



ЭПИДУРАЛЬНЫЙ ФИБРОЗ И ЕГО РОЛЬ В СТРУКТУРЕ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ

А.П. Животенко¹, В.А. Сороковиков^{1,2}, С.Н. Ларионов¹, И.А. Шурыгина¹

¹Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Иркутск, Россия;

²Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Иркутск, Россия

Цель исследования. Многофакторная оценка риска интраоперационного повреждения твердой мозговой оболочки (ТМО) у пациентов, перенесших первичные и повторные вмешательства на поясничном отделе позвоночника.

Материал и методы. Проведен ретроспективный сравнительный анализ данных двух групп пациентов, перенесших повторное ($n = 144$) и первичное ($n = 153$) хирургическое лечение по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Все операции выполняли два опытных хирурга с использованием стандартного заднего доступа, интраоперационной флюороскопии, микрохирургической техники и бинокулярного увеличения. Анализировали интраоперационные (наличие спаек, повреждение ТМО, продолжительность операции, кровопотеря, доступ, стабилизация) и клинично-anamnestические (пол, возраст, индекс массы тела, диагноз, гемотрансфузия, ревизии) данные. Повреждение ТМО оценивали интраоперационно, при ревизии и по данным МРТ. Статистический анализ проводили с применением модели бинарной логистической регрессии.

Результаты. При повторных операциях эпидуральный фиброз встречался у 92,36 % пациентов, что значимо повышало риск повреждения ТМО в сравнении с первичными вмешательствами (15,2 % против 1,9 %; $p < 0,001$). Согласно многофакторному анализу, объем хирургического доступа не оказывает статистически значимого влияния на повреждение ТМО, наличие фиброза увеличивает риск повреждения в 4 раза, тогда как стабилизация позвоночника снижает его в 6 раз. Влияние времени операции на риск повреждения ТМО статистически не доказано. Основное ограничение исследования — недостаточный послеоперационный МРТ-скрининг, что может привести к недооценке частоты осложнений.

Заключение. Эпидуральный фиброз — ключевой фактор риска повреждения ТМО при ревизионных операциях. Его профилактика является острой проблемой хирургии дорсопатий поясничного отдела позвоночника.

Ключевые слова: повреждение твердой мозговой оболочки; осложнения; эпидуральный фиброз; синдром неудачно оперированного позвоночника; повторные хирургические вмешательства; ревизионная хирургия.

Для цитирования: Животенко А.П., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Шурыгина И.А. Эпидуральный фиброз и его роль в структуре осложнений при повторных оперативных вмешательствах на поясничном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 79–88. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.79-88>

EPIDURAL FIBROSIS AND ITS ROLE IN THE STRUCTURE OF COMPLICATIONS IN REPEATED SURGICAL INTERVENTIONS ON THE LUMBAR SPINE

A.P. Zhivotenko¹, V.A. Sorokovikov^{1,2}, C.N. Larionov¹, I.A. Shurygina¹

¹Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia;

²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Irkutsk, Russia

Objective. To conduct a multifactorial assessment of the risks of intraoperative damage to the dura mater (DM) in patients who underwent primary and repeated interventions on the lumbar spine.

Material and Methods. A retrospective comparative analysis of data from two groups of patients who underwent repeated ($n = 144$) and primary ($n = 153$) surgery for degenerative diseases of the lumbar spine was conducted. All surgeries were performed by two experienced surgeons using a standard posterior approach, intraoperative fluoroscopy, microsurgical techniques and binocular magnification. Intraoperative (presence of adhesions, damage to the dura mater, duration of surgery, blood loss, approach and stabilization) and clinical and anamnestic data (gender, age, body mass index, diagnosis, blood transfusion and revisions) were analyzed. Damage to the dura mater was assessed intraoperatively, during revision and based on MRI data. Statistical analysis was performed using the binary logistic regression model.

Results. In repeated surgeries, epidural fibrosis was observed in 92.36% of patients, which significantly increased the risk of dura mater injury as compared to primary surgeries (15.2% vs. 1.9%; $p < 0.001$). According to multivariate analysis, the extent of surgical access does not have a statistically significant effect on dura mater injury. The presence of fibrosis increases the risk of injury by 4 times, while spine stabilization reduces it by 6 times. The effect of surgery duration on the risk of dura mater injury was not statistically proven. The main limitation of the study is the insufficient postoperative MRI screening, which may lead to the underestimation of the incidence of complications.

Conclusion. Epidural fibrosis is a key risk factor for damage to the dura mater during revision surgery. Its prevention is a pressing issue in surgery for lumbar spine dorsopathies.

Key Words: damage to the dura mater; complications; epidural fibrosis; failed back surgery syndrome; repeated surgical interventions; revision surgery.

Please cite this paper as: Zhivotenko AP, Sorokovikov VA, Larionov SN, Shurygina IA. Epidural fibrosis and its role in the structure of complications in repeated surgical interventions on the lumbar spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(3):79–88. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.79-88>

Оперативные вмешательства у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника всегда сопряжены с рисками ревизионной хирургии и рецидивом болевых синдромов [1–4]. Эффективность первичных операций редко превышает 50 %, причем рецидив боли у повторно оперированных пациентов связан с эпидуральным фиброзом, выявляемым в 95,6 % случаев при эпидуроскопии, тогда как при традиционной МРТ он обнаруживается лишь в 16,1 % случаев [5–7]. Различия результатов интроскопических технологий и видеомониторинга подтверждают Dessouky et al. [8], согласно которым широкое внедрение новых диагностических методик, таких как магнитно-резонансная нейрорафия (МРН), у 40–67 % пациентов приводит к улучшению исходов лечения за счет изменения тактики лечения и, соответственно, снижения частоты повторных операций. В свою очередь, Amirdelfan et al. [9] показали ограниченную эффективность как фармакотерапии, так и повторных хирургических вмешательств при синдроме неудачно оперированного позвоночника (СНОП). В отличие от них, активная реабилитация и стимуляционные методы демонстрируют лучшие результаты [6, 10, 11]. Так, стимуляция спинного мозга превосходит по долгосрочному эффекту как медикаментозное лечение, так и ревизионные операции [11]. Не менее важно, что ревизионные вмешательства не только снижают удовлетворенность пациентов, но и повышают риск интраоперационных осложнений, что связано с техническими сложностями, вызванными эпидуральным фиброзом, который затрудняет доступ к оперируемой зоне и увеличивает травматичность процедур.

