

Г.Ю. Левина¹, А.С. Борисов², А.А. Калинин^{1, 3}, В.А. Бывальцев^{1, 3, 4, 5}

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО НЕЙРОМОНИТОРИНГА В ЦЕНТРЕ НЕЙРОХИРУРГИИ ДОРОЖНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ НА СТАНЦИИ ИРКУТСК-ПАССАЖИРСКИЙ ОАО «РЖД»

¹ НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», Иркутск, Россия

² Клиника нервных болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Иркутск, Россия

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иркутск, Россия

⁴ ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, Россия

⁵ ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России, Иркутск, Россия

Интраоперационный нейромониторинг – это исследование нейрофизиологических параметров во время хирургического вмешательства, что позволяет облегчить работу хирурга, снизить риск ятрогенных повреждений, прогнозировать послеоперационный период. В Центре нейрохирургии НУЗ ДКБ на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД» проведено 17 операций с использованием ISIS IOM System. В статье представлены методика проведения и полученные результаты, подтверждающие статистические данные об эффективности метода.

Ключевые слова: интраоперационный нейромониторинг, нейрохирургия, опыт применения

ANALYSIS OF THE RESULTS OF INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING IN THE CENTER OF NEUROSURGERY OF RAILWAY CLINICAL HOSPITAL AT THE IRKUTSK-PASSAZHIRSKIY RAILWAY STATION OF RUSSIAN RAILWAYS LTD.

G.Y. Levina¹, A.S. Borisov², A.A. Kalinin^{1, 3}, V.A. Byvaltsev^{1, 3, 4, 5}

¹ Railway Clinical Hospital at the Irkutsk-Passazhirskiy Railway Station of Russian Railways Ltd., Irkutsk, Russia

² Clinic of Nervous Diseases of Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

³ Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

⁴ Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia

⁵ Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk, Russia

The reduction of postoperative complication rate is a significant trend in modern surgery. One of the most important methods of intraoperative diagnostics is intraoperative neurophysiological monitoring (IONM). The aim of the research was to assess capabilities of intraoperative neurophysiological monitoring in neurosurgical practice considering literature data and experience of IONM application in the Center of Neurosurgery Railway Clinical Hospital at the Irkutsk-Passazhirskiy Railway Station of Russian Railways Ltd. We conducted 17 surgeries using IONM. We described the procedure, analyzed data of monitoring and patients' condition in early postoperative period. No deviations requiring modifications in surgical manipulations were found during neuromonitoring. No iatrogenic neurological disorders were registered in postoperative period. Intraoperative neurophysiological monitoring is an additional effective method which allows reducing the risk of postoperative complications and indirectly improving the results of surgical manipulations.

Key words: intraoperative neurophysiological monitoring, neurosurgery, application experience

ВВЕДЕНИЕ

Снижение частоты осложнений в ходе оперативного вмешательства является одним из актуальных вопросов современной хирургии. Современным техническим средством, позволяющим предупредить и верифицировать повреждение нервных структур во время операции, прогнозировать течение послеоперационного периода, является интраоперационный нейромониторинг (ИОНМ). ИОНМ представляет собой комплекс нейрофизиологических методик, позволяющих в режиме реального времени оценить анатомо-функциональную целостность структур на разных уровнях нервной системы [6].

Впервые ИОНМ в модальности электроэнцефалографии (ЭЭГ) был проведен в 1935 г. О. Фёрстером и Х. Альтенбургером (O. Foerster, H. Altenburger) [14]. К концу 1970-х годов в связи с активным развитием спинальной хирургии широкое распространение по-

лучила методика исследования вызванных потенциалов (ВП), позволившая оценивать состояние спинного мозга. В 1978 г. впервые использована регистрация акустических стволовых ВП. В 1979 г. О.Р. Мёллер и П. Дженнетта (A.R. Møller, P.J. Jannetta) описали методологию мониторинга лицевого и слухового нервов при операциях в области ствола мозга [13]. Проведенное в 1988 г. исследование снизило интерес к интраоперационной регистрации сомато-сенсорных ВП (ССВП), выявив ложноположительные изменения, свидетельствовавшие о поражении сенсорных проводящих путей спинного мозга в 67 % случаев [5]. Дальнейшее изучение выявило угнетающее влияние анестезиологического пособия, гипотермии и ряда других факторов на показатели ИОНМ, увеличение информативности исследования при совместной регистрации ССВП, транскраниальных моторных ВП (ТкМВП), электромиографии (ЭМГ). В 90-х годах

XX в. мониторинг получил активное использование в практике хирургических отделений США, Японии и ряда европейских стран [6, 13].

