



ВЛИЯНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДЕКОМПРЕССИВНО- СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПО ПОВОДУ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Н. А. Бобряков¹, Э. В. Середина^{1,2}, А. Х. Джумабаев¹, Ф. Г. Хамидуллин¹,
А. М. Цыренжапов¹, А. М. Кондрашев¹, И. Ю. Казанков¹, И. В. Хунданов²

¹ ГБУЗ «Иркутская Орден «Знак Почёта» областная клиническая больница»,
Юбилейный мкр., 100, Иркутск, 664049.

² Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ
ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ,
Юбилейный мкр., 100, Иркутск, 664049.

РЕЗЮМЕ. Применение интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ) увеличивает общую продолжительность (ОП) декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств (ДСВ) на позвоночнике. Увеличение ОП ДСВ — фактор риска развития ранних послеоперационных осложнений (РППО).

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: Изучить влияние ИОНМ на продолжительность ДСВ по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника (ДЗПОП), а также на частоту развития РППО.

МЕТОДЫ: в исследование включено 358 пациентов, которым было выполнено ДСВ по поводу ДЗПОП за период 2019–2021 гг. Пациенты разделены на 2 группы: 1 группа — ДСВ с применением ИОНМ — 109 человек (30,5 %), 2 группа — ДСВ без ИОНМ — 249 человек (69,6 %). Группы значительно не отличались по возрасту ($p=0,061$), полу ($p=0,082$), индексу массы тела ($p=0,130$), нозологическим формам ($p=0,788$) и объёму операции ($p=0,515$).

РЕЗУЛЬТАТЫ. ОП операции в 1 группе для 4-хвинтовых систем $197,3 \pm 52,9$ мин, для 6- и 8-винтовых систем $261,9 \pm 47,1$ мин; во 2 группе для 4-хвинтовых систем $178,4 \pm 43,7$ мин ($p<0,01$), для 6- и 8-винтовых систем $234,9 \pm 55,4$ мин ($p<0,05$). Длительность установки винтов (УВ) в 1 группе для 4-х винтовых систем $60,0 \pm 22,5$ мин, для 6- и 8-винтовых систем $76,7 \pm 28,6$ мин; во 2 группе для 4-х винтовых систем $48,7 \pm 22,0$ мин ($p<0,001$), для 6- и 8-винтовых систем $58,1 \pm 18,1$ мин ($p<0,01$). РППО, требующие реоперации значительно чаще встречались во 2 группе (3,21 %), чем в 1 группе (0 %) ($p<0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение ИОНМ статистически значительно увеличивает ОП ДСВ на 18,9–27,0 мин и длительность УВ на 11,3–18,6 мин, в зависимости от протяжённости стабилизирующей системы. РППО, требующие реоперации, значительно чаще встречаются в группе без ИОНМ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, длительность операции, ранние послеоперационные осложнения, сроки пребывания в стационаре, транспедикулярная фиксация

Для цитирования: Бобряков Н. А., Середина Э. В., Джумабаев А. Х., Хамидуллин Ф. Г., Цыренжапов А. М., Кондрашев А. М., Казанков И. Ю., Хунданов И. В. Влияние интраоперационного нейрофизиологического мониторинга на продолжительность декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022;14(3):5–10. DOI 10.56618/20712693_2022_14_3_5

INFLUENCE OF INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING ON THE PROCEDURAL LENGTHS OF POSTERIOR LUMBAR FUSION FOR DEGENERATIVE DISEASES OF THE LUMBAR SPINE

N. A. Bobriakov¹, E. V. Sereda^{1,2}, A. Kh. Dzhumabaev¹, F. G. Khamidullin¹, A. M. Tsyrenzhapov¹,
A. M. Kondrashev¹, I. Yu. Kazankov¹, I. V. Khundanov²

¹ Irkutsk Order “Badge of Honor” regional clinical hospital. Yubileyny microdistrict, 100, Irkutsk, 664049.

² Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, a branch office of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Russian Federation Ministry of Health. Yubileyny microdistrict, 100, Irkutsk, 664049.

SUMMARY. The use of intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) increases the total duration (TD) of spinal fusions (SF). An increase in TD of SF is a risk factor for the development of early postoperative complications (EPOC).

