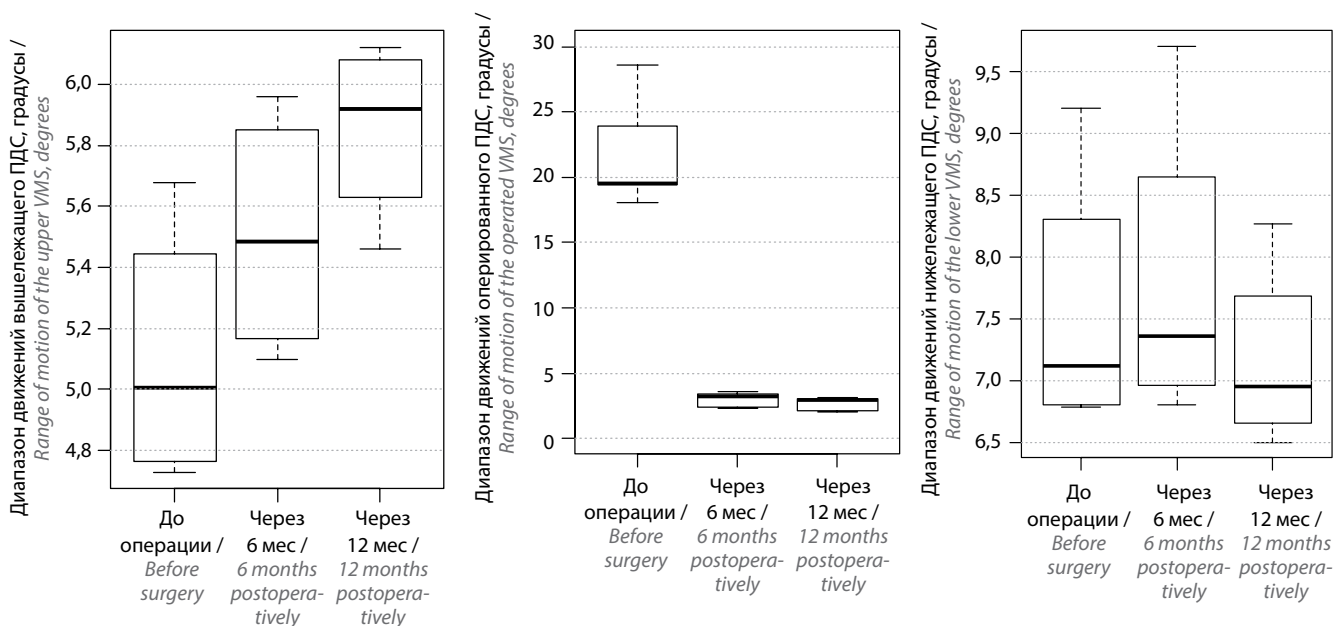


Рис. 4. Диапазон ротационных движений в сагиттальной плоскости на уровне L_3-L_4 ПДС — позвоночно-двигательный сегмент

Fig. 4. Range of rotational motion in the sagittal plane at the L_3-L_4 level. VMS — vertebral motor segment

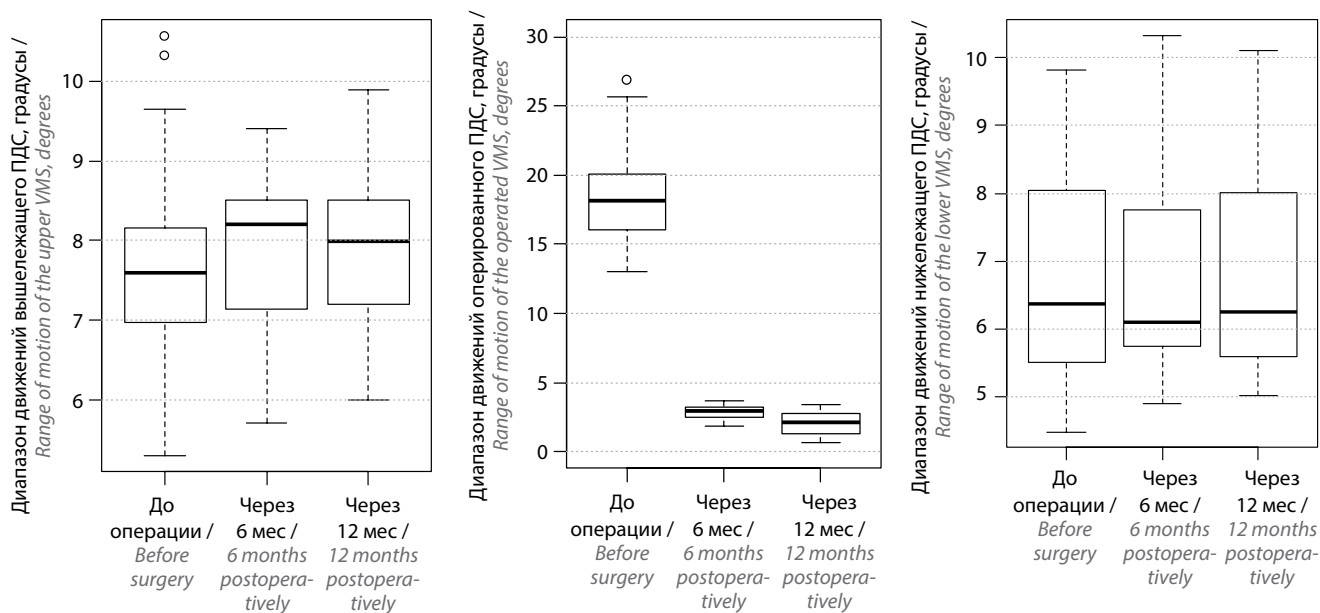


Рис. 5. Диапазон ротационных движений в сагиттальной плоскости на уровне L_4-L_5 ПДС — позвоночно-двигательный сегмент