С современных позиций считается, что применение ИОНМ является золотым стандартом при вмешательствах в области функционально значимых зон головного мозга, спинного мозга, при коррекции деформаций позвоночника, операциях на щитовидной железе, хирургическом лечении эпилепсии [1, 3].

В приложении к приказу Минздрава России № 565н от 12 августа 2013 года «Об утверждении перечня видов высокотехнологичной медицинской помощи» необходимость нейрофизиологического контроля в разделе «Нейрохирургия» указана для 7 из 14 типов операций [2].

С.А. Утеуова с соавт. в своем исследовании на группе пациентов ($n = 60$), прооперированных по поводу опухолей мостомозжечкового угла, привели данные о снижении риска грубого неврологического дефицита со стороны лицевого нерва с 76,6 % без применения ИОНМ до 30 % в группе исследования, о снижении риска бульбарных нарушений – с 10 % до 3,3 % соответственно, о достижении тотальности удаления опухоли – в 43 % случаев, по сравнению с 16 % в группе без нейрофизиологического контроля [4].

Х.С. Хименес (J.C. Jimenez) с соавт. отметили, что при использовании ИОНМ в хирургии на шейном отделе позвоночника ($n = 161$) снизилась частота двигательных расстройств с 7,3 % (в контрольной группе ($n = 55$), ретроспективный анализ) до 0,9 % [9]. Рядом авторов подтверждена высокая прогностическая ценность ИОНМ в послеоперационном периоде [9, 10, 12].

В данной работе авторы анализируют современные представления и возможности интраоперационного нейрофизиологического мониторинга, а также собственные данные, полученные при использовании ИОНМ при краниальных и спинальных хирургических вмешательствах в Центре нейрохирургии Дорожной клинической больницы на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД».

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести анализ результатов применения интраоперационного нейромониторинга в Центре нейрохирургии Дорожной клинической больницы на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД».

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В Центре нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД» с мая 2015 г. внедрено использование ИОНМ. Мониторинг проводится на аппарате ISIS IOM System фирмы Inomed (Германия), который позволяет регистрировать все необходимые нейрофизиологические параметры при различных типах операций. Выбор модальностей ИОНМ выполнялся нейрофизиологом соответственно установленному протоколу после предоперационного планирования доступа и объема хирургического вмешательства с нейрохирургом. Учитывая чувствительность проведения ИОНМ, в анестезиологическом пособии не использовались миорелаксанты длительного действия, основным этапом

анестезии поддерживался на комбинации пропофола с фентанилом.

Проанализированы результаты проведения 17 оперативных вмешательств с использованием ИОНМ, из них: удаление новообразований головного мозга – 3; клипирование аневризмы головного мозга – 3; установка стабилизирующих конструкций при дегенеративно-дистрофических изменениях позвоночного столба – 7; удаление экстра- и интрамедуллярных новообразований – 4. Возраст пациентов составил от 32 до 65 лет (медиана 39 лет). При операциях на головном мозге оценивались ТкМВП, ССВП, ЭМГ лицевого и тройничного нервов. Для регистрации ТкМВП стимулирующие скальповые электроды вводились подкожно в точках C1, C2 по расширенной международной системе «10–20» (рис. 1), регистрирующие игольчатые электроды – в *m. tibialis anterior* и *m. abductor pollicis brevis*. Стимуляция проводилась единичными импульсами по требованию нейрохирурга, сила тока подбиралась индивидуально относительно относительных ответов и в среднем составляла 120 мА. Регистрирующие скальповые игольчатые электроды для ССВП устанавливались в точках Cz, Fz, C3, C4 (рис. 1); стимуляционные – по ходу нервов *n. medianus*, *n. tibialis* (рис. 2). Длительность стимула составляла 200 мс, частота 4,7 Гц, интенсивность надпорогового стимула подбиралась индивидуально и составляла от 15 до 25 мА, эпоха анализа – 100 мс, количество усреднений – 200. Ритмическая стимуляция ССВП проводилась с каждой точки попеременно до основного этапа операции для определения исходных значений и далее постоянно до завершения необходимых манипуляций. С ранее установленных скальповых электродов параллельно велась непрерывная запись двуканальной электроэнцефалограммы. Функции двигательных черепно-мозговых нервов (лицевого и тройничного) оценивались с помощью free-run электромиографии (ЭМГ) с *m. orbicularis oris*, *m. orbicularis oculi*, *m. masseter* (рис. 3).