AIM OF THE STUDY. Investigation of IONM influence on the TD of SF for degenerative diseases of the lumbar spine (DDLs) and, in particular, on the duration of screw placement (SP), as well as on the incidence of EPOC.

METHODS. The study included 358 patients who underwent SF for DDLs at the neurosurgical department of the Regional Clinical Hospital for the period 2019–2021. Patients were divided into 2 groups: group 1 — operated with IONM — 109 people (30.5 %), group 2 — without IONM — 249 people (69.6 %). There were no statistically significant differences between the groups in terms of age ($p=0.061$), gender ($p=0.082$), body mass index ($p=0.130$), nosological forms ($p=0.788$) and volume of surgery ($p=0.515$).

RESULTS. For the group 1 TD of 4-screw SF was 197.3 ± 52.9 min, 6-screw SF — 261.9 ± 47.1 min; for the group 2 TD of 4-screw SF was 178.4 ± 43.7 min ($p<0.01$), 6-screw SF — 234.9 ± 55.4 min ($p<0.05$). SP duration in group 1 for 4-screw SF was 60.0 ± 22.5 min, for 6-screw SF — 76.7 ± 28.6 min; in group 2 for 4-screw SF — 48.7 ± 22.0 min ($p<0.001$), for 6-screw SF — 58.1 ± 18.1 min ($p<0.01$). Reoperation needed EPOC were significantly more common in group 2 (3.21 %) than in group 1 (0 %) ($p<0.05$).

CONCLUSION. IONM using significantly increases TD of SF by 18.9–27.0 min and increases the SP duration by 11.3–18.6 min, depending on the length of the stabilizing system. Revision needed EPOC was significantly more common in the group without IONM.

KEY WORDS: intraoperative neurophysiological monitoring, duration of surgery, early postoperative complications, length of hospital stay, posterior lumbar fusion

For citation: Bobriakov N. A., Sereda E. V., Dzhumabaev A. Kh., Khamidullin F. G., Tsyrenzhapov A. M., Kondrashev A. M., Kazankov I. Yu., Khundanov I. V. Influence of intraoperative neurophysiological monitoring on the procedural lengths of posterior lumbar fusion for degenerative diseases of the lumbar spine. Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2022;14(3):5–10. DOI 10.56618/20712693_2022_14_3_5

Введение.

Транспедикулярная фиксация широко используется в лечении дегенеративных заболеваний и деформаций поясничного отдела позвоночника (ДЗПОП) [1]. Риск повреждения спинномозговых корешков вследствие ятрогенного нарушения целостности медиальной стенки ножки позвонка во время задней стабилизации составляет 0,8–10 % [2, 3]. Одним из методов верификации оптимальной установки винтов на поясничном уровне является интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ) с использованием спонтанной и стимуляционной (триггерной) электромиографии (сЭМГ и тЭМГ).

На сегодняшний день рутинное использование ИОНМ при декомпрессивно-стабилизирующих вмешательствах (ДСВ) на позвоночнике остается спорным. [2, 4] Несколько недавних исследований показали, что использование ИОНМ при операциях на позвоночнике приводит к увеличению стоимости госпитализации и времени процедуры без какого-либо изменения частоты неврологических осложнений. [5].

Работы, в которых изучается продолжительность ДСВ по поводу ДЗПОП единичны. Сведения об ИОНМ в них представлены в обобщенном виде, без учета модальностей [6, 7]. Кроме того, ни в одном исследовании нет данных о влиянии ИОНМ на продолжительность отдельных этапов операции. Декомпрессивно-стабилизирующие операции несут свои риски, связанные с объемом, продолжительностью и вероятностью реоперации, связанной непосредственно с имплантируемыми системами [12].

Другим фактором, ограничивающим применение ИОНМ, является необходимость не использовать миорелаксанты во время анестезии, что усложняет

манипуляции хирурга у пациентов с избыточной массой тела, и приводит, как считается, к травматизации мышц, в результате усиленной тракции краев операционной раны, что в дальнейшем негативно отражается на ее заживлении.

Цель работы.

1. Изучить влияние ИОНМ на общую продолжительность ДСВ по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника (ДЗПОП) и, в частности, на длительность этапа установки винтов (ЭУВ).