Fig. 5. Range of rotational motion in the sagittal plane at the L_4-L_5 level. VMS — vertebral motor segment

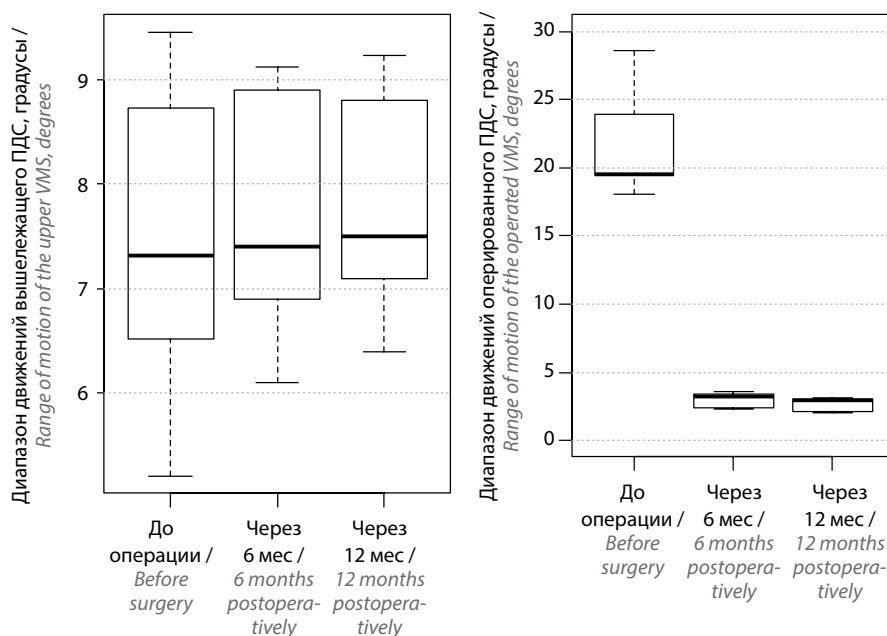


Рис. 6. Диапазон ротационных движений в сагиттальной плоскости на уровне L_5-S_1 . ПДС — позвоночно-двигательный сегмент

Fig. 6. Range of rotational motion in the sagittal plane at the L_5-S_1 level. VMS — vertebral motor segment

значимого изменения объема движений на смежных поясничных уровнях не выявлено.

До оперативного вмешательства артроз дугоотростчатых суставов разной стадии выраженности наблюдался во всех случаях: II стадии — в 22 случаях на уровне оперированного и смежных ПДС, III стадии — в 9 случаях (в сочетании с реактивными изменениями тел позвонков I и II типа по классификации М.Т. Модика); артроз I стадии не выявлен. При проведении контрольного МСКТ через 12 мес обнаружены более грубые дегенеративные изменения дугоотростчатых суставов. В 14 случаях проявления артроза суставов II стадии остались на прежнем уровне, в 4 случаях артроз дугоотростчатых суставов прогрессировал до III стадии. Артроз суставов III стадии после оперативного лечения выявлен в 10 случаях, у 3 пациентов III стадия артроза дугоотростчатых суставов перешла в IV стадию.

При исследовании дегенерации диска на дооперационном этапе на клинически значимом уровне в 17 (70,8 %) случаях обнаружены протрузии дисков (размером от 2,5 до 5,0 мм) без компрессии корешков спинного мозга. На контрольном МРТ признаков формирования грыж дисков и прогрессирования протрузий дисков не выявлено.

Дегенеративные изменения межпозвонкового диска оперированного ПДС соответствовали II степени по классификации С. Pfirrmann в 4 случаях, III степени — в 16 случаях, IV степени — в 4 случаях (после ранее перенесенной микродискэктомии).

При контрольной МРТ через 12 мес на уровне вмешательства у 4 пациентов с II степенью продолже-

ния дегенерации не наблюдалось. Из 16 пациентов с III степенью до операции у 14 осталась III степень и у 2 наблюдалась IV степень; в 4 случаях до оперативного лечения выявляли IV степень, после ранее перенесенной операции выявлена V степень. На ниже- и вышележащих уровнях усугубления дегенеративных изменений не наблюдалось.

По данным МРТ оценивали реактивные изменения в субхондральных отделах тел позвонков по классификации М.Т. Modic. До операции изменения I типа выявлены у 7 пациентов, II типа — у 2. В смежных ПДС реактивных изменений в субхондральных отделах тел позвонков не обнаружено. При контрольной МРТ через 12 мес у всех этих пациентов обнаружен склероз губчатого вещества тел позвонков — изменения III типа по М.Т. Modic.