Авторы настоящей работы ранее опубликовали данные ретроспективного анализа частоты и структуры осложнений у пациентов, оперированных повторно и первично [12]. Недостатком работы являлась несопоставимость групп по хирургической технике, что потребовало расширенной и дополнительной статистической обработки материала для определения силы влияния и взаимосвязи ключевых факторов риска повреждения твердой мозговой оболочки (ТМО). В связи с этим в дополнительно проведенном анализе поставлена цель количественно оценить отношение шансов (ОШ) для каждого ключевого фактора в собственном массиве данных с использованием модели бинарной логистической регрессии.

Цель исследования – многофакторная оценка риска интраоперационного повреждения ТМО у пациентов, перенесших первичные и повторные вмешательства на поясничном отделе позвоночника.

Материал и методы

Дизайн исследования – ретроспективное сравнение двух групп пациентов с оцениваемыми параметрами, перенесших хирургическое вмешательство по поводу дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника (рис. 1). Исследование охватило 144 пациента, повторно оперированных в 2010–2020 гг., и 153 пациента с первичными вмешательствами, выполненными в 2015 г. Операции проводили два опытных хирурга с использованием заднего доступа к позвоночному каналу с интраоперационным флюороскопическим контролем, декомпрессией позвоночного канала под бинокулярной оптикой

с 3,5-кратным увеличением и использованием микрохирургического инструментария и электронно-оптического преобразователя при установке транспедикулярных винтов.

Из медицинской документации извлекли следующие параметры:

- интраоперационные показатели: по операционным журналам отмечали указания на наличие рубцово-спаечных изменений в эпидуральном пространстве, факты нарушения целостности ТМО, длительность вмешательства, объем кровопотери, вид хирургического доступа к позвоночному каналу (трансламинарный, гемиламинэктомия, ламинэктомия), применение стабилизирующих транспедикулярных систем фиксации или их отсутствие;

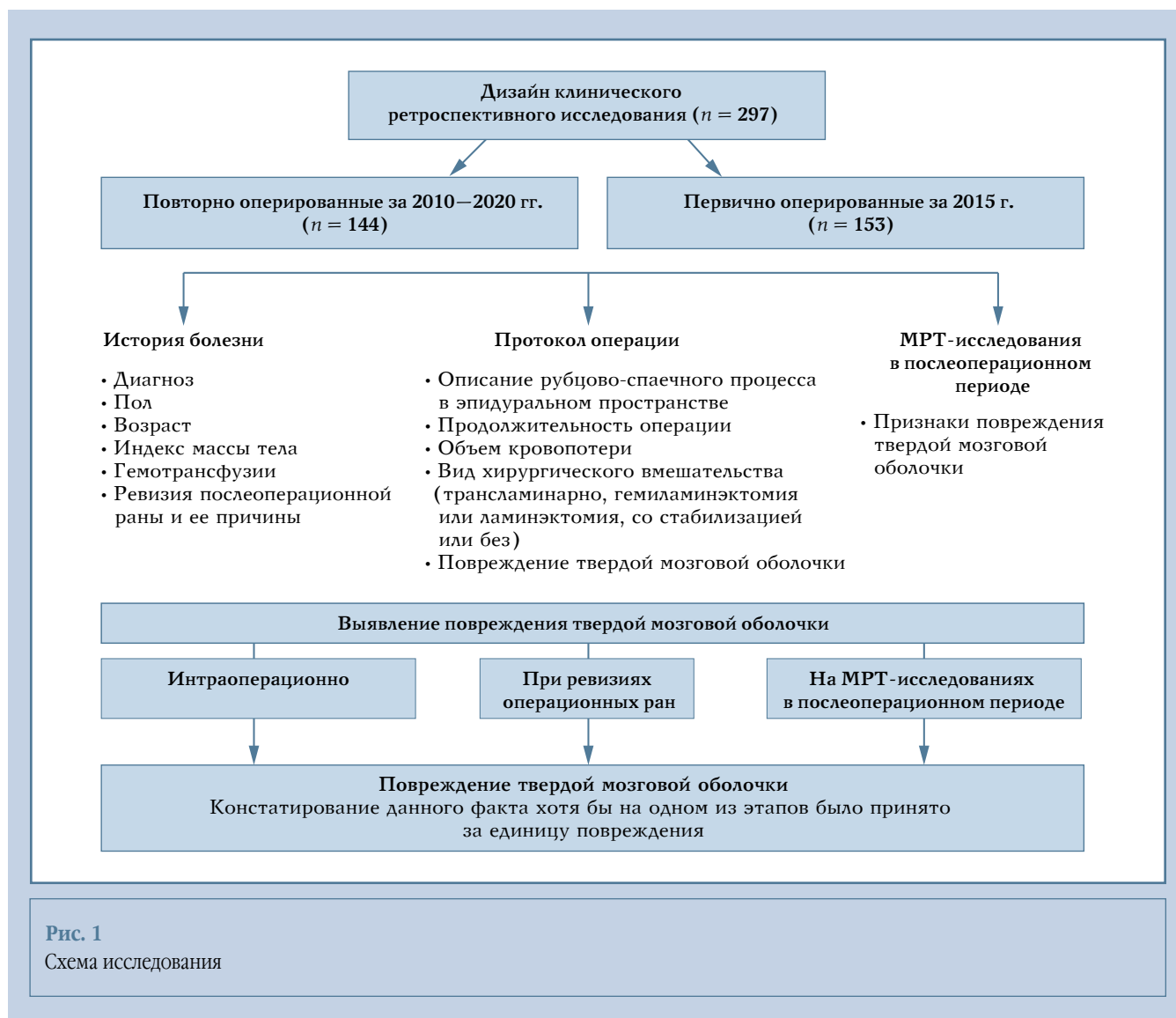
- клиничко-анамнестические данные: пол, возраст, индекс массы тела (ИМТ), нозологическая форма заболевания, использование гемотрансфузии, причины ревизии послеоперационной раны;