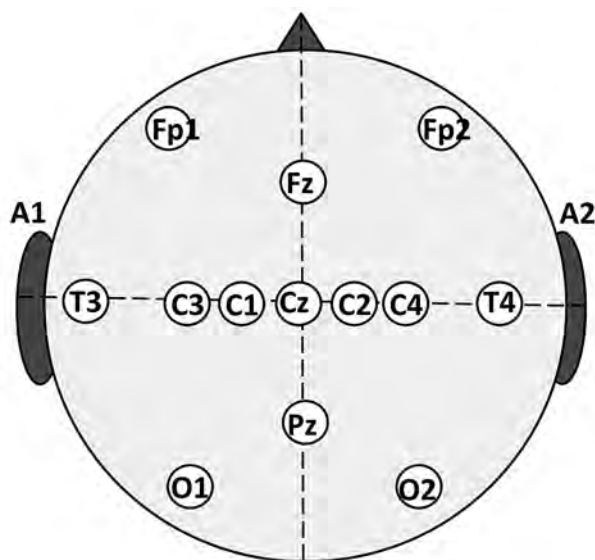


Рис. 1. Схема установки стимулирующих электродов при ТкМВП и регистрирующих электродов при ССВП.

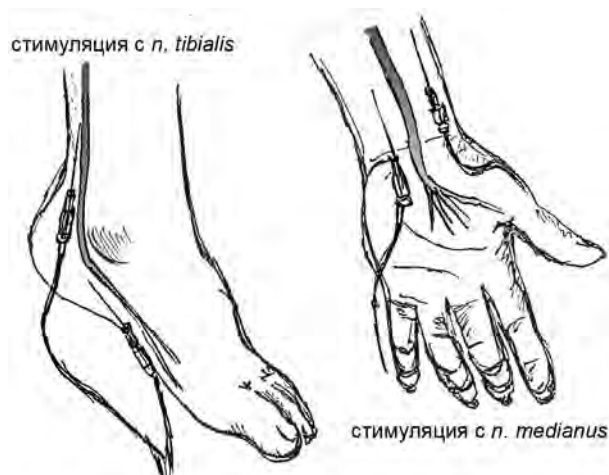


Рис. 2. Схема установки стимулирующих электродов при ССВП.

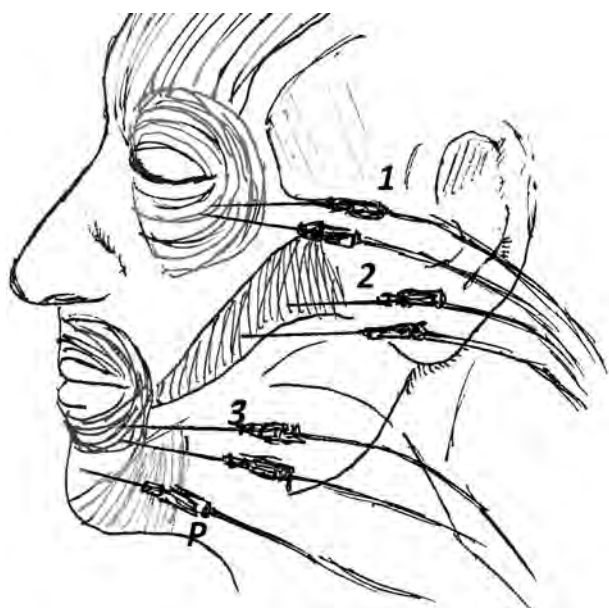


Рис. 3. Схема установки игольчатых электродов в область *m. orbicularis oculi* (1), *m. masseter* (2), *m. orbicularis oris* (3), референтного электрода (P) при ЭМГ.

