

## Опыт применения имплантируемой межкостистой системы COFLEX при хирургическом лечении компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов

Потапов В.Э.<sup>1</sup>, Кошкарёва З.В.<sup>1</sup>, Животенко А.П.<sup>1</sup>, Горбунов А.В.<sup>1</sup>, Сороковиков В.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия);

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Животенко Александр Петрович, e-mail: sivotenko1976@mail.ru

### Резюме

В работе представлен опыт хирургического лечения 58 пациентов с дискогенным пояснично-крестцовым радикулитом.

Целью хирургического лечения было устранение компрессии спинномозговых корешков грыжей диска с последующей стабилизацией позвоночно-двигательного сегмента имплантируемой межкостистой динамической системой COFLEX фирмы «Paradigm Spine».

Показаниями к хирургическому лечению были стойкий корешковый болевой синдром, некупируемый консервативными методами лечения, и диско-радикалярный конфликт в зоне заинтересованного позвоночно-двигательного сегмента, подтвержденный лучевыми методами исследования. В диагностике были использованы методы исследования: клинико-неврологический осмотр, обзорная и функциональная спондилография поясничного отдела позвоночника, компьютерная томография с контрастной миелографией, морфометрический и статистические методы исследования. Эффективность лечения оценена у 49 пациентов (84 % оперированных) через полтора года после операции. У всех пациентов отмечен полный регресс неврологического дефицита и удовлетворительное стояние имплантированной межкостистой динамической системы COFLEX в оперированном позвоночно-двигательном сегменте. Таким образом, использование имплантируемой динамической системы COFLEX при выше указанных показаниях является для оперирующих хирургов методом выбора, при котором предполагается сохранение функции заинтересованного позвоночно-двигательного сегмента.

**Ключевые слова:** дегенеративные поражения позвоночника, грыжи межпозвонкового диска, хирургическое лечение, межкостистая динамическая фиксация, система COFLEX

**Для цитирования:** Потапов В.Э., Кошкарёва З.В., Животенко А.П., Горбунов А.В., Сороковиков В.А. Опыт применения имплантируемой межкостистой системы COFLEX при хирургическом лечении компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(6): 54-59. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.8.

## The Experience of Using the Implantable Interspinous System COFLEX in the Surgical Treatment of Compression Forms of Lumbosacral Radiculitis

Potapov V.E.<sup>1</sup>, Koshkareva Z.V.<sup>1</sup>, Zhivotenko A.P.<sup>1</sup>, Gorbunov A.V.<sup>1</sup>, Sorokovikov V.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003, Russian Federation); <sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – a Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of Russia (Yubileiny 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

Corresponding author: Aleksandr P. Zhivotenko, e-mail: sivotenko1976@mail.ru

### Abstract

The paper presents the experience of surgical treatment of 58 patients with discogenic lumbosacral radiculitis. The aim of the surgical treatment was to eliminate the compression of the spinal roots of the herniated disc with the subsequent stabilization of the spinal-motor segment with implantable interspinous system COFLEX. Indications for surgical treatment were persistent radicular pain syndrome, which was not stopped by conservative methods of treatment, and disco-radicular conflict in the area of the interested vertebral-motor segment, confirmed by radiation research methods. In the diagnosis, the following research methods were used: clinical and neurological examination, survey and functional spondylography of the lumbar spine, computed tomography with contrast myelography, morphometric and statistical methods. The effectiveness of treatment was evaluated in 49 patients (84 % of operated) one and a half years after surgery. All patients showed complete regression of neurological deficit and satisfactory standing of the implanted interstitial dynamic system COFLEX in the operated vertebral-motor segment. Thus, the use of the implantable COFLEX dynamic system for the above indications is the choice method for operating surgeons, in which it is assumed that the function of the interested vertebral-motor segment is preserved.