- МРТ-исследования в послеоперационном периоде: проводилась оценка МРТ-признаков повреждения ТМО.

Из базы данных клиники Иркутского научного центра хирургии и травматологии ретроспективно отобрали МРТ-исследования пациентов, проходивших рекомендованное плановое амбулаторное наблюдение после выписки из стационара, с использованием их идентификационных данных (ФИО и дата рождения).

Повреждение ТМО фиксировали на трех этапах – интраоперационно, при ревизии раны или по результатам послеоперационной МРТ-визуализации. Подтвержденным считалось наличие факта повреждения на любом из этих этапов.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Иркутско-



го научного центра хирургии и травматологии (протокол № 1 от 22.01.2019).

Статистический анализ. Статистическую обработку проводили при помощи программы Statistica 10.0. Данные представлены в виде количественного и процентного соотношения, среднего значения, стандартного отклонения ($M \pm SD$) и медианой (25; 75) в группах. Различия между группами оценивали с использованием коэффициента Пирсона χ^2 и по критерию Манна – Уитни (U -критерий). Провели многофакторный анализ с использованием модели бинарной логистической регрессии с оценкой риска повреждения ТМО при вмешивающихся факторах в группах пациентов, прооперированных

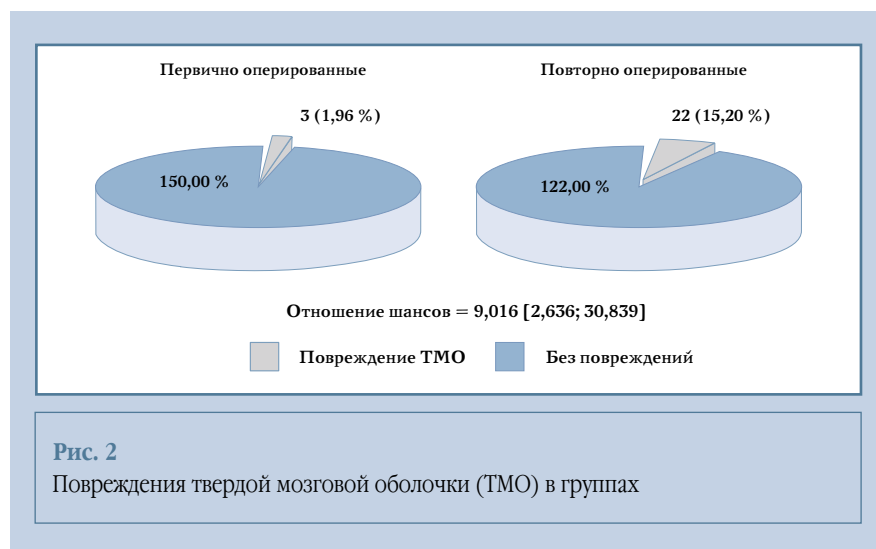
повторно и первично. Модели построены с помощью языка программирования R версии 4.3.3 в программе RStudio версии 2023.12.1 Build 402.

Результаты

При сравнении показателей анализируемых групп установлена их сопоставимость по полу и возрасту, однако отмечены отличия по нозологическим формам дегенеративной патологии: у повторно оперированных пациентов преобладал дегенеративный стеноз позвоночного канала (код по МКБ-10 M99.0, M99.5, M48.0), в то время как у оперированных первично – грыжа межпозвонкового диска (M51.1).

Повторные операции характеризовались значительно более высокой частотой интраоперационного эпидурального фиброза (92,36 %) и повреждений ТМО (15,2 %) по сравнению с первичными (1,9 %). Кроме того, повторные операции сопровождалась увеличением продолжительности хирургического вмешательства, объема кровопотери и, как следствие, более частыми гемотрансфузиями. Статистический анализ ($p < 0,001$) подтвердил значимые различия в частоте повреждений ТМО (рис. 2).

Статистически значимых различий в частоте ревизионных операций при сравнении групп не выявлено ($p = 0,409$): ревизия потребовалась



8,33 % (12 из 144) пациентов с повторными операциями и 5,88 % (9 из 153) – с первичными. В то же время различия между группами отмечены в профиле причин таких операций: в группе повторно оперированных, помимо гематом (50,00 %; 6 случаев), зафиксированы ликворея (16,67 %; 2 случая), псевдоменингоцеле (16,67 %; 2 случая) и нагноение раны (16,67%; 2 случая), тогда как в группе первично оперированных преобладали гематомы (77,78 %; 7 случаев) и необходимость дополнительной декомпрессии с коррекцией фиксации (22,22 %; 2 случая).

Поскольку повторные операции более травматичны, чем первичные, пациенты были разделены на подгруппы для нивелирования разницы между

сопоставляемыми группами. Разделение проводили по виду хирургического доступа (трансламинарный, гемиламинэктомия или ламинэктомия) и наличию/отсутствию использования стабилизирующих транспедикулярных систем позвоночника во время оперативного вмешательства.

