

ВЫСОКОПОЛЬНАЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВАЗОНЕВРАЛЬНОГО КОНФЛИКТА ПРИ ТРИГЕМИНАЛЬНОЙ НЕВРАЛГИИ (НА ТОМОГРАФАХ 1,5 И 3 ТЕСЛА)

Д. А. Рзаев*, М. Е. Амелин, Г. И. Мойсак

Федеральный центр нейрохирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

Высокоразрешающая магнитно-резонансная томография (МРТ) является неотъемлемой частью диагностического процесса для уточнения показаний к операции и планирования тактики оперативного лечения у пациентов с нейроваскулярным конфликтом. Благодаря большей напряженности магнитного поля томографы 3 Тл имеют лучшее соотношение сигнал-шум, улучшающее качество изображения. Цель данного исследования: сопоставление качества визуализации аппаратов 1,5 и 3 Тл при нейроваскулярном конфликте у пациентов с тригеминальной невралгией.

Материал и методы. 25 пациентов с нейроваскулярным конфликтом были обследованы на томографах с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3 Тл с использованием 3D CISS изображений. При этом сравнивали четкость визуализации и отграничения анатомических структур, качество изображения, полученное на двух аппаратах. При оперативном лечении (микровазкулярная декомпрессия корешка тройничного нерва) проводили сравнение оперативных находок с выявленными на МРТ изменениями.

Результаты. Изображения на томографе с напряженностью магнитного поля 3 Тл были более четкими по сравнению с томографом 1,5 Тл по соотношению сигнал-шум, имели лучшее анатомическое разрешение, в большей степени соответствуя интраоперационным находкам, включая более четкую дифференцировку сосудистых структур и нервов, а также мелких сосудистых ветвей. У некоторых пациентов по данным исследования, полученным на томографе 3 Тл, была выявлена более высокая степень компрессии тройничного нерва по сравнению с данными томографа 1,5 Тл.

Выводы. Для выявления нейроваскулярного конфликта у пациентов с тригеминальной невралгией желательно проводить исследование на томографах с напряженностью магнитного поля 3 Тл, имеющих большую чувствительность и более высокую точность в определении степени компрессии корешка тройничного нерва и наличия мелких сосудов в зоне компрессии нерва. Наши данные показали, что томографы с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл также позволяют выявить основной «причинный» сосуд или их сочетание, которые компримируют корешок тройничного нерва.

Ключевые слова: высокопольная магнитно-резонансная томография, тройничная невралгия, микровазкулярная декомпрессия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Для цитирования: Рзаев Д. А., Амелин М. Е., Мойсак Г. И. Высокопольная магнитно-резонансная томография в визуализации вазоневрального конфликта при тригеминальной невралгии (на томографах 1,5 и 3 Тесла). Сибирский медицинский журнал. 2017; 32(4): 35–40. DOI: 10.29001/2073-8552-2017-32-4-35-40

HIGH-FIELD MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN TRIGEMINAL NEURALGIA CAUSED BY NEUROVASCULAR CONFLICT (ON TOMOGRAPHS 1.5 TL AND 3 TL UNITS)

D. A. Rzaev*, M. E. Amelin, G. I. Moissak

Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation

High-resolution magnetic resonance imaging (MRI) plays an important part in the diagnostic process of clarification of indications for operating and planning operative treatment tactics in patients with neurovascular conflict. Due to higher strength of field 3 Tl MR units have better signal to noise ratio and better image quality. The aim of the study is to compare imaging quality in 3 Tl and 1.5 Tl MR units in patients with neurovascular conflict.

Material and Methods. 25 patients with neurovascular conflict were examined in 3 Tl and 1.5 Tl MR units using 3D-CISS images. Delimitation and acuity of anatomical structures, quality of images of two devices were compared. During surgical treatment (microvascular decompression of trigeminal nerve) was made a comparison of MR-images with operation findings.

Results. Images in 3 Tl MR unit had better signal to noise ratio and anatomical resolution, in a greater degree corresponding with intraoperational findings, including better differentiation of small vascular and neural structures, and also small

vascular branches. According to the research data obtained in tomograph 3 Tl, higher degree of trigeminal nerve compression in comparison with the data of tomograph 1.5 Tl was revealed in some patients.

Conclusion. To estimate the neurovascular conflict in patients with trigeminal neuralgia it is better to perform CISS-visualization in 3 Tl MR units having higher sensitivity and delicacy to determine the degree of trigeminal nerve root compression and the presence of small vessels in nerve compression zone. The data have shown that 1.5 Tl MR units also allow us to identify the major causalgic vessel or their combination which compress trigeminal nerve root.