**Key words:** degenerative lesions of the spine, hernias of the intervertebral disc, surgical treatment, interspinous dynamic fixation, COFLEX system

**For citation:** Potapov V.E., Koshkareva Z.V., Zhivotenko A.P., Gorbunov A.V., Sorokovikov V.A. The Experience of Using the Implantable Interspinous System COFLEX in the Surgical Treatment of Compression Forms of Lumbosacral Radiculitis. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(6): 54-59. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.8.

**АКТУАЛЬНОСТЬ**

На протяжении последнего десятилетия в лечении дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника достигнуты значительные успехи, связанные с развитием современных методов нейровизуализации позвоночника и внедрением в хирургическую практику целого спектра имплантируемых систем стабилизации позвоночника [1, 2, 3]. Реконструктивно-стабилизирующие хирургические вмешательства при дискогенных компрессионных формах пояснично-крестцового радикулита не утрачивают своей актуальности в современной нейроортопедии [1, 4, 5]. Дискогенная компрессия спинномозговых корешков в структуре компрессионных синдромов на поясничном уровне занимает по данным литературы до 80% случаев и нередко приводит к увеличению сроков нетрудоспособности и инвалидизации пациентов [3, 6, 7]. Предоперационное планирование больных с пояснично-крестцовым радикулитом является важным этапом в эффективности хирургической технологии для достижения положительного результата в лечении больных с данной патологией [4, 8].

Проведённый анализ литературных данных отечественных и зарубежных авторов показал, что стабилизация поражённого позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) является важнейшим компонентом патогенетически обоснованного хирургического лечения дегенеративных форм патологии позвоночника [2, 9].

Основными принципами предоперационного планирования являются: анатомически обоснованный малотравматический безопасный доступ к патологическому очагу, восстановление естественной анатомии позвоночника, визуально контролируемая декомпрессия нервных и сосудистых структур на уровне поражения, стабилизация ПДС или сегментов на уровне поражения с сохранением его функции [10, 11].

Целью хирургического лечения было устранение компрессии спинномозговых корешков грыжей диска с последующей стабилизацией позвоночно-двигательного сегмента имплантируемой межостистой динамической системой COFLEX фирмы «Paradigm Spine».

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основу работы составили 58 пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позво-

ночника, находившиеся на хирургическом лечении в отделении нейрохирургии ФГБНУ ИНЦХТ. Среди них было 18 женщин и 40 мужчин в возрасте от 17 до 63 лет. При клинико-неврологическом обследовании детализировался анамнез заболевания и жалобы пациентов, исследовался соматический и неврологический статус. Оценку клинико-неврологического статуса проводили по балльной шкале, предложенной в ИНЦХТ, где учитывали интенсивность болевого синдрома, симптомы натяжения (симптом Лассега), статодинамические расстройства, напряжение длинных мышц спины, работоспособность, вегетативные нарушения, невриты, невропатии.

Важное значение в планировании хирургической тактики уделяли инструментальным нейровизуализационным методам исследования позвоночника: обзорной и функциональной рентгенографии поясничного отдела позвоночника, компьютерной томографии (КТ), магниторезонансной томографии (МРТ) и КТ-миелографии (КТ-МГ). Особое место в исследовании позвоночного канала у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника принадлежит КТ-миелографии. Данное исследование позволило более точно детализировать уровень диско-радикулярного конфликта центрального и латерального каналов позвоночника в месте планируемого хирургического доступа, спланировать объём реконструктивного вмешательства на позвоночном канале. Исследование проводилось через 30 минут после введения контрастного вещества. Субарахноидальное распространение контрастного вещества позволило выявить нарушение взаимоотношений между стенками позвоночного канала и спинномозговыми корешками, установить деформацию подбололочечных ликворных пространств и их проходимость, произвести измерения среднесагиттального и интерпедикулярного размеров позвоночного канала.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Все 58 больных предъявляли жалобы на постоянную (больше 3 месяцев) боль в поясничной области, на боль в нижней конечности, иррадиирующую чаще по задней и реже по передней и боковой поверхностям бедра до стопы, на онемение пальцев стопы. Пациенты предъявляли жалобы на изолированную боль в голени или стопе,