Большинство пациентов (20 (83,4 %)) через 1 мес после операции вернулись к активному образу жизни, включая занятия любительским спортом и дальние поездки на автомобиле. Однако у 4 пациентов прогрессирование артроза дугоотростчатых суставов (III стадия) клинически проявлялось рефлекторным болевым синдромом: патологическая импульсация в 3 случаях выявлена в оперированном ПДС и в 1 случае — в вышележащем. Для купирования клинических проявлений артроза дугоотростчатых суставов была проведена радиочастотная денервация на клинически значимых уровнях поясничного отдела позвоночника через 6 мес после операции. Клинические проявления рефлекторного болевого синдрома купированы.

Индекс Освестри снизился с 64/66 [64; 68] до операции до 33/34 [32; 36] через 6 мес ($p < 0,001$) и 18/17

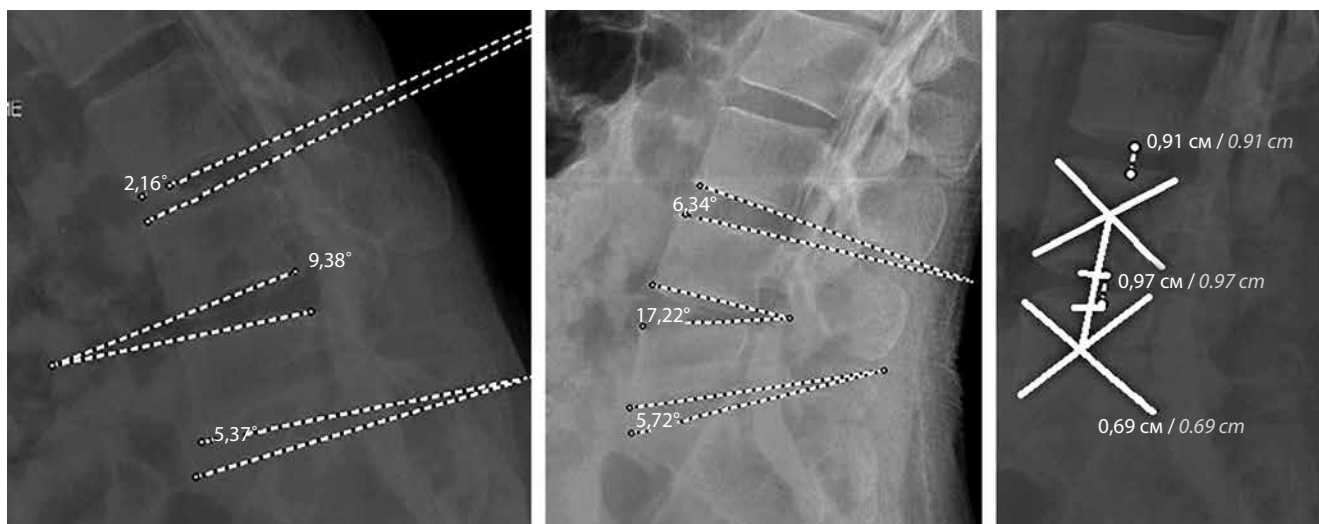


Рис. 7. Рентгенография поясничного отдела позвоночника во время функциональных проб

Fig. 7. Radiography of the lumbar spine during functional tests

[16; 18] через 12 мес ($p < 0,001$), т. е. зарегистрировано статистически значимое улучшение качества жизни в течение всего срока наблюдения.

При оценке исходов оперативного лечения по шкале I. Masnab результаты расценены как отличные и хорошие у 20 пациентов (83,4 %), как неудовлетворительные — у 4 (16,6 %). У этих пациентов наблюдался фармакорезистентный стойкий нейропатический болевой синдром, связанный с резидуальными явлениями компрессии корешков спинного мозга в поясничном отделе позвоночника и возникший после ранее проведенной микродискэктомии. При этом болевой синдром в поясничном отделе позвоночника после установки полуригидной фиксирующей стержневой РЕЕК-системы полностью регрессировал. В 2 случаях проведена имплантация постоянного электрода для эпидуральной стимуляции, которая дала положительный клинический эффект.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациентка П., 45 лет, поступила с жалобами на боль в поясничном отделе позвоночника, появляющуюся при минимальной физической нагрузке. На амбулаторном этапе проводилось консервативное лечение в течение 10 нед, без эффекта. В анамнезе: микродискэктомия на уровне ПДС L_5-S_1 4 года назад.

При обследовании выявлено, что ведущим клиническим синдромом является хронический вертебральный болевой синдром. По ВАШ интенсивность боли в спине оценена в 7 баллов. Индекс Освестри — 48.

При рентгенографии поясничного отдела позвоночника с функциональными пробами установлено: объем движений в ПДС L_4-L_5 составляет 26°; трансляция тела позвонка L_4 — 4,5 мм; оценка нестабильности по критериям А.А. White и М.М. Panjabi — 5 баллов (рис. 7).

При МРТ поясничного отдела позвоночника выявлено, что дегенерация диска соответствует II степени по С. Pfirrmann; стеноз позвоночного канала по С. Schizas: А степень; протрузии дисков ПДС L_4-L_5 , L_5-S_1 (рис. 8).

Выполнена транскutánная транспедикулярная полуригидная стабилизация ПДС L_4-L_5 с использованием РЕЕК-системы.

Вмешательство длилось 105 мин. Объем кровопотери составил 50 мл.

После операции болевой вертебральный синдром регрессировал. Интенсивность боли в спине снизилась до 3 баллов по ВАШ. По данным контрольной МСКТ поясничного отдела позвоночника, металлоконструкция установлена корректно, мальпозиции винтов не выявлено (рис. 9).