Задачами мониторинга являлись: 1) оценка функционального состояния ствола головного мозга, моторной коры, лицевого и тройничного нервов; 2) определение локализации нервов в зоне риска с помощью специального зонда для триггерной ЭМГ; 3) определение границ функционирующей ткани.

Протокол мониторинга при клипировании аневризмы состоял из ССВП, ТкМВП и ЭЭГ, проводимых по вышеизложенной методике.

В спинальной хирургии для оценки состояния спинного мозга проводились ССВП, ТкМВП, ЭМГ. При ТкМВП и ЭМГ регистрирующие электроды вводились в заинтересованные мышцы, иннервируемые соответствующим сегментом спинного мозга. Для выделения границ опухоли, оценки функциональной состоятельности корешков спинного мозга проводилась триггерная ЭМГ. В данном случае использовался специальный стерильный зонд, сила тока составляла от 7 до 15 мА. Триггерная ЭМГ также использовалась для оценки правильности положения транспедику-

лярных винтов при установке стабилизирующих конструкций. В данном случае сила стимула составляла 3–5 мА, длительность 200 мс. Заземляющие электроды вводились в интактные мышцы. После введения электродов до начала исследования во всех случаях проверялся импеданс для проверки правильности их установки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во время проведения интраоперационного нейромониторинга критических изменений биоэлектрических показателей не выявлено, все этапы оперативного вмешательства проводились согласно предоперационному планированию. Коррекция действий хирурга считалась необходимой при: 1) устойчивом снижении амплитуды вызванных потенциалов ниже исходного уровня на 50 %, увеличении латентности на 10 % (обязательное сопоставление данных с анестезиологическим пособием, гипотермией, артериальным давлением); 2) устойчивом М-ответе при стимуляции транспедикулярного винта силой тока 3–4 мА (колебания ССВП и ТкМВП в пределах 20–30 % считались допустимыми) [8]. В случае раздражения двигательных волокон были получены М-ответы на ЭМГ, исчезающие после прекращения манипуляции. В одном случае после удаления опухоли задней черепной ямки отмечалось увеличение амплитуды ССВП, что свидетельствовало о декомпрессии стволовых структур. У 3 пациентов с дегенеративно-дистрофическими изменениями позвоночника амплитуда ССВП была ниже 0,8 мВ во время всего интраоперационного периода (при сохранении нормальной латентности). В литературных данных встречаются сомнения относительно эффективности мониторинга при изначально низких показателях биоэлектрической активности, выявленных в дооперационном периоде [8].

В ряде случаев в раннем послеоперационном периоде наблюдались цефалгический и болевой синдромы с регрессом в течение госпитализации.

Чувствительные нарушения по проводниковому типу развились в одном случае спустя 12 часов после операции по поводу удаления экстремедуллярной опухоли с полным регрессом в течение 10 дней консервативной терапии.

Стойкие неврологические нарушения в виде нарастания моторного дефицита выявлены у 1 пациента, прооперированного по поводу частично тромбированной аневризмы в бассейне левой средней мозговой артерии. До операции верифицирован правосторонний гемипарез с преобладанием в руке, моторная афазия (в течение 1 года). Во время наложения анастомоза отмечалось падение амплитуды ССВП до 20 %, при этом показатели латентности не изменялись. Моторные ответы при ТкМВП вызывались. В раннем послеоперационном периоде развилась правосторонняя гемиплегия. В течение 30 дней пациент получал сосудистую, нейротропную, метаболическую терапию, отмечалось постепенное увеличение силы в правых конечностях, уменьшение выраженности афатических нарушений. Переведен

на дальнейшую реабилитацию с правосторонним гемипарезом до 3 баллов.