При анализе данных по инструментальной стабилизации позвоночника установлено различие групп по частоте применения изолированных систем транспедикулярной фиксации (ТПФ) при отсутствии различий по частоте комбинации ТПФ и кейджа: так, при повторных и первичных операциях ТПФ проведена в 106 и 136 (73,61 % и 88,89 %) случаях соответственно ($p < 0,0001$),

в то время как ТПФ с кейджем – в 34 и 57 (32,08 % и 41,91 %) операциях ($p = 0,1171$). В связи с этими результатами сформирована подгруппа «стабилизация». Дальнейший анализ проводили для выявления различий между этими подгруппами по следующим параметрам: объем интраоперационной кровопотери, продолжительность хирургического вмешательства и частота повреждения ТМО. Статистический анализ продемонстрировал достоверные различия ($p < 0,001$) для пациентов со стабилизацией позвоночника по всем исследуемым параметрам. Также выявлены значимые различия в подгруппах с гемиламинэктомией и ламинэктомией (табл. 1, 2).

На основании полученных данных можно заключить, что эпидуральный фиброз как частое следствие перенесенных хирургических вмешательств следует рассматривать в качестве важного предиктора осложнений повторных операций, включая интраоперационное повреждение ТМО, увеличение продолжительности вмешательства и объема кровопотери. Во время повторных операций повреждение ТМО было зафиксировано в 16 случаях. В двух из четырех случаев ревизионных вмешательств возникшие дефекты ТМО не были диагностированы интраоперационно, что привело к формированию псевдоменингоцеле. Анализ данных послео-

Таблица 1

Объем кровопотери, продолжительность операции и повреждение твердой мозговой оболочки в подгруппах пациентов со стабилизацией и без стабилизации

Параметры	Стабилизация		p	Без стабилизации		p
	повторно оперированные ($n = 106$)	первично оперированные ($n = 136$)		повторно оперированные ($n = 38$)	первично оперированные ($n = 17$)	
Кровопотеря, мл	352,50 ± 269,50 250 [150; 500]	191,18 ± 134,56 200 [100; 200]	<0,000 ²	241,32 ± 216,36 150 [150; 300]	155,88 ± 160,94 50 [100; 200]	0,035 ²
Время операции, мин	137,40 ± 48,00 132 [100; 160]	100,00 ± 23,89 95 [80; 115]	<0,001 ²	82,89 ± 25,62 75 [60; 100]	65,88 ± 21,52 60 [55; 65]	0,009 ²
Повреждение твердой мозговой оболочки, n (%)	15 (14,15)	2 (1,60)	<0,001 ¹	7 (18,42)	1 (5,88)	0,192 ¹

¹ Коэффициент Пирсона χ^2 ; ² критерий Манна – Уитни (U -test).

Таблица 2
Объем кровопотери, продолжительность операции и повреждение твердой мозговой оболочки в подгруппах гемиламинэктомии, ламинэктомии и трансламинарного доступа

Параметры	Гемиламинэктомия		<i>p</i>	Ламинэктомия		<i>p</i>	Трансламинарный доступ		<i>p</i>
	повторно оперированные (<i>n</i> = 41)	первично оперированные (<i>n</i> = 85)		повторно оперированные (<i>n</i> = 93)	первично оперированные (<i>n</i> = 58)		повторно оперированные (<i>n</i> = 10)	первично оперированные (<i>n</i> = 10)	
Кровопотеря, мл	232,9 ± 191,9 150 [150; 200]	170,00 ± 136,54 150 [100; 200]	0,026 ²	380,9 ± 278,4 300 [200; 500]	230,2 ± 133,8 200 [150; 250]	<0,001 ²	155 ± 130,1 125 [100; 150]	85 ± 78,35 50 [50; 100]	0,045 ²
Время операции, мин	88,65 ± 28,12 85 [75; 100]	91,41 ± 21,71 85 [75; 100]	0,32 ²	142,6 ± 48 140 [110; 160]	109 ± 24,7 105 [90; 125]	<0,001 ²	82 ± 23,83 85 [70; 90]	63,5 ± 24,84 57,5 [50; 60]	0,064 ²
Повреждение твердой мозговой оболочки, <i>n</i> (%)	5 (12,2)	2 (2,4)	0,024 ¹	17 (18,28)	0	<0,001 ¹	0	1 (10)	0,305 ¹

¹ Коэффициент Пирсона χ^2 ; ² критерий Манна – Уитни (*U*-test).

перационных МРТ выявил признаки повреждения ТМО у шести пациентов, перенесших повторные операции. Особый интерес представляют 2 случая: несмотря на ревизию раны, выполненную ранее по поводу гематомы, интраоперационно дефекты ТМО не были обнаружены, однако на МРТ визуализировалось радикулоцеле (рис. 3). Полученные результаты подтверждают статистически значимую ассоциированность повторных операций с повышенным риском повреждения ТМО ($p < 0,001$).

Основным ограничением исследования явилось отсутствие системного послеоперационного МРТ-скрининга. Контрольные МРТ-исследования выполнены лишь у части пациентов после повторных и первичных операций – 49 и 36 (34,03 % и 23,53 %)

соответственно. Отсутствие статистически значимых различий между группами ($p = 0,405$) позволило прогнозировать вероятность повреждения ТМО при расширении МРТ-мониторинга. Из 297 случаев интраоперационно повреждение ТМО зафиксировано в 19, тогда как среди 85 послеоперационных МРТ признаки дефекта выявлены в 6 случаях. Расчеты продемонстрировали, что по данным МРТ общая вероятность повреждения ТМО составила 7,06 % (≈ 15 пациентов): 0,00 % в группе первичных операций; 12,24 % (≈ 12 пациентов) – в группе повторных.