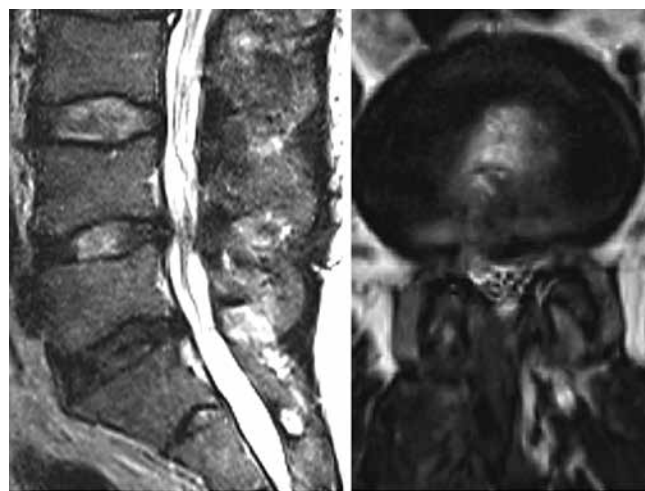


Рис. 8. Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника

Fig. 8. Magnetic resonance image of the lumbar spine

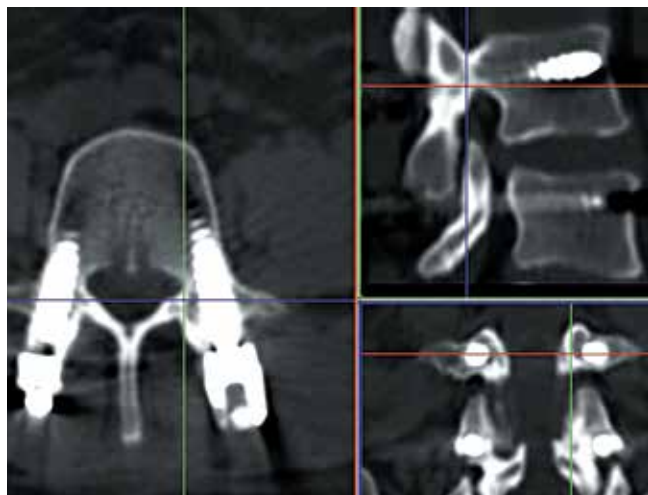


Рис. 9. Мультиспиральная компьютерная томография поясничного отдела позвоночника после оперативного лечения

Fig. 9. Multislice computed tomography scan of the lumbar spine after surgery

Через 12 мес пациентка отметила регресс болевого синдрома в спине до 2 баллов по ВАШ. Индекс Освестри уменьшился до 12 баллов. Нестабильность по критериям А.А. White и М.М. Panjabi при рентгенографии поясничного отдела позвоночника с функциональными пробами через 12 мес оценена в 0 баллов (рис. 10).

При контрольной МРТ через 12 мес не выявлено продолженной дегенерации дисков оперированного и смежных ПДС (рис. 11).

По критериям I. Macnab через 6 и 12 мес клинический исход оценен как отличный.

ОБСУЖДЕНИЕ

По данным некоторых исследователей [16, 17, 19–22, 33], применение полуригидных систем при операциях на поясничном отделе позвоночника направлено на сохранение минимального объема движений, что способствует замедлению процесса дегенерации