*Таблица 1  
Балльная шкала оценки клинико-неврологического статуса исследованных пациентов в предоперационном периоде (n = 58)*

*The rating scale for the clinical and neurological status of the studied patients in the preoperative period (n = 58)*

| Баллы | Интенсивность болевого синдрома | Симптом натяжения (Лассега) | Статодинамические расстройства   | Напряжение длинных мышц спины (симптом Попелянского) | Работоспособность | Вегетативно-сосудистые симптомы (трофические) | Невриты, невропатии (моно-, би-, поли-) | Кол-во больных (n = 58) |
|-------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|-------------------|---|---|-------------------------|
| 1     | Небольшая, тупая, переходящая   | > 60                        | Нет                              | Незначительное                                       | Сохранена         | Нет   | Нет                                     | 8 (13,7 %)              |
| 2     | Умеренно выраженная, постоянная | < 60                        | Сглаженность поясничного лордоза | Умеренное  | Не сохранена      | Нет   | Нет Да                                  | 11 (18,9 %)             |
| 3     | Интенсивная, постоянная         | < 45                        | Наличие кифоза                   | Выраженное   | Не сохранена      | Нет Да  | Нет Да                                  | 26 (44,9 %)             |
| 4     | Резко выраженная, постоянная    | < 30                        | Сколиоз                          | Резко выраженное                                     | Не сохранена      | Нет Да  | Нет Да                                  | 13 (22,5 %)             |

онемение в паховой области. У всех больных в процессе обследования диагностирована клиника поражения корешка. Полученные данные клинико-неврологического исследования приведены в табл. 1.

При анализе полученных данных (табл. 1) отмечено преобладание пациентов, получивших 3 и 4 балла – 39 пациентов (67,4 %), что указывает на тяжесть клинических проявлений диско-радикулярного конфликта и является основанием для хирургического вмешательства.

Анализ МРТ-грамм и КТ-МГ-грамм показал у всех пациентов признаки дегенерации межпозвоночного диска и локализацию диско-радикулярного конфликта в позвоночном канале.

Выявлено, что субарахноидальные пространства позвоночного канала в зоне диско-радикулярного конфликта деформированы, проходимость контрастного вещества нарушена. Выявляются нарушения взаимоотношений между стенками позвоночного канала и спинномозговыми корешками. Морфометрические измерения позвоночного канала представлены в табл. 2.

В представленных данных отмечено отсутствие морфометрических показателей, указывающих на стенозирующий процесс позвоночного канала и дурального мешка и интраканального остео-неврального конфликта. Проведенный анализ спондилограмм (обзорные и функциональные) у исследованных пациентов исключил нестабильность ПДС на уровне диско-радикулярного конфликта. После проведенного клинико-диагностического обследования у всех 58 пациентов установлен клинический диагноз: поясничный остеохондроз, радикулоневрит корешка, грыжа межпозвоночного диска.

Всем пациентам проведено хирургическое вмешательство с применением миниинвазивной технологии из заднего доступа. После интерламинарного и трансламинарного доступов проводилось удаление жёлтой связки и фрагментов грыжи диска с частичным кюретажем полости диска и освобождением сдавленного корешка. Все операции завершены установкой имплантируемой межостистой динамической системой COFLEX. Межостистая фиксация на уровне ПДС L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> выполнена у 48 пациентов, L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub> – у 5, L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub> – 5 больным. Послеоперационный период протекал без осложнений. Заживление раны первичным натяжением.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Показаниями к проведению операции являлись: наличие стойкого болевого корешкового и вертеброгенного синдромов дегенеративного генеза, не купирующихся консервативными методами лечения; рентгенологически подтверждённый диско-радикулярный конфликт в заинтересованной зоне.