По литературным данным встречаются сведения о ложноположительных и ложноотрицательных результатах нейромониторинга, в среднем процент подобных случаев колеблется в пределах 4 % [11, 14]. При операциях на сосудах головного мозга чувствительность ССВП составляет примерно 79 % [13], в то время как МВП – 100 %, но при условии использования транскраниальной стимуляции и прямой стимуляции моторной коры [7]. Снижение информативности вызванных потенциалов ряд авторов связывают с тем, что получаемые данные позволяют судить в большей степени о состоянии белого вещества головного мозга, более устойчивого к ишемии, чем серое вещество [14]. Кроме этого, транскраниальная стимуляция МВП воздействует на более глубокие подкорковые структуры и может миновать зоны ишемии в области подкорковых двигательных путей [7].

Таким образом, ИОНМ является дополнительным эффективным методом интраоперационной диагностики, позволяющим снизить имеющиеся риски послеоперационных осложнений и косвенно улучшить результаты хирургических манипуляций.

В заключение можно сделать следующие **выводы** о том, что интраоперационный нейрофизиологический мониторинг:

- позволяет контролировать функциональную состоятельность двигательных порций черепно-мозговых нервов, ствола, проводящих путей спинного мозга, периферических структур;
- позволяет обеспечить контроль и профилактику интраоперационных осложнений, прогнозировать течение послеоперационного периода;
- идентифицирует анатомические структуры, находящиеся в пределах операционного поля и способствует увеличению радикальности оперативного вмешательства, а также безопасной погружной металлофиксации позвоночного столба без формирования ятрогенного неврологического дефицита;
- способствует юридической безопасности оперирующего хирурга за счет формирования нейрофизиологического протокола и приложения его к медицинской документации.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Аракелян В.С., Щаницын И.Н. Методы мониторинга состояния спинного мозга при операциях на аорте // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2012. – № 6. – С. 26–33.
- Arakelyan VS, Shchanitsyn IN (2012). Methods of monitoring of spinal cord during aortic surgeries [Metody monitoringa sostoyaniya spinnogo mozga pri operatsiyakh na aorte]. *Byulleten' NTSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN. Serdechno-sosudistye zabolevaniya*, (6), 26–33.
2. Об утверждении перечня видов высокотехнологической медицинской помощи: Приказ Минздрава России № 565н от 12 августа 2013 г. – Режим доступа:

<http://www.rosminzdrav.ru/documents/5391-prikaz-minzdrava-rossii-n-565n-ot-12-avgusta-2013-g> (дата обращения 20.08.2015).

Concerning approval of the list of kinds of high-tech medical care: Order of Ministry of Health of the Russian Federation N 565n d.d. August 12, 2013 [Ob utverzhdenii perechnya vidov vysokotekhnologichnoy meditsinskoy pomoshchi: Prikaz Minzdrava Rossii № 565n ot 12 avgusta 2013 g]. Available at: <http://www.rosminzdrav.ru/documents/5391-prikaz-minzdrava-rossii-n-565n-ot-12-avgusta-2013-g>. Accessed August 20, 2015.

3. Румянцев П.О. Интраоперационный нейромониторинг при операциях на голове и шее // Опухоли головы и шеи. – 2012. – № 1. – С. 32–36.

Rumyantsev PO (2012) Intraoperative neuromonitoring during head and neck surgery [Intraoperatsionnyy neyromonitoring pri operatsiyakh na golove i shee]. *Opukholi golovy i shei*, (1), 32–36.

4. Утеуова С.А., Жумадильдина А.Ж., Мауль Я.Я. Опыт применения интраоперационного нейромониторинга в хирургии опухолей мостомозжечкового угла // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2015. – № 1. – С. 29–33.

Uteuova SA, Zhumadildina AZ, Maul YY (2015). Experience of using intraoperative neuromonitoring in cerebellopontine angle tumor surgery [Opyt primeneniya intraoperatsionnogo neyromonitoringa v khirurgii opukholey mostomozzhechkovogo ugla]. *Neyrokhirurgiya i neurologiya Kazakhstana*, (1), 29–33.

5. Crawford ES, Mizrahi EM, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ, Patel V (1988). The impact of distal aortic perfusion and somatosensory evoked potential monitoring on prevention of paraplegia after aortic aneurysm operation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, (95), 357–367.

6. Deletis V (2002). Intraoperative neurophysiology and methodologies used to monitor the functional integrity of the motor system. In: *Deletis V (ed.). Neurophysiology in neurosurgery. A modern intraoperative approach*, 25–51.