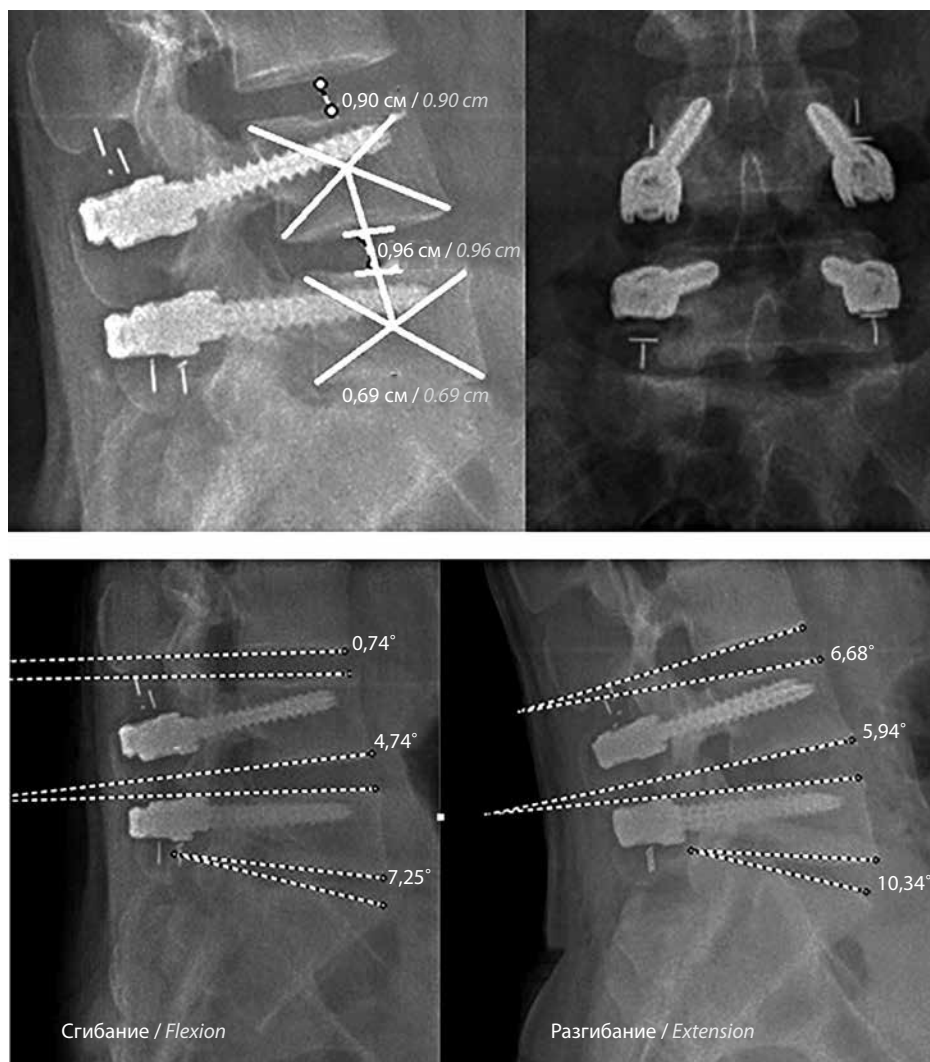


Рис. 10. Рентгенография поясничного отдела позвоночника во время функциональных проб через 12 мес после оперативного лечения

Fig. 10. Radiography of the lumbar spine during functional tests 12 months postoperatively

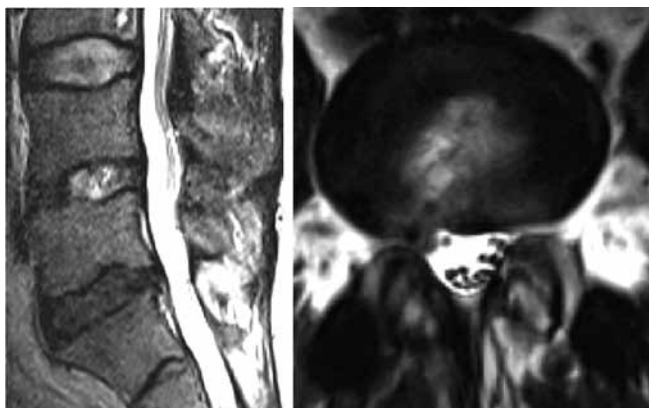


Рис. 11. Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника через 12 мес после оперативного лечения

Fig. 11. Magnetic resonance image of the lumbar spine 12 months postoperatively

в скомпрометированном ПДС, обеспечивает более щадящее перераспределение нагрузок.

Динамичность системы заключается не в воссоздании полного физиологического объема движений, а в сохранении максимально приближенного к физиологическому распределения нагрузок в фиксированных ПДС [16].

Лабораторные исследования показали, что РЕЕК-имплантаты имеют оптимальное сочетание износостойкости и биосовместимости [18, 34]. Серия биомеханических исследований *in vitro* продемонстрировала эффективность использования стержней из РЕЕК для устранения избыточной подвижности ПДС; однако при истинной нестабильности методом выбора следует считать ригидную фиксацию [35]. В литературе описаны единичные случаи изолированного применения РЕЕК-систем [20].

Клинический результат, полученный нами при применении полуригидной фиксирующей стержневой РЕЕК-системы, сопоставим с таковым при применении наиболее распространенной полуригидной системы на основе полимерного шнура (Dynesys). В нашем исследовании мы зарегистрировали статистически значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома в спине по ВАШ с 6,3 до 1,8 балла. Похожие результаты были получены в многоцентровом исследовании Т.М. Stoll и соавт. с участием 83 пациентов, у которых после изолированного применения Dynesys интенсивность боли по ВАШ уменьшилась с 6,9 до 2,4 балла [21].

Достоинствами транскutánной транспедикулярной системы считаются меньшая степень травмирования мягких тканей, низкая интенсивность раневой боли и возможность ранней активизации пациентов. Основным недостатком «классических» транспедикулярных систем — открытый способ их установки. Выполнение операций требует скелетирования задних анатомических структур позвоночника на 1 сегмент выше и ниже

фиксируемого уровня, при этом существенно увеличивается площадь хирургического доступа. Подобное вмешательство неизбежно приводит к денервации параспинальной мускулатуры и может сопровождаться повышенной кровопотерей и инфекционными осложнениями вследствие вынужденной тракции мягких тканей ранорасширителями, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на объеме кровопотери, длительности оперативного вмешательства, количестве осложнений и сроках пребывания в стационаре [36]. Стержневая система РЕЕК устанавливается по малоинвазивной технологии, которая не требует большой площади скелетирования и длительной двусторонней тракции большого массива параспинальных мягких тканей ранорасширителями, а следовательно, минимально травмирует их [22, 36].