Задачами хирургического вмешательства являлись: малотравматичный (интерламинарный и трансламинарный) доступ к патологическому очагу, который позволял максимально сохранить анатомическую структуру элементов ПДС. Данные доступы проводились при срединных, заднебоковых и фораминальных грыжах МПД; сохранение опороспособности позвоночника; микрохирургическое удаление грыжи диска; профилактика эпидурального фиброза; задняя стабилизация оперированного сегмента динамической системой COFLEX.

Интерламинэктомия (37 пациентов) заключалась в иссечении только жёлтой связки без резекции краёв дужек позвонков и выполнялась на уровнях L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>, L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> и L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub>. В промежутке L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub> анатомически имеется достаточно широкий междузвужковый промежуток, что упрощало иссечение жёлтой связки. Разрез жёлтой связки выполнялся перпендикулярно её волокнам, косые же разрезы её могут спровоцировать ранение дурального мешка с последующей ликвореей. Чаше истончение жёлтой связки на уровне L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub> было выявлено при дисплазии позвоночника – *spina bifida* (12 пациентов). При иссечении жёлтой связки в области фасеток надо помнить, что безопасное место для разреза находится у нижнего края нижней фасетки, где имеется жировая прокладка между обеими фасетками. Выделение жёлтой связки начинали именно с этого места и направлялись вдоль медиального края фасеток к дужкам. На уровне L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub> интерламинэктомия обычно дополнялась аркотомией. При аркотомии производилась экономная резекция краёв одной или обеих дужек позвонков, преимущественно в латеральном направлении.

При грыжах парамедианной локализации (21 случай) была определена компрессия спинномозгового корешка в области корешково-дурального угла медиальной поверхности дурального мешка с выявлением эпидурального венозного полнокровия. В данном случае осуществлялся расширенный трансламинарный доступ,

*Морфометрические показатели позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника*

Таблица 2

*Morphometric indicators of the spinal canal in the lumbar spine*

Table 2

| Уровень           | Фронтальный размер (см)     |       | Сагиттальный размер (см)    |       |
|-------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                   | исследуемая группа (n = 58) | норма | исследуемая группа (n = 58) | норма |
| Th <sub>XII</sub> | 1,86 ± 0,09                 | 2,1   | 2,3 ± 0,02                  | 2,3   |
| L <sub>I</sub>    | 2,20 ± 0,08                 | 2,2   | 2,3 ± 0,07                  | 2,5   |
| L <sub>II</sub>   | 2,50 ± 0,07                 | 2,3   | 2,45 ± 0,09                 | 2,5   |
| L <sub>III</sub>  | 2,59 ± 0,18                 | 2,3   | 2,55 ± 0,09                 | 2,6   |
| L <sub>IV</sub>   | 2,65 ± 0,07                 | 2,5   | 2,76 ± 0,08                 | 2,8   |
| L <sub>V</sub>    | 2,88 ± 0,04                 | 2,7   | 2,8 ± 0,04                  | 3,0   |
| S <sub>I</sub>    | 2,78 ± 0,07                 | 2,7   | 2,76 ± 0,08                 | 2,8   |

который помимо удаления жёлтой связки предполагал частичную резекцию смежных поверхностей дужек, фасеток сустава на стороне компрессии с дополнительной фораминотомией. Указанный объём хирургического вмешательства позволял произвести радикальное удаление грыжи диска, освободить одноимённый спинномозговой корешок и сохранить венозную систему позвоночного канала.

Профилактику послеоперационного рубцово-спаечного процесса осуществляли путём выбора малоинвазивного доступа к патологическому очагу, тщательного гемостаза, щадящего отношения к структурам позвоночного канала. У 21 пациента использовалась технология «укутывания» дурального мешка и части спинномоз-

гового корешка после декомпрессии и радикулолиза пластиной Neuro-Patch.