2. Изучить частоту ранних послеоперационных осложнений (РПОО), потребовавших ревизии послеоперационной раны у пациентов, оперированных с ИОНМ и без ИОНМ.

Материалы и методы.

В исследование включено 358 пациентов, которым было выполнено ДСВ по поводу ДЗПОП на базе нейрохирургического отделения ГБУЗ ИОКБ за период 2019–2021 гг. Пациенты разделены на 2 группы: 1 группа — оперированные с применением ИОНМ — 109 человек (30,5 %), 2 группа — без ИОНМ — 249 человек (69,6 %). Основные характеристики групп представлены в таблице 1.

Критерии включения: а) первичные ДСВ с фиксацией позвоночника только системой транспедикулярной фиксации (СТПФ) или комбинация передней и задней стабилизации на поясничном уровне по поводу спондилолистеза (М43.1), спинального стеноза (М48.0), грыжи межпозвонкового диска (М51.1), спинальной нестабильности (М53.2), соединительнотканного и дискового стеноза межпозвонковых отверстий (М99.7). б) ИОНМ с регистрацией только сЭМГ и тЭМГ.

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов, оперированных по поводу ДЗПОП с применением ИОНМ и без ИОНМ.

Table 1. Comparative characteristics of patients with lumbar spine degenerative diseases, operated with IONM and without IONM

Параметр, единица измерения	ИОНМ	Без ИОНМ	p
Количество пациентов	109	249	
Пол, n (%)			
Мужской	41 (37,6 %)	124 (49,8 %)	p=0.082
Женский	68 (62,4 %)	125 (50,2 %)	
Возраст, лет	56,9±12,9	54,1±12,9	p=0.061
Диагноз по МКБ-10, n (%)			
M43.1	20 (18,4 %)	38 (15,3 %)	p=0.788
M48.0	45 (41,3 %)	98 (39,3 %)	
M51.1	13 (11,9 %)	33 (13,3 %)	
M53.2	0	3 (1,2 %)	
M99.7	31 (28,4 %)	77 (30,9 %)	
Индекс массы тела, кг/м ²	29,28±4,88	30,16±5,43	p=0.130
Объем операции, n (%)			
ДСВ ДИ*	12 (11,0 %)	19 (7,6 %)	p=0.408
ДСВ ДВИ**	97 (89,0 %)	230 (92,4 %)	
Кол-во винтов, n (%)			
4 винта (1 уровень)	83 (76,2 %)	172 (69,1 %)	p=0.515
6 винтов (2 уровня)	25 (22,9 %)	75 (30,1 %)	
8 винтов (3 уровня)	1 (0,9 %)	2 (0,8 %)	

* декомпрессиивно-стабилизирующие вмешательства с фиксацией позвоночника дорзальными имплантатами;

** декомпрессиивно-стабилизирующие вмешательства с фиксацией позвоночника дорзальными и вентральными имплантатами;

* decompressive-stabilizing interventions with posterior lumbar fusion only

** decompressive-stabilizing interventions with posterior and ventral lumbar fusion.

Критерии исключения:

а) повторные ДСВ, включающие демонтаж или удлинение СТПФ;

б) стабилизация задним межостистым стабилизатором;

в) стабилизация только вентральным имплантом;

г) операции на груднопоясничном переходе, требующие проведения мультимодального ИОНМ;

д) пациенты с травмой, инфекционно-воспалительными заболеваниями и остеопорозом ПОП.

Общей продолжительностью операции (ОПО) считали время от разреза кожи до наложения кожных швов, продолжительностью этапа установки винтов (ЭУВ) считали время от постановки маркерных спиц до начала декомпрессии позвоночного канала. Оценку клинического статуса пациентов проводили при помощи визуально-аналоговой шкалы боли (ВАШ) в день поступления и в день выписки.

ИОНМ проводили при помощи 4-канального нейромонитора Viking Quest 11.0 (Nicolet Biomedical, США) по методике В. Calancie [9]. Проводилась монополярная ритмическая катодная стимуляция импульсами прямоугольной формы частотой 3,1 Гц, длительностью 0,2 мс. Для определения порога силу

тока постепенно наращивали до получения различного М-ответа. При установке каждого винта стимуляция проводилась 4-кратно путем касания стимулятора к хирургическим инструментам (импактор, метчик), размещения зонда-стимулятора в сформированном канале винта и касания к стержню установленного винта.