Полученные нами результаты следует рассматривать в 2 аспектах: в аспекте влияния РЕЕК-системы на оперированный ПДС и в аспекте ее влияния на смежные ПДС. Применение стержневых РЕЕК-имплантатов уменьшило сегментарный угол оперированного ПДС с 21,9° до 2,6°. Похожие результаты получили Р.К. Ронпаррап и соавт., которые доказали, что применение полуригидной РЕЕК-системы без выполнения межтелового спондилодеза может значительно уменьшить сегментарный угол движения в дестабилизированном ПДС — в среднем с 18,49° до 2,09° [37]. По данным литературы, использование полуригидной стержневой РЕЕК-системы эффективно ограничивает диапазон ротационных движений. В исследовании Т.А. Jahng также было установлено, что при использовании полуригидной системы сохраняются минимальные движения в оперированном ПДС [18]. Несомненно, существующие полуригидные системы имеют различный дизайн и различные эластичные модули. Однако некоторые авторы отметили, что фиксация модулями с низкой степенью жесткости заметно влияет на сегментарный угол оперированного ПДС [1, 20]. Таким образом, стержни РЕЕК-системы уменьшают сегментарный угол *in vivo*, сохраняя минимальный объем движений и ограничивая патологическую подвижность. J. M. Toth и соавт. утверждают, что данные системы могут эффективно применяться без спондилодеза [35].

В оперированных ПДС высота диска увеличилась непосредственно после операции, но постепенно уменьшилась и через 12 мес стала ниже дооперационной. До операции высота диска оперированного ПДС составляла 0,96 см, через 1 год снизилась до 0,91 см. J. Cienciala и соавт. провели ретроспективное исследование с участием 102 пациентов, у которых была применена полуригидная система на основе полимерного шнура, и обнаружили, что снижение высоты диска в переднем ПДС достигло 0,3 см, но без клинически значимых проявлений [38]. Авторы пришли к выводу, что после применения полуригидной системы реже

выявляются признаки прогрессирования дегенеративных изменений оперированного диска [14].

Z. Li и соавт. [19] и L. Fu и соавт. [17] сообщили соответственно о 57 и 36 пациентах, прооперированных с использованием технологии non-fusion, у которых после операции высота диска сохранялась на дооперационном уровне. Однако в работе Z. Li высота диска оперированного ПДС через 2 года наблюдения уменьшилась на 11 %, тогда как в исследовании L. Fu уменьшение произошло всего на 8 %, что соответствует данным нашего исследования. При этом выявленные на дооперационном этапе изменения I и II типов по классификации M.T. Modic в отдаленном послеоперационном периоде перешли в склероз губчатого вещества тел позвонков, соответствующий III типу по классификации M.T. Modic (как естественный исход асептического воспалительного процесса вследствие уменьшения объема движения и снижения аксиальной нагрузки). Таким образом, имплантация полуригидной системы ограничивает патологическую подвижность в нестабильном ПДС, и этого минимального ограничения достаточно для естественного исхода процесса, протекающего при воспалительных изменениях губчатого вещества тел смежных позвонков.

КТ с 3D-реконструкцией не выявила никаких повреждений РЕЕК-стержня у прооперированных пациентов. На настоящий момент в литературе также нет сообщений о поломках РЕЕК-стержней [39, 40]. В нашем исследовании резорбции костной ткани вокруг винтов не было ни в одном случае.

При анализе изменений в дугоотростчатых суставах установлена следующая закономерность: чем более грубыми были дегенеративные изменения до оперативного вмешательства, тем хуже рентгенологический и клинический эффект в послеоперационном периоде. Дегенеративные изменения по C. Pfirrmann не подчинялись подобной закономерности. W. Huang и соавт.

пришли к выводу, что после применения полуригидной системы реже наблюдаются признаки прогрессирования дегенеративных изменений диска [20].

При имплантации транскutánной полуригидной РЕЕК-системы преимуществами стали уменьшение продолжительности операции (89 ± 29 мин) и объема кровопотери (97,7 мл). По данным С.В. Колесова и соавт., при применении полуригидной фиксации нитиновыми стержнями, устанавливаемыми через открытый доступ, операция длилась 156 ± 15 мин, а объем кровопотери составил 200 ± 50 мл [16]. Индекс Освестри при использовании нитиновых стержней снижается с 55,4 до 22,9 [16], в нашем исследовании — с 63,9 до 17,5. Таким образом, использование транскutánной полуригидной РЕЕК-системы сопровождается минимальной кровопотерей и уменьшением болевого синдрома, что приводит к сокращению сроков стационарного лечения.

ВЫВОДЫ

Применение транскutánной транспедикулярной полуригидной РЕЕК-фиксации у пациентов с хронической болью в поясничном отделе позвоночника при нагрузке обеспечило хорошие и отличные клинические результаты по шкале I. Macnab в 83,4 % случаев.

В течение 12 мес сохраняется минимальный объем движений в оперированном ПДС без признаков продолжения дегенерации смежных межпозвонковых дисков.

У пациентов с выраженными изменениями дугоотростчатых суставов (спондилоартрозом III–IV стадии по классификации M. Pathria) применение полуригидной РЕЕК-системы нецелесообразно.