Всем пациентам без технических трудностей согласно методике установлена имплантируемая межкостистая динамическая система COFLEX. Техника имплантации системы межкостистой динамической стабилизации ПДС достаточно проста и не отражается на продолжительности операции. Технология установки позволяет расположить имплант нужных размеров на уровне фасеточных суставов близко к анатомическому центру вращения. Сустав разгружается, фораминальная высота межпозвоночного отверстия восстанавливается и сохраняется благодаря жёсткости импланта. Соблюдая рекомендации фирмы-изготовителя при хирургической установке систем

Таблица 3  
Балльная шкала оценки клинико-неврологического статуса у исследованных пациентов через 8–10 суток после операции (n = 58)

Clinical scale for assessing the clinical and neurological status in the studied patients 8–10 days after surgery (n = 58)

| Баллы | Интенсивность болевого синдрома   | Симптом натяжения (Лассега) | Статодинамические расстройства   | Напряжение длинных мышц спины (симптом Попелянского) | Работоспособность | Вегетативно-сосудистые симптомы (трофические) | Невриты, невропатии (моно, би, поли) | Кол-во больных n = 58 |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|-------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|
| 1     | Небольшая, тупая боль, преходящая | > 60                        | Нет                              | Незначительное                                       | Сохранена         | Нет   | Нет                                  | 38                    |
| 2     | Умеренно выраженная, постоянная   | < 60                        | Сглаженность поясничного лордоза | Умеренное  | Не сохранена      | Нет   | Нет Да                               | 11                    |
| 3     | Интенсивная боль, постоянная      | < 45                        | Наличие кифоза                   | Выраженное   | Не сохранена      | Нет Да  | Нет Да                               | 9                     |
| 4     | Резко-выраженная боль, постоянная | < 30                        | Сколиоз                          | Резко выраженное                                     | Не сохранена      | Нет Да  | Нет Да                               | –                     |

Таблица 4  
Динамика клинико-неврологических показателей у пациентов до и после операции

The dynamics of clinical and neurological parameters in patients before and after the surgery

| Клинико-неврологические показатели      | До операции (n = 58) | 6 месяцев после операции (n = 16) | 18 месяцев после операции (n = 33) |
|---|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Вертеброгенный синдром</b>           | 58                   | 6                                 | 7                                  |
| <b>Нарушение чувствительности:</b>      |                      |                                   |                                    |
| гипестезия                              | 46                   | 3                                 | 2                                  |
| анестезия                               | 7                    | –                                 | –                                  |
| гиперестезия                            | 2                    | –                                 | –                                  |
| парестезия                              | 3                    | –                                 | –                                  |
| <b>Снижение силы мышц н/конечности:</b> |                      |                                   |                                    |
| слабость мышц бедра, голени             | 4                    | –                                 | –                                  |
| слабость мышц стопы                     | 35                   | –                                 | –                                  |
| парез мышц разгибателей стопы           | 12                   | –                                 | –                                  |
| <b>Нарушение рефлексов:</b>             |                      |                                   |                                    |
| брюшные                                 | 3                    | –                                 | –                                  |
| коленные                                | 12                   | 5                                 | 3                                  |
| ахилловы                                | 36                   | 8                                 | 13                                 |
| <b>Симптомы натяжения</b>               | 51                   | 3                                 | 7                                  |
| <b>Тазовые нарушения</b>                | 3                    | –                                 | –                                  |



стабилизации не было получено ни одного осложнения, все импланты на контрольных рентгенограммах были стабильны, признаков несостоятельности или паравертбральной миграции имплантов не выявлено.

Полученные данные исследования клинично-неврологического статуса в послеоперационном периоде приведены в табл. 3.

По результатам раннего послеоперационного периода отмечена значительная положительная динамика в клинично-неврологическом статусе в виде преобладания пациентов с 1 баллом (38 пациентов) и 2 баллами (11 пациентов).

Оценка эффективности хирургического лечения с изучением клинично-неврологических показателей проведена через 6 месяцев (16 пациентов) и 18 месяцев (33 больных) после операции (табл. 4).