Keywords: high-field magnetic resonance imaging, trigeminal neuralgia, microvascular decompression

Conflict of interest: the authors do not declare a conflict of interest

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned

For citation: Rzaev D. A., Amelin M. E., Moiseyev G. I. High-Field Magnetic Resonance Imaging in Trigeminal Neuralgia Caused by Neurovascular Conflict (on Tomographs 1.5 Tl and 3 Tl Units). Siberian Medical Journal. 2017; 32(4): 35–40. DOI: 10.29001/2073-8552-2017-32-4-35-40

Введение

Тригеминальная невралгия (ТН) является наиболее частой из всех видов невралгий и характеризуется стойкими пароксизмальными лицевыми болями по ходу ветвей 5-го черепного нерва. Причинами ТН могут быть разные факторы, вызывающие компрессию тройничного нерва (опухоли, аневризмы). Однако в большинстве случаев причиной ТН является сдавление нерва сосудом, артерией или веной, проходящими через препонтичные отделы цистерны рядом с тройничным нервом и пересекающими базальные цистерны мозга близко к месту выхода нервных корешков [1–4]. Компрессия черепных нервов сосудами получила название «нейроваскулярный конфликт» (НВК). Однако близкое расположение сосудистых структур или прямой контакт с нервом часто наблюдается в асимптомных случаях и далеко не всегда сопровождается развитием симптомов ТН [2, 3]. Таким образом, НВК не может быть установлен на основании одного лишь нервно-сосудистого контакта на магнитно-резонансных (МР) изображениях, и это понятие может использоваться только в случае клинических проявлений у пациента, у которого МР-картина контакта нерва и сосуда совпадает со стороной болевого синдрома. Поэтому при наличии симптомов ТН следует четко оценить наличие и выраженность компрессии нервного корешка на МР-изображениях.

Оптимальными для визуализации соотношения нервов и сосудов являются жестко взвешенные по T2, так называемые 3D CISS (3-dimension constructive interference steady state) изображения или их эквиваленты с малой толщиной среза (0,5–1 мм) и высоким контрастом между ликвором и нервными и сосудистыми структурами. Улучшение качества МР-изображений связано с большой величиной напряженности магнитного поля томографа и улучшением вследствие этого соотношения сигнал–шум [5, 6]. Таким образом, томографы с напряженностью поля 3 Тл и более имеют потенциально более высокие возможности при визуализации таких деликатных структур, как черепные нервы и соотношения их с сосудами [7–9].

В мировой литературе встречаются публикации об использовании томографов с напряженностью поля 3 Тл при НВК, однако практически не освещен вопрос сравнения возможностей высокопольных томографов с разной напряженностью поля [3, 4, 10].

«Золотым стандартом» лечения ТН является микроваскулярная декомпрессия корешка тройничного нерва [1, 4, 11]. До операции необходимы детальное анатомическое планирование и оценка нейроваскулярных соотношений с помощью высокоразрешающих МР-изображений. Четкое выделение сосуда, вызывающего компрессию, может снизить частоту потенциальных осложнений оперативного лечения и позволяет провести полную декомпрессию корешка тройничного нерва [1].

Цель данного исследования: сопоставление изображений, полученных на аппаратах с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3 Тл МР-томографии (МРТ) при визуализации НВК, с оперативными находками для оценки качества визуализации.

Материал и методы

В исследование включено 25 пациентов с унилатеральной ТН (11 мужчин, 14 женщин) в возрасте от 25 до 80 лет (средний возраст пациентов составил 56,3 года). У 4 пациентов в прошлом выполнено оперативное лечение по поводу ТН. Длительность заболевания у пациентов варьировалась от 6 мес. до 55 лет (в среднем — 9,8 года). Тип ТН был классифицирован по K. Burchiel (2003), табл. 1.

Таблица 1

Типы ТН

Тип ТН	Количество пациентов
I тип по Burchiel	17
II тип по Burchiel	8
Микроваскулярная декомпрессия в анамнезе	4

Каждому из пациентов проводили исследования на аппаратах Siemens Magnetom Avanto (Erlangen, Germany) с напряженностью магнитного поля индукции 1,5 Тл и General Electric Discovery 750 w с напряженностью магнитного поля индукции 3 Тл с использованием тяжело взвешенных 3D T2-изображений, так называемых 3D CISS. Параметры сканирования представлены в табл. 2.

При исследовании уточняли наличие компрессии нерва сосудом, «причинный» сосуд, наличие странгуляционной борозды на корешке тройничного нерва. Степень компрессии тройничного нерва уточняли в соответствии со шкалой, разработанной M. Adamczyk et al. [цит. по 12], табл. 3.

Таблица 2

Параметры сканирования 3D CISS

Параметры сканирования	1,5 Тл	3 Тл
TR	