Требуется проведение дальнейшего исследования для оценки среднесрочных и отдаленных результатов лечения пациентов с изолированным применением полуригидных РЕЕК-систем.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kirkaldy-Willis W.H., Farfan H.F. Instability of the lumbar spine. Clin Orthop Relat Res 1982;(165):110–23. PMID: 6210480.
- White A.A., Panjabi M.M. Clinical biomechanics of the spine, 2nd edn. Philadelphia, PA: J.B. Lippincott, 1990. 752 p.
- Benzel E.C. Biomechanics of spine stabilization. 2nd edn. Rolling Meadows, IL: AANS Publications, 2001. 568 p.
- Гринь А.А., Хорева Н.Е., Дзукаев Д.Н., Крылов В.В. Некоторые показатели оказания нейрохирургической помощи больным дегенеративными заболеваниями позвоночника в стационарах Департамента здравоохранения г. Москвы. В сб.: Здоровье столицы — 2009. VIII Московская ассамблея. Тез. докл. М.: Геос, 2009. С. 98–99. [Grin' A.A., Khoreva N.E., Dzukayev D.N., Krylov V.V. Some indicators of neurosurgical care to patients with degenerative spine diseases in hospitals of the Department of Health of Moscow. In: Health of the Capital — 2009. VIII Moscow Assembly. Abstracts of papers. Moscow: Geos, 2009. Pp. 98–99. (In Russ.)].
- Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Т. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. Хирургия позвоночника 2017;14(3):74–83. [Krut'ko A.V., Baykov E.S., Kononov N.A., Nazarenko A.G. Segmental spinal instability: unsolved problems. Khirurgiya pozvonochnika = Spine Surgery 2017;14(3):74–83. (In Russ.)]. DOI: 10.14531/ss2017.3.74–83.
- Cheh G., Bridwell K.H., Lenke L.G. et al. Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. Spine (Phila Pa 1976) 2007;32(20):2253–7. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b2d8e. PMID: 17873819.
- Chiang M.F., Zhong Z.C., Chen C.S. et al. Biomechanical comparison of instrumented posterior lumbar

- interbody fusion with one or two cages by finite element analysis. *Spine* 2006;31(19):E682–9. DOI: 10.1097/01.brs.0000232714.72699.8e. PMID: 16946641.
8. Saavedra-Pozo F.M., Deusdara R.A.M., Benzel E.C. Adjacent segment disease perspective and review of the literature. *Ochsner J* 2014;14(1):78–83. PMID: 24688337.
 9. Videbaek T.S., Egund N., Christensen F.B. et al. Adjacent segment degeneration after lumbar spinal fusion: the impact of anterior column support: a randomized clinical trial with an eight- to thirteen-year magnetic resonance imaging follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(22):1955–64. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e57269. PMID: 20959776.
 10. Lee C.S., Hwang C.J., Lee S.W. et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J* 2009;18(11):1637–43. DOI: 10.1007/s00586-009-1060-3. PMID: 19533182.
 11. Hilibrand A.S., Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J* 2004;4(6 Suppl): 190S – 4S. DOI: 10.1016/j.spinee.2004.07.007. PMID: 15541666.
 12. Levin D.A., Hale J.J., Bendo J.A. Adjacent segment degeneration following spinal fusion for degenerative disc disease. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2007;65(1):29–36. PMID: 17539759.
 13. 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. PMID: 2267608.
 14. Graf H. Evaluation of the therapeutic effect of the Graf stabilisation system. In: *Proceedings of the 2nd Annual Meeting of the European Spine Society*. Rome, 1991.
 15. Ahn Y.H., Chen W.M., Lee K.Y. et al. Comparison of the load-sharing characteristics between pedicle-based dynamic and rigid rod devices. *Biomed Mater* 2008;3(4):044101. DOI: 10.1088/1748-6041/3/4/044101. PMID: 19029615.
 16. Колесов С.В., Швец В.В., Колбовский Д.А. и др. Использование стержней из нитинола при фиксации пояснично-крестцового отдела позвоночника (перспективное рандомизированное клиническое исследование). *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова* 2014;(2):19–24. [Kolesov S.V., Shvets V.V., Kolobovskiy D.A. et al. Use of nitinol rods for lumbosacral spine fixation (prospective randomized clinical study). *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* = *Bulletin of Traumatology and Orthopedics n. a. N.N. Priorov* 2014;(2):19–24. (In Russ.)].
 17. Fu L., France A., Xie Y. et al. Functional and radiological outcomes of semi-rigid dynamic lumbar stabilization adjacent to single-level fusion after 2 years. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014;134(5):605–10. DOI: 10.1007/s00402-014-1961-4. PMID: 24563148.
 18. Jahng T.A., Kim Y.E., Moon K.Y. Comparison of the biomechanical effect of pedicle-based dynamic stabilization: a study using finite element analysis. *Spine J* 2013;13(1):85–94. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.11.014. PMID: 23266148.
 19. Li Z., Li F., Yu S. et al. Two-year follow-up results of the Isobar TTL Semi-Rigid Rod System for the treatment of lumbar degenerative disease. *J Clin Neurosci* 2013;20(3):394–9. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.02.043. PMID: 23266080.
 20. Huang W., Chang Z., Song R. et al. Non-fusion procedure using PEEK rod systems for lumbar degenerative diseases: clinical experience with a 2-year follow-up. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:53. DOI: 10.1186/s12891-016-0913-2. PMID: 26833360.
 21. Stoll T.M., Dubois G., Schwarzenbach O. The dynamic neutralization system for the spine: a multi-center study of a novel non-fusion system. *Eur Spine J* 2002;11Suppl 2:S170–8. DOI: 10.1007/s00586-002-0438-2. PMID: 12384741.
 22. Kaner T., Sasani M., Okenoglu T. et al. Minimum two-year follow-up of cases with recurrent disc herniation treated with microdiscectomy and posterior dynamic transpedicular stabilization. *Open Orthop J* 2010;4:120–5. DOI: 10.2174/1874325001004010120. PMID: 20448822.
 23. Waterworth R.F., Hunter I.A. An open study of diflunisal, conservative and manipulative therapy in the management of acute mechanical low back pain. *N Z Med J* 1985;98(779):372–5. PMID: 3157894.
 24. Chou R., Loeser J.D., Owens D.K. et al. Interventional therapies, surgery, and interdisciplinary rehabilitation for low back pain: an evidence-based clinical practice guideline from the American Pain Society. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34(10):1066–77. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a1390d. PMID: 19363457.
 25. Pfirrmann C.W., Metzger A., Zanetti M. et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine* 2001;26(17):1873–8. PMID: 11568697.
 26. Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire. Available at: http://www.rehab.msu.edu/_files/_docs/Oswestry_Low_Back_Disability.pdf
 27. Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg Am* 1971;53(5):891–903. PMID: 4326746.
 28. Kim K.T., Park S.W., Kim Y.B. Disc height and segmental motion as risk factors for recurrent lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34(24):2674–8. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4aaac. PMID: 19910771.
 29. Cobb J.R. Outline for the study of scoliosis. In: *The American Academy of Orthopaedic Surgeons. Instructional course lectures*. Vol. 5. Ann Arbor: J.W. Edwards, 1948. Pp. 261–275.
 30. Pathria M., Sartoris D.J., Resnick D. Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. *Radiology* 1987;164(1):227–30. DOI: 10.1148/radiology.164.1.3588910. PMID: 3588910.
 31. Modic M.T. Modic type 1 and type 2 changes. *J Neurosurg Spine* 2007;6(2):150–1. DOI: 10.3171/spi.2007.6.2.150. PMID: 17330582.
 32. Rao G., Brodke D.S., Rondina M. et al. Inter- and intraobserver reliability of computed tomography in assessment of thoracic pedicle screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28(22):2527–30. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092341.56793.F1. PMID: 14624089.
 33. Ozer A.F., Crawford N.R., Sasani M. et al. Dynamic lumbar pedicle screw-rod stabilization: two-year follow-up and comparison with fusion. *Open Orthop J* 2010;4:137–41. DOI: 10.2174/1874325001004010137. PMID: 20448815.
 34. Kurtz S.M., Devine J.N. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 2007; 28(32):4845–69. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2007.07.013. PMID: 17686513.
 35. Toth J.M., Wang M., Estes B.T. et al. Polyetheretherketone as a biomaterial for spinal applications. *Biomaterials* 2006;27(3):324–34. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2005.07.011. PMID: 16115677.
 36. Булатов А.В., Козлов Д.М., Крутько А.В., Ахметьянов Ш.А. Эффективность применения минимально инвазивных декомпрессио-стабилизирующих вмешательств в хирургическом лечении рецидивов болевого синдрома после операций на поясничном отделе позвоночника. *Хирургия позвоночника* 2014;(2):60–6. [Bulatov A.V., Kozlov D.M., Krut'ko A.V., Akhmetyanov Sh.A. Efficacy of minimally invasive decompression and stabilization in surgical treatment of recurrent pain after lumbar spine surgery. *Khirurgiya pozvonochnika* = *Spine Surgery* 2014;(2):60–6. (In Russ.)].
 37. Ponnappan R.K., Serhan H., Zarda B. et al. Biomechanical evaluation and comparison of polyetheretherketone rod system to traditional titanium rod fixation. *Spine J* 2009;9(3):263–7. DOI: 10.1016/j.spinee.2008.08.002. PMID: 18838341.