Анализ динамики клинично-неврологических показателей у 49 пациентов выявил полный регресс неврологического дефицита (отсутствие болевого синдрома, нарушений чувствительности, восстановление силы мышц голени и стопы), с сохранением нарушений сухожильных рефлексов (коленных и ахилловых) резидуального характера с тенденцией уменьшения частоты встречаемости. В катамнезе проведён анализ спондилограмм у 49 пациентов с выявлением у всех оперированных пациентов удовлетворительного состояния имплантируемой межостистой системы COFLEX.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при применении хирургической технологии, направленной на устранение диско-радикулярного конфликта, необходимо включать этап имплантации межостистой динамической системы COFLEX, что позволит обеспечивать динамическую стабилизацию позвоночно-двигательного сегмента без спондилодеза. Для клиницистов озвученная хирургическая технология является методом выбора. При анализе полученных результатов в катамнезе (49 пациентов) выявлена высокая эффективность в виде регресса неврологических нарушений в 100 % случаев. Имплантация указанной конструкции безопасна, технически проста и не предполагает разрушения каких-либо анатомических структур позвоночника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адельт Д., Рашдорф К.И. Лечение стеноза позвоночного канала с использованием динамического межостистого имплантата «Кофлекс»: результаты 154 наблюдений. *Хирургия позвоночника*. 2006; (3): 88-89.
2. Caserta S, La Maida GA, Misaggi B, Peroni D, Pietrabissa R, Raimondi M, Redaelli A. Elastic stabilization alone or combined with rigid fusion in spinal surgery: a biomechanical study and clinical experience based on 82 cases. *Eur Spine J*. 2002; 11(2): S192-S197. doi: 10.1007/s00586-002-0426-6
3. Lee J, Hida K, Seki T, et al. An interspinous process distractor (X STOP) for lumbar stenosis in elderly patients: preliminary experiences in 10 consecutive cases. *J Spinal Disord Tech*. 2004; 17: 72-77.
4. Симонович А.Е., Маркин С.П., Байкалов А.А., Храпов Д.В. Лечение дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника с использованием межостистых динамических имплантатов COFLEX и DIAM. *Хирургия позвоночника*. 2007; (1): 21-28.
5. Lin HM, Liu CL, Pan YN, Huang CH, Shih SL, Wei SH, Chen CS. Biomechanical analysis and design of a dynamic spinal fixator using topology optimization: a finite element analysis.

*Med Biol Eng Comput*. 2014; 52(5): 499-508. doi: 10.1007/s11517-014-1154-x

6. Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Швец В.В., Ветрилэ М.С. Первый опыт применения межостистых стабилизирующих имплантатов при оперативном лечении остеохондроза пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вестн. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова*. 2006; (2): 45-50.

7. Markwalder TM, Wenger M. Dynamic stabilization of lumbar motion segments by use of Graf's ligaments: results with an average follow-up of 7.4 years in 39 highly selected, consecutive patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 2003; 145: 209-214.

8. Gardner A, Pande KC. Graf ligamentoplasty: a 7-year follow-up. *Eur Spine J*. 2002; 11(Suppl 2): S157-S163. DOI: 10.1007/s00586-002-0436-4

9. Schiavone AM, Pasquale G. The use of disc assistance prostheses (Diam) in degenerative lumbar pathology: Indications, technique, and results. *Ital J Spinal Disord*. 2003; 3: 213-220.

10. Stoll TM, 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; 11(Suppl 2): 170-178. doi: 10.1007/s00586-002-0438-2

11. Christie SD, Song JK, Fessler RG. Dynamic interspinous process technology. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30(16 Suppl): S73-S78.

12. Tsai K-J, Murakami H, Lavery GL, et al. A biomechanical evaluation of an interspinous device (coflex device) used to stabilize the lumbar spine. *Paradigm Spine J*. 2006; 1.