Параметрические данные представляли, как «среднее значение ± стандартное отклонение ($m \pm SD$)» и сравнивали, используя t-критерий Стьюдента для несвязанных совокупностей. Номинальные данные сравнивали с критерием хи-квадрат. Все тесты были двусторонними и являлись статистически значимыми, если значение p было меньше, чем 0,05. Статистический анализ был выполнен с помощью программы Microsoft Office Excel 2007, а также онлайн-калькуляторов веб-ресурса <http://www.medstatistic.ru/>.

Результаты.

Применение ИОНМ статистически значимо увеличивает ОПО при установке 4-винтовых СТПФ в среднем на 18,9 мин и удлиняет ЭУВ на 11,3 мин, а ОПО при установке 6- и 8-винтовых СТПФ — на 27,0 мин, и удлиняет ЭУВ на 18,6 мин. (Таблица 2).

Таблица 2. Влияние ИОНМ на интересующие результаты.

Table 2. Influence of IONM on the results of interest

Параметр, единица измерения	ИОНМ	Без ИОНМ	p
Общее время операции, мин			
4 винта	197,3 ± 52,9	178,4 ± 43,7	$p=0.005$
6–8 винтов	261,9 ± 47,1	234,9 ± 55,4	$p=0.018$
Время установки винтов, мин			
4 винта	60,0 ± 22,5	48,7 ± 22,0	$p=0.0003$
6–8 винтов	76,7 ± 28,6	58,1 ± 18,1	$p=0.0024$
Осложнения, n (%)			
Реоперация	0 (0 %)	8 (3,21 %)	$p=0.025$
Без реоперации	4 (3,67 %)	2 (0,80 %)	
Продолжительность госпитализации, койкодней	20,0 ± 4,6	20,3 ± 4,6	$p=0.570$
Уровень боли по ВАШ*, баллов			
Поступление	6,1 ± 1,4	6,2 ± 1,4	$p=0.343$
Выбытие	0,9 ± 1,1	0,9 ± 1,1	

* ВАШ — визуально-аналоговая шкала

* VAS — visual analogue scale

В 1 группе РПОО наблюдались в 4 случаях (3,67 %), из них 2 случая раневой ликвореи (РЛ), по поводу которой выполнены пункция и дренирование субарахноидального пространства (ДСП), 1 случай — межмышечная серома, разрешившаяся без реоперации и 1 случай — ограниченное скопление крови в полости малого таза. Во 2 группе РПОО наблюдались в 10 случаях (4,02 %), из них 2 случая, не требовавшие реоперации (0,80 %): 1 случай РЛ, по поводу которой выполнены пункция и ДСП, 1 случай — эпидуральное кровоизлияние с компрессией спинномозгового корешка. В 8 случаях (3,21 %) потребовалась реоперация, из них 1 случай — переустановка винта по поводу его мальпозиции, 3 случая — эвакуация межмышечной гематомы, 2 случая — эвакуация межмышечной серомы, 1 случай — пластика твердой мозговой оболочки по поводу РЛ, 1 случай — удаление фрагмента улавливающего дренажа. Таким образом, во 2 группе частота РПОО, требовавших реоперации, статистически значимо выше, чем в 1 группе. При этом не было статистически значимых различий между группами в средней продолжительности госпитализации ($p=0,570$), а также в оценке уровня боли по ВАШ на момент выписки.

Дискуссия.

В литературе нередко упоминается об увеличении ОПО за счет применения ИОНМ во время ДСВ на позвоночнике, однако, по мнению одних авторов это увеличение незначительное [1], по мнению других — весьма существенное, особенно при отсутствии статистически значимого снижения частоты неврологических осложнений [2, 7, 9]. Показано, что при ДСВ ПОП увеличение ОПО было ассоциировано с РПОО, особенно с развитием поверхностных инфекций области хирургического вмешательства и ча-

стойкой послеоперационной трансфузии, а ОПО более 5 часов ассоциирована с повышенным риском реоперации, сепсиса, несостоятельности швов и тромбоза глубоких вен нижних конечностей [10].