38. Cienciala J., Chaloupka R., Repko M., Krbec M. Dynamic neutralization using the Dynesys system for treatment of degenerative disc disease of the lumbar spine. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2010;77(3):203–8. PMID: 20619111.
39. De Iure F., Bosco G., Cappuccio M. et al. Posterior lumbar fusion by peek rods in degenerative spine: preliminary report on 30 cases. *Eur Spine J* 2012;21(Suppl 1):S50–4. DOI: 10.1007/s00586-012-2219-x. PMID: 22402841.
40. Qi L., Li M., Zhang S. et al. Comparative effectiveness of PEEK rods versus titanium alloy rods in lumbar fusion: a preliminary report. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(7):1187–93. DOI: 10.1007/s00701-013-1772-3. PMID: 23708088.

Вклад авторов

А.В. Булатов: получение данных для анализа, написание текста статьи;
 Д.А. Рзаев: разработка дизайна исследования, научное редактирование текста рукописи;
 В.С. Климов: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, научное редактирование текста рукописи;
 А.В. Евсюков: получение данных для анализа, обзор публикаций по теме статьи.

Authors' contributions

A.V. Bulatov: obtaining data for analysis, article writing;
 D.A. Rzaev: developing the research design, article scientific editing;
 V.S. Klimov: developing the research design, analysis of the obtained data, article scientific editing;
 A.V. Evsyukov: obtaining data for analysis, reviewing of publications on the article's theme.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.В. Булатов / A.V. Bulatov: <https://orcid.org/0000-0001-8019-6047>
 Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>
 В.С. Климов / V.S. Klimov: <https://orcid.org/0000-0002-9096-7594>
 А.В. Евсюков / A.V. Evsyukov: <https://orcid.org/0000-0001-8583-0270>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию своих данных.

Informed consent. All patients gave written informed consent to participate in the study and for the publication of their data.

Статья поступила: 23.03.2018. **Принята к публикации:** 04.07.2018.

Article received: 23.03.2018. **Accepted for publication:** 04.07.2018.