7. Guo L, Gelb AW (2011). The use of motor evoked potential monitoring during cerebral aneurysm surgery to predict pure motor deficits due to subcortical ischemia. *Clin. Neurophysiol.*, 122 (4), 648–655.

8. Husain AM (ed.) (2008). A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring, 429.

9. Jimenez JC, Sani S, Braverman B, Deutsch H (2005). Palsies of the fifth cervical nerve root after cervical decompression: prevention using continuous intraoperative electromyography monitoring. *J. Neurosurg. Spine*, 3 (2), 92–97.

10. Kelleher MO, Tan G, Sarjeant R, Fehlings MG (2008). Predictive value of intraoperative neurophysiological monitoring during cervical spine surgery: A prospective analysis of 1055 consecutive patients. *J. Neurosurg. Spine*, 8 (3), 215–221.

11. Lee JJ, Kim YI, Hong JT, Sung JH, Lee SW, Yang SH (2014). Intraoperative monitoring of motor-evoked potentials for supratentorial tumor surgery. *J. Korean Neurosurg. Soc.*, 56 (2), 98–102.

12. Lieberman JA, Lyon R, Feiner J (2008). The efficacy of motor evoked potentials in fixed sagittal

imbalance deformity correction surgery. *Spine*, 33 (13), E414-E424.

13. Tamaki T, Kubota S (2007). History of the development of intraoperative spinal cord monitoring. *Eur. Spine J.*, 16 (2), 140-146.

14. Wiedemayer H, Sandalcioğlu IE, Armbruster W, Regel J, Schaefer H, Stolke D (2004). False negative findings in intraoperative SEP monitoring: analysis of 658 consecutive neurosurgical cases and review of published reports. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, (75), 280-286.

Сведения об авторах Information about the authors

Левина Галина Юрьевна – врач-невролог Центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД» (664005, г. Иркутск, ул. Боткина, 10; e-mail: Levina@vrach-neurolog.ru)

Levina Galina Yuryevna – Neurologist of the Center of Neurosurgery of Railway Clinical Hospital at the Irkutsk-Passazhirskiy Railway Station of Russian Railways Ltd. (664005, Irkutsk, Botkina str., 10; e-mail: Levina@vrach-neurolog.ru)

Борисов Алексей Сергеевич – врач-невролог Клиники нервных болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России (664003, г. Иркутск, б. Гагарина, 18; e-mail: borisovas@vrach-neurolog.ru)

Borisov Aleksey Sergeevich – Neurologist of the Clinic of Nervous Diseases of Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Gagarin av., 18; e-mail: borisovas@vrach-neurolog.ru)

Калинин Андрей Андреевич – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург Центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», ассистент курса нейрохирургии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1; e-mail: andrei_doc_v@mail.ru)

Kalinin Andrey Andreyevich – Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon of the Center of Neurosurgery of Railway Clinical Hospital at the Irkutsk-Passazhirskiy Railway Station of Russian Railways Ltd., Assistant at the Course of Neurosurgery of Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstania str., 1; e-mail: andrei_doc_v@mail.ru)

Бывальцев Вадим Анатольевич – доктор медицинских наук, главный нейрохирург Департамента здравоохранения ОАО «РЖД», руководитель Центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД», заведующий курсом нейрохирургии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, и.о. заведующего научно-клиническим отделом нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1), профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, мкр. Юбилейный, 100; e-mail: byval75vadim@yandex.ru)

Byvaltsev Vadim Anatolyevich – Doctor of Medical Sciences, Chief Neurosurgeon of the Department of Healthcare of Russian Railways Ltd., Head of the Center of Neurosurgery of Railway Clinical Hospital at the Irkutsk-Passazhirskiy Railway Station of Russian Railways Ltd., Head of the Course of Neurosurgery of Irkutsk State Medical University, Acting Head of Clinical Research Department of Neurosurgery of Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology (664003, Irkutsk, Bortsov Revolyutsii str., 1), Professor of the Department of Traumatology, Orthopaedics and Neurosurgery of Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education (664049, Irkutsk, Yubileyniy, 100; byval75vadim@yandex.ru)