Работы, в которых объективизированы данные об ОПО с применением ИОНМ на сегодняшний день единичны. Увеличение ОПО было продемонстрировано при использовании ИОНМ во время ДСВ на 1–2 уровнях по поводу ДЗПОП (с ИОНМ — 262 мин, без ИОНМ — 212,46 мин) [6], во время удаления грыжи межпозвонкового диска ПОП (с ИОНМ — 174,3 мин, без ИОНМ — 144,4 мин, $p=0,006$) [11], и во время стабилизирующих вмешательств по поводу сколиоза более 4-х уровней (с ИОНМ — 360,9 ± 153,8 мин., без ИОНМ — 290,3 ± 127,1 мин, $p<0,0001$) [9].

В своей работе мы показали статистически значимое увеличение не только ОПО в группе с применением ИОНМ при установке 4-винтовых систем ТПФ в среднем на 18,9 мин и 6- и 8-винтовых систем ТПФ — на 27,0 мин, но и продолжительности ЭУВ на 11,3 мин для 4-винтовых систем ТПФ, и на 18,6 мин — для 6- и 8-винтовых систем ТПФ на модели пациентов с ДЗПОП.

При изучении влияния ИОНМ на частоту РПОО, требующих ревизии послеоперационной раны, разными авторами получены противоречивые данные. На модели удаления грыжи межпозвонкового диска ревизия послеоперационной раны в группе без ИОНМ была выполнена в 16 % случаев, в группе с ИОНМ — в 9 % случаев, однако различие между группами статистически незначимое ($p=0,284$) [11]. В другой работе реоперация у пациентов с одноуровневыми ДСВ ПОП в группе с ИОНМ выполнена в 6,52 % случаев, а в группе без ИОНМ — в 4,85 % случаев ($p=0,0015$) [7]. Еще одна работа на приме-

ре аналогичной когорты пациентов показала, что частота реоперации по поводу мальпозиции винта в группе с ИОНМ составила 5,48 %, без ИОНМ — 5,13 %, но различие между группами статистически незначимое ($p=0,93$) [6]. В своей работе мы показали, что РПОО, требующие ревизии послеоперационной раны, статистически значимо чаще встречаются в группе без ИОНМ, соответственно, утверждение, что отсутствие миорелаксации во время ДСВ с применением ИОНМ негативно отражается на заживлении раны ввиду избыточных тракций ее краев, не является доказанным.

Заключение.

- Применение ИОНМ статистически значимо увеличивает общую продолжительность операции на 18,9–27,0 мин и увеличивает продолжительность этапа установки винтов на 11,3–18,6 мин, в зависимости от протяженности СТПФ.
- Ранние послеоперационные осложнения, требующие ревизии послеоперационной раны, как по поводу мальпозиции винта, так и по поводу несостоятельности швов, обусловленной межмышечной гематомой или серомой, статистически значимо чаще встречаются в группе без ИОНМ.
- Применение ИОНМ статистически значимо не влияет на общую продолжительность госпитализации и неврологический исход заболевания, что согласуется с литературными данными.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики: Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study

ORCID авторов / ORCID of authors

Бобряков Николай Алексеевич / Bobriakov Nikolai Alekseevich <http://orcid.org/0000-0003-3818-2957>

Серёда Эдуард Валерьевич / Sereda Eduard Valer'evich <https://orcid.org/0000-0003-4288-4126>

Джумабаев Алишер Худайбергенович / Dzhumabaev Alisher Khudaibergenovich <http://orcid.org/0000-0002-6799-9184>

Хамидуллин Фарид Гигельевич / Khamidullin Farid Gigel'evich <http://orcid.org/0000-0001-5712-9671>

Цыренжапов Ананда Мыжытдоржиевич / Tsyrenzhapov Ananda Myzhytdorzhievich <http://orcid.org/0000-0003-3170-0766>

Кондрашев Алексей Михайлович / Kondrashev Aleksei Mikhailovich <http://orcid.org/0000-0002-2755-1166>

Казанков Иван Юрьевич / Kazankov Ivan Yur'evich <https://orcid.org/0000-0002-2502-7184>

Хунданов Игорь Владимирович / Khundanov Igor' Vladimirovich <https://orcid.org/0000-0003-2062-9554>