Также существенным ограничением исследования явилась невозможность анализа протяженности и степени эпидурального фиброза из-за отсутствия предоперационных



Рис. 3

МРТ в аксиальной, сагитальной и фронтальной проекциях в T2-взвешенном изображении: стрелкой показано радикулоцеле

МРТ-данных, даже с учетом ограниченной чувствительности и специфичности этого метода верификации фиброза [7, 8], а также из-за недостаточной детализации информации в операционных журналах и анализируемых ретроспективных данных.

В связи с оцененными ограничениями достоверности дополнительно провели многофакторный анализ с использованием модели бинарной логистической регрессии с оценкой риска повреждения ТМО при вмешивающихся факторах в группах пациентов, оперированных повторно и первично.

При бинарном отклике (в нашем случае повреждение ТМО является бинарным и принимает два значения: 0 – повреждение отсутствует, 1 – повреждение есть) для исследования влияния факторов на отклик используют модели логистической регрессии. Регрессионной моделью называют уравнение, в котором зависимая переменная представлена в виде функции от независимых переменных (факторов, предикторов). Модель логистической регрессии отличается от регрессионной модели тем, что для нее используется трансформация регрессионного уравнения с помощью логистической функции. Это делается, чтобы в качестве отклика можно было получать только два значения: 0 и 1.

Логистическая регрессия предсказывает не конкретное число, а вероятность того, что событие произойдет. Чтобы превратить эту вероятность в четкий ответ «да» (1) или «нет» (0), используют порог отсечения. Если вероятность больше 50 % – ответ «да», меньше – «нет». Чтобы понять, насколько сильно каждый фактор влияет на вероятность, используют ОШ. Таким образом, ОШ – это простой и понятный способ измерить силу и направление влияния каждого фактора на интересующий нас исход.

Поставлена задача исследовать связь повреждения ТМО и сопутствующих факторов, таких как наличие рубца, объем операции (вид доступа в позвоночный канал), наличие стабилизации, продолжительность

операции. Особенностью признаков «наличие рубца» и «наличие стабилизации» является их дихотомический характер – выполнена регистрация значений признаков на двух уровнях: 0 и 1. Признак объема операции является категориальным признаком и может принимать три значения: 0 – гемиламинэктомия; 1 – ламинэктомия; 2 – трансламинарный доступ. Продолжительность операции – количественный признак (время операции в минутах). Дихотомический характер признаков-факторов, а также признака-отклика определил выбор инструмента логистической регрессии в качестве математико-статистического аппарата для моделирования вероятности развития повреждения ТМО в зависимости от значений признаков-факторов. Модели построены с целью прогнозировать риск повреждения ТМО.

На модели логистической регрессии изучили взаимосвязь объема операции (вид доступа в позвоночный канал) с риском повреждения ТМО в группах, выделенных по признаку первичной и повторной операций на поясничном отделе позвоночника. Для этого сначала выделили группу

первично оперированных (153 человека) и построили модель логистической регрессии.

Полученная модель описывает связь объема операции и вероятности повреждения ТМО. Значимый здесь свободный член $a_0 = 3,725$: полученное значение коэффициента указывает на то, что вне зависимости от объема операции повреждение ТМО в группе первичных пациентов возникает крайне редко. ОШ для свободного члена вычислено для значения фактора $X_1 = 0$ (то есть доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии). Другие виды операции доступа в позвоночный канал не показали значимого влияния на отклик. Как видно из коэффициентов и их значимости, ни один из показателей фактора не является значимым, следовательно в группе первично оперированных статистическая связь между объемом операции и наличием повреждения ТМО не была обнаружена. ОШ для свободного члена равно 0,024; доверительный интервал (ДИ): [0,004; 0,076] (табл. 3).

В группе повторно оперированных (144 пациента) также построена модель логистической регрессии

Таблица 3

Показатели модели логистической регрессии в группе первично оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
a_0 , свободный член	–3,725	–5,529; –2,573	0,024	1,92e-07*
Ламинэктомия	–16,840	NA; 373,267	0,000	0,994
Трансламинарный доступ	1,528	–1,596; 3,971	4,611	0,230

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; * $p < 0,001$.

Таблица 4

Показатели модели логистической регрессии в группе повторно оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
a_0 , свободный член	–1,9741	–3,042; 1,130	0,139	3,53e-05*
Ламинэктомия	0,4766	–0,537; 1,649	1,611	0,384
Трансламинарный доступ	–15,5920	NA; 56,704	0,000	0,990

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; * $p < 0,001$.

для уточнения связи повреждения ТМО и объема операции.

Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 4.

В этой группе, как и в группе первично оперированных, отсутствует статистически значимая связь между объемом операции и наличием повреждения ТМО. Значение свободного члена $a_0 = 1,9741$ (ОШ = 0,139; ДИ: [0,048; 0,323]) указывает на то, что повреждение ТМО в группе повторно оперированных происходит значительно чаще. Сравнивая ОШ для свободного члена в группах первично и повторно оперированных, можно заключить, что повреждение ТМО в группе повторно оперированных происходит приблизительно в 6 раз чаще, чем в группе первично оперированных, при нулевом значении уровня

фактора (то есть доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии).

В моделях регрессии, в том числе логистической, следует избегать включения в модель коррелирующих признаков. В нашем случае сильно коррелируют дихотомические признаки «первичный/повторный» и «наличие/отсутствие» рубца (эпидурального фиброза). Именно поэтому для определения меры связанности рубца и повреждения ТМО при разном объеме операции построили модель логистической регрессии по всей выборке: объединили группы первично и повторно оперированных в одну группу. Получилась выборка объемом 297 человек.

Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 5.

Коэффициенты модели указывают на то, что при отсутствии руб-

ца и доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии повреждение ТМО возникает достаточно редко (ОШ = 0,020; ДИ: [0,005; 0,056]). При этом вид хирургического доступа в позвоночный канал не оказывает значимого влияния на повреждение ТМО. Значимое влияние оказывает наличие или отсутствие эпидурального рубца. По данным модели, наличие рубца почти в 9 раз (ОШ = 8,775; ДИ: [2,788; 38,897]) увеличивает риск повреждения ТМО. И это влияние статистически значимо. ДИ для ОШ приведены на рис. 4.

Полученные значения говорят о том, что не выявлена статистически значимая связь между объемом операции и повреждением ТМО, при этом, возможно, она существует между повреждением ТМО и наличием или отсутствием рубца.

С учетом того, что объем операции ни в одной модели не был статистически связан с наличием повреждения ТМО, проведено исследование с определением статистической связи между повреждением ТМО и факторами наличия/отсутствия рубца, наличия/отсутствия стабилизации и продолжительности операции. Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 6.

Наличие такого фактора, как продолжительность операции (время приближается к 0), не оказывает значимого влияния на повреждение ТМО. Все коэффициенты в модели оказались статистически значимыми. Наличие рубца сильно связано с повреждением ТМО. Значение коэффициента $a_1 = 1,37$ (ОШ = 3,942; ДИ: [1,184; 17,921]), что говорит о том, что при наличии рубца повреждение ТМО происходит приблизительно в 4 раза чаще. Наличие стабилизирующей системы снижает вероятность повреждения ТМО (значение коэффициента $a_2 = -1,881$ (ОШ = 0,152; ДИ: [0,044; 0,512]) приблизительно в 6 раз. Однако данный результат необходимо рассматривать с осторожностью, так как он является следствием сложного взаимодействия факторов и различной селекции случаев в группах

Таблица 5

Показатели модели логистической регрессии в объединенной группе первично и повторно оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
a_0 , свободный член	3,932	5,391; 2,886	0,020	2,3e-10*
Есть рубец	2,169	1,025; 3,661	8,755	0,000858*
Ламинэктомия	0,098	0,846; 1,130	1,104	0,842
Трансламинарный доступ	0,272	3,260; 1,612	0,762	0,809

95 % ДИ — 95 % доверительный интервал; ОШ — отношение шансов; * $p < 0,001$.

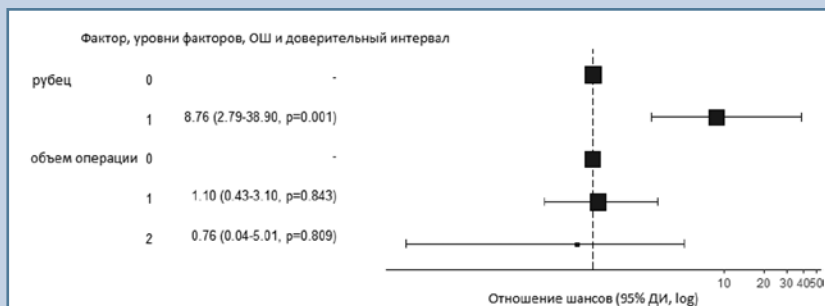


Рис. 4

Отношение шансов (ОШ) и доверительные интервалы для факторов повреждения твердой мозговой оболочки при наличии эпидурального рубца и объема операции (вида доступа в позвоночный канал) в группах первично и повторно оперированных пациентов

Таблица 6

Показатели модели логистической регрессии в объединенной группе первично и повторно оперированных пациентов в зависимости наличия или отсутствия рубца и стабилизации и продолжительности (времени) операции

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
Константа	–4,57078	–6,217; –3,243	0,010	7,82e-10***
Есть рубец	1,37170	0,169; 2,886	3,942	0,04061*
Есть стабилизация	–1,88106	–3,126; –0,669	0,152	0,00241**
Время операции	0,02122	0,011; 0,033	1,021	0,00012***

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов;

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

первичного и повторного вмешательства, степени выраженности фиброза и технических аспектов оперативного подхода. Возможно, стабилизация не снижает риск механического повреждения ТМО напрямую, однако коррелирует с комплексом факторов. Технически транспедикулярная стабилизация при первичных операциях предшествует этапу декомпрессии, что позволяет хирургу работать в условиях стабильного опорного комплекса, не подверженного рубцовым изменениям, и не вызывать агрессивного воздействия на дуральный мешок и корешки при установке кейджей во время тракции нервных структур. Продолжительность операции, несмотря на то что статистически значима (p -value = 0,00012), не оказывает существенного влияния на повреждение ТМО (ОШ = 1,021; ДИ: [1,011; 1,033]). Визуализация модели показана на рис. 5.

Обсуждение

Ключевая проблема ретроспективного исследования анализируемой категории больных – сложность организации послеоперационного МРТ-обследования, что приводит к недооценке частоты повреждений ТМО. Для устранения этого ограничения возможен двухэтапный подход: ретроспективный анализ с проспективным сбором данных и широкое применение послеоперационного МРТ-скрининга. Это позволит уточнить характер повреждений моз-

говых оболочек при ревизионных операциях на пояснично-крестцовом отделе у пациентов с дегенеративными патологиями, выявить субклинические дефекты (например, радикулоцеле), остающиеся незамеченными при стандартной интраоперационной ревизии, провести корреляционный анализ между техникой операции, объемом вмешательства и структурой повреждений ТМО. Широкое использование послеоперационной МРТ-визуализации необходимо для раннего выявления субклинических повреждений ТМО (радикулоцеле, псевдоменингоцеле), анализа структуры фиброза и корреляции морфологических изменений с учетом клинической симптоматики.

Результаты исследования показали, что эпидуральный фиброз имеет клиническую значимость: существенно осложняет проведение ревизионных операций на позвоночнике, повышая риски интраоперационного разрыва ТМО, кровотечения, повреждения нервных корешков (вследствие выраженных анатомических деформаций в зоне рубцово-спаечного процесса), являясь ключевым триггером СНОП и оставаясь одной из сложных проблем в спинальной хирургии [13–17]. Частота СНОП достигает 30–46 % после спондилодеза, 19–25 % – после микродискэктомии [5]. При этом 50 % случаев СНОП требуют повторного вмешательства, формируя порочный круг «осложнение → реоперация → новое осложнение», приводя к формированию хронического послеоперационного болевого синдрома, этиология которого включает структурные факторы (эпидуральный фиброз) и функциональные механизмы (нейрогенное воспаление, периферическая/центральная сенситизация, активация клеток микроглии) [11, 12, 18–21]. В связи с этим для профилактики требуются индивидуальный подбор методов антифибротической защиты (с учетом анамнеза и объема вмешательства), мультимодальная аналгезия с учетом нейропатического компонента боли. Таким образом, профилактика

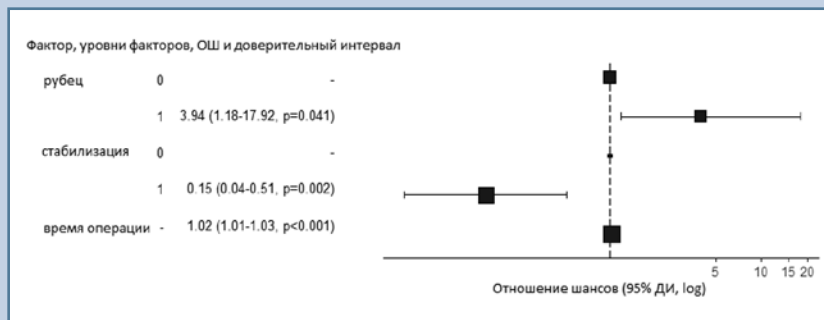


Рис. 5

Отношение шансов (ОШ) и доверительные интервалы для факторов повреждения твердой мозговой оболочки при наличии эпидурального рубца, проведения стабилизации и продолжительности операции в группах первично и повторно оперированных пациентов

эпидурального фиброза становится приоритетной задачей, включающей разработку биоактивных материалов для интраоперационного применения и являющейся критически важным направлением. Ее внедрение позволит снизить частоту интраоперационных осложнений, уменьшить риск хронического послеоперационного болевого синдрома, улучшить долгосрочные исходы, особенно у пациентов, которым требуются множественные ревизии.

Заключение

Эпидуральный фиброз является ключевым фактором риска повреждения ТМО при ревизионных операциях.

Послеоперационный МРТ-скрининг для выявления субклинических повреждений ТМО (радикулоцеле) необходим для объективной оценки частоты СНОП и механизмов формирования хронической послеоперационной боли. Разработка и практическое внедрение интраоперационных материалов, направленных на профилактику послеоперационного эпидурального фиброза, остается острой проблемой в хирургии дорсопатий поясничного отдела позвоночника, особенно при необходимости повторных хирургических вмешательств, которые сопряжены с более высоким риском развития интраоперационных осложнений и неблагоприятных исходов. В связи с полученными дан-

ными целесообразно включить послеоперационное МРТ-исследование в клинические рекомендации по лечению дегенеративных заболеваний позвоночника.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, Costa F. Natural course and diagnosis of lumbar spinal stenosis: WFNS Spine Committee recommendations. *World Neurosurg* X. 2020;7:100073. DOI: 10.1016/j.wnsx.2020.100073
2. Daniell JR, Osti OL. Failed back surgery syndrome: a review article. *Asian Spine J*. 2018;12:372–379. DOI: 10.4184/asj.2018.12.2.372
3. Гринь А.А., Никитин А.С., Юсупов С.-Э.Р. Хирургическая тактика лечения стеноза позвоночного канала на поясничном уровне у пациентов пожилого и старческого возраста. *Нейрохирургия*. 2020;22(1):93–102. [Grin AA, Nikitin AS, Yusupov S-ER. Surgical treatment of spinal canal stenosis at the lumbar level in the elderly and senile patients. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2020;22(1):93–102]. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-93-102 EDN: LCMLHK
4. Завьялов Д.М., Орлов В.П., Кравцов М.Н., Бабичев К.Н. Сравнительный анализ методов профилактики рубцово-спаечного эпидурита при микродискектомиях на пояснично-крестцовом отделе позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(2):56–65. [Zavyalov DM, Orlov VP, Kravtsov MN, Babichev KN. Comparative analysis of methods to prevent cicatricial adhesive epiduritis after microdiscectomy in the lumbosacral spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2018;15(2):56–65]. DOI: 10.14531/ss2018.2.56-65 EDN: URBQTG
5. Weigel R, Capelle HH, Al-Afif S, Krauss JK. The dimensions of “failed back surgery syndrome”: what is behind a label? *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163:245–250. DOI: 10.1007/s00701-020-04548-7
6. Papalia GF, Russo F, Vadal G, Pascarella G, De Salvatore S, Ambrosio L, Di Martino S, Sammartini D, Sammartini E, Carassiti M, Papalia R, Denaro V. Non-invasive treatments for failed back surgery syndrome: a systematic review. *Global Spine J*. 2023;13:1153–1162. DOI: 10.1177/21925682221141385
7. Bosscher HA, Heavner JE. Incidence and severity of epidural fibrosis after back surgery: an endoscopic study. *Pain Pract*. 2010;10:18–24. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2009.00311.x
8. Dessouky R, Khaleel M, Khalifa DN, Tantawy HI, Chhabra A. Magnetic resonance neurography of the lumbosacral plexus in failed back surgery syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43:839–847. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002460
9. Amirdelfan K, Webster L, Porec L, Sukul V, McRoberts P. Treatment options for failed back surgery syndrome patients with refractory chronic pain: an evidence based approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42 Suppl 14:S41–S52. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002217
10. Ramnarayan R, Chaurasia B. The post spinal surgery syndrome: A review. *J Cranio-vertebr Junction Spine*. 2023;14:4–10. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_118_22
11. Wu Q, Cui X, Guan LC, Zhang C, Liu J, Ford NC, He S, Chen X, Cao X, Zang L, Guan Y. Chronic pain after spine surgery: Insights into pathogenesis, new treatment, and preventive therapy. *J Orthop Translat*. 2023;42:147–159. DOI: 10.1016/j.jot.2023.07.003
12. Сороковиков В.А., Животенко А.П., Ларионов С.Н., Шурыгина И.А. Анализ рисков повреждения твердой мозговой оболочки в хирургии дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Политравма*. 2023;(2):64–73. [Sorokovikov VA, Zhivotenko AP, Larionov SN, Shurygina IA, Potapov VE. Analysis of risks of damage to the dura mater in surgery for degenerative pathology of the lumbar spine. *Polytrauma*. 2023;(2):64–73]. DOI: 10.24412/1819-1495-2023-2-64-73 EDN: WXUWWQ
13. Alizadeh R, Sharifzadeh SR. Pathogenesis, etiology and treatment of failed back surgery syndrome. *Neurochirurgie*. 2022;68:426–431. DOI: 10.1016/j.neuchi.2021.09.005
14. Weigel R, Capelle HH, Al-Afif S, Krauss JK. The dimensions of “failed back surgery syndrome”: what is behind a label? *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163:245–250. DOI: 10.1007/s00701-020-04548-7
15. Никитин А.С. Синдром оперированного позвоночника. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2016;116(5):112–118. [Nikitin AS. Failed back surgery syndrome. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2016;116(5):112–118]. DOI: 10.17116/jnevro20161165112-118 EDN: WAPALV
16. Козлов Д.М., Крутько А.В., Булатов А.В. Применение оригинального способа мобилизации дуральных структур при эпидуральном фиброзе позвоночного канала на уровне поясничного отдела позвоночника при повторных операциях. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(3):44–48. [Kozlov DM, Krutko AV, Bulatov AV. Application of the original method to mobilize dural structures for epidural fibrosis

- of the lumbar spinal canal in reoperations. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2015;12(3):44–48]. DOI: 10.14531/ss2015.3.44-48 EDN: UMGWJP
17. **Шнякин П.Г., Ботов А.В., Амелченко А.А.** Хирургические методы лечения рецидива болевого синдрома при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018;12(3):61–68. [Shnyakin PG, Botov AV, Amelchenko AA. Surgical methods of treatment of back pain syndrome recurrence in the degenerative pathology of the lumbar spine. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018;12(3):61–68]. DOI: 10.25692/ACEN.2018.3.8 EDN: XZEYTB
 18. **Tsuda M, Koga K, Chen T, Zhuo M.** Neuronal and microglial mechanisms for neuropathic pain in the spinal dorsal horn and anterior cingulate cortex. *J Neurochem*. 2017;141:486–498. DOI: 10.1111/jnc.14001
 19. **Zhu X, Liu S, Tian L, Li X, Yao R, Zhao Y, Gao Z, Liu XR, Liu XQ, Huo FQ, Liang L.** Spinal interleukin-16 mediates inflammatory pain via promoting glial activation. *Int Immunopharmacol*. 2024;127:111411. DOI: 10.1016/j.intimp.2023.111411
 20. **Khangura RK, Sharma J, Bali A, Singh N, Jaggi AS.** An integrated review on new targets in the treatment of neuropathic pain. *Korean J Physiol Pharmacol*. 2019;23:1–20. DOI: 10.4196/kjpp.2019.23.1.1
 21. **Ye G, Lin C, Zhang Y, Ma Z, Chen Y, Kong L, Yuan L, Ma T.** Quercetin alleviates neuropathic pain in the rat CCI model by mediating AMPK/MAPK pathway. *J Pain Res*. 2021;14:1289–1301. DOI: 10.2147/JPR.S298727

Адрес для переписки:

Животенко Александр Петрович
 Иркутский научный центр хирургии и травматологии,
 664003, Россия, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,
 sivotenko1976@mail.ru

Address correspondence to:

Zhivotenko Aleksandr Petrovich
 Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology,
 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia,
 sivotenko1976@mail.ru

Статья поступила в редакцию 31.03.2025

Рецензирование пройдено 08.08.2025

Подписано в печать 10.09.2025

Received 31.03.2025

Review completed 08.08.2025

Passed for printing 10.09.2025

Александр Петрович Животенко, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 8016-5626, ORCID: 0000-0002-4032-8575, sivotenko1976@mail.ru;
 Владимир Алексеевич Сороковиков, д-р мед. наук, проф., директор, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, 664049, Иркутск, м/р Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, vasorokovikov@mail.ru;

Сергей Николаевич Ларионов, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий научно-клиническим отделом нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru;

Ирина Александровна Шурыгина, д-р мед. наук, профессор РАН, заместитель директора по научной работе, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6745-5426, ORCID: 0000-0003-3980-050X, irinasburygina@gmail.com.

Aleksandr Petrovich Zhivotenko, junior researcher at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 8016-5626, ORCID: 0000-0002-4032-8575, sivotenko1976@mail.ru;

Vladimir Alekseyevich Sorokovikov, DMSc, Prof., Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100 Yubileiny Microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, vasorokovikov@mail.ru;

Sergey Nikolaevich Larionov, DMSc, leading researcher; Head of the Scientific and Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru;

Irina Aleksandrovna Shurygina, DMSc, Professor of RAS, Deputy Director for Science, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6745-5426, ORCID: 0000-0003-3980-050X, irinasburygina@gmail.com.