#### REFERENCES

1. Adelt D, Rashdorf KI. Treatment of spinal canal stenosis using the COFLEX dynamic interspinous implant: results of 154 observations. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2006; (3): 88-89. (In Russ.)
2. Caserta S, La Maida GA, Misaggi B, Peroni D, Pietrabissa R, Raimondi M, Redaelli A. Elastic stabilization alone or combined with rigid fusion in spinal surgery: a biomechanical study and clinical experience based on 82 cases. *Eur Spine J*. 2002; 11(2): S192-S197. doi: 10.1007/s00586-002-0426-6
3. Lee J, Hida K, Seki T, et al. An interspinous process distractor (X STOP) for lumbar stenosis in elderly patients: preliminary experiences in 10 consecutive cases. *J Spinal Disord Tech*. 2004; 17: 72-77.
4. Simonovich AE, Markin SP, Baykalov AA, Khrapov DV. Treatment of degenerative lesions of the lumbar spine with the use of COFLEX and DIAM interspinous dynamic implants. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2007; (1): 21-28. (In Russ.)
5. Lin HM, Liu CL, Pan YN, Huang CH, Shih SL, Wei SH, Chen CS. Biomechanical analysis and design of a dynamic spinal fixator using topology optimization: a finite element analysis. *Med Biol Eng Comput*. 2014; 52(5): 499-508. doi: 10.1007/s11517-014-1154-x
6. Mironov SP, Vetrile ST, Shvets VV, Vetrile MS. The first experience with the use of interspinous stabilizing implants in the surgical treatment of osteochondrosis of the lumbosacral spine. *Vestn. travmatol. i ortoped. im. N.N. Priorova*. 2006; (2): 45-50. (In Russ.)
7. Markwalder TM, Wenger M. Dynamic stabilization of lumbar motion segments by use of Graf's ligaments: results with an average follow-up of 7.4 years in 39 highly selected, consecutive patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 2003; 145: 209-214.
8. Gardner A, Pande KC. Graf ligamentoplasty: a 7-year follow-up. *Eur Spine J*. 2002; 11(Suppl 2): S157-S163. DOI: 10.1007/s00586-002-0436-4
9. Schiavone AM, Pasquale G. The use of disc assistance prostheses (Diam) in degenerative lumbar pathology: Indications, technique, and results. *Ital J Spinal Disord*. 2003; 3: 213-220.
10. Stoll TM, 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; 11(Suppl 2): 170-178. doi: 10.1007/s00586-002-0438-2

11. Christie SD, Song JK, Fessler RG. Dynamic interspinous process technology. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30(16 Suppl): S73-S78.
12. Tsai K-J, Murakami H, Lavery GL, et al. A biomechanical evaluation of an interspinous device (coflex device) used to stabilise the lumbar spine. *Paradigm Spine J*. 2006; 1

#### Сведения об авторах

**Потапов Виталий Энгельсович** – кандидат медицинских наук, заведующий нейрохирургическим отделением, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: pva454@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Кошкарёва Зинаида Васильевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», <http://orcid.org/0000-0002-4387-5048>

**Животенко Александр Петрович** – младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: sivotenko1976@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Горбунов Анатолий Владимирович** – врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Сороковиков Владимир Алексеевич** – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, <http://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

#### Information about the authors

**Vitaliy E. Potapov** – Cand. Sc. (Med.), Head of Neurosurgical Unit, Leading Research Officer at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: pva454@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Zinaida V. Koshkareva** – Cand. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, <http://orcid.org/0000-0002-4387-5048>

**Aleksandr P. Zhivotenko** – Research Officer at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: sivotenko1976@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Anatoly V. Gorbunov** – Neurosurgeon of Neurosurgical Unit, Research Officer at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Vladimir A. Sorokovikov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Head of the Department of Traumatology, Orthopedy and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, <http://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

Статья получена: 29.04.2019. Статья принята: 2.09.2019. Статья опубликована: 26.12.2019.

Received: 29.04.2019. Accepted: 2.09.2019. Published: 26.12.2019.