Литература/References

1. Wu Y., Vázquez-Barquero A. Stimulus-Evoked Electromyographic Monitoring During Minimally Invasive Transpedicular Implantation of Screws in Lumbosacral Spine: Threshold Value, Methodology and Clinical Effectiveness. *World Neurosurg.* 2017; 98(2): 146–151. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.122>
2. Ajiboye R.M., Zoller S. D., D'Oro A., Burke Z. D., et al. Utility of Intraoperative Neuromonitoring for Lumbar Pedicle Screw Placement Is Questionable: A Review of 9957 Cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017; 42(13): 1006–1010. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001980>
3. Parker S.L., Amin A. G., Farber S. H., McGirt M.J., et al. Ability of electromyographic monitoring to determine the presence of malpositioned pedicle screws in the lumbosacral spine: analysis of 2450 consecutively placed screws. *J Neurosurg Spine.* 2011; 15(2): 130–135. <https://doi.org/10.3171/2011.3.SPINE.101>
4. Mao G., Elhamdani S., Gigliotti M. J., Mace Z., et al. Neurologic Complications in Monitored versus Unmonitored Image-Guidance Assisted Posterior Lumbar Instrumentation. *World Neurosurg.* 2021; Aug;152: e155–e160. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.05.074>
5. Austerman R.J., Sulhan S., Steele W.J., Sadrameli S. S., et al. The utility of intraoperative neuromonitoring on simple posterior lumbar fusions-analysis of the National Inpatient Sample. *J Spine Surg.* 2021; Jun;7(2):132–140. <https://doi.org/10.21037/jss-20-679>
6. Garces J., Berry J. F., Valle-Giler E.P., Sulaiman W.A. Intraoperative neurophysiological monitoring for minimally invasive 1- and 2-level transforaminal lumbar interbody fusion: does it improve patient outcome? *Ochsner J.* 2014; Spring;14(1):57–61.
7. Cole T., Veeravagu A., Zhang M., Li A., Ratliff J. K. Intraoperative neuromonitoring in single-level spinal procedures: a retrospective propensity score-matched analysis in a national longitudinal database. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; Nov 1;39(23):1950–9. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000593>
8. Calancie B., Lebowitz N., Madsen P., Klose K. J. Intraoperative evoked EMG monitoring in an animal model. A new technique for evaluating pedicle screw placement. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992; 17(10): 1229–1235. <https://doi.org/10.1097/00007632-199210000-00017>
9. Elsamadicy A.A., Adogwa O., Lydon E., Reddy G., et al. Impact of Intraoperative Monitoring During Elective Complex Spinal Fusions (≥ 4 Levels) on 30-Day Complication and Readmission Rates: A Single-Institutional Study of 643 Adult Patients with Spinal Deformity. *World Neurosurg.* 2017; May; 101:283–288. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.02.002>
10. Kim B.D., Hsu W.K., De Oliveira G. S. Jr, Saha S., Kim J. Y. Operative duration as an independent risk factor for postoperative complications in single-level lumbar fusion: an analysis of 4588 surgical cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; Mar 15;39(6):510–20. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000163>
11. Krause K.L., Cheaney Ii B., Obayashi J. T., Kawamoto A., Than K. D. Intraoperative neuromonitoring for one-level lumbar

- dissectomies is low yield and cost-ineffective. *J Clin Neurosci*. 2020 Jan;71:97–100. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.08.116>
12. Чехонацкий В.А., Древал О.Н., Кузнецов А.В., Чехонацкий А.А., Горожанин А.В., Сидоренко В.В. Анализ результатов декомпрессивных и декомпрессивно-стабилизирующих операций у пациентов с однократными и повторными рецидивами грыж диска поясничного отдела позвоночника. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова*. 2022;14(1–1): 120–127. [Chekhonatsky V.A., Dreval O.N., Kuznetsov A.V., Chekhonatsky A.A., Gorozhanin A.V., Sidorenko V.V. Analysis of results of decompressive and decompressive-stabilizing operations in patients with single and repeated recurrences of lumbar disc herniation. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov*. 2022;14(1–1):120–127. (In Russ.)] eLIBRARY ID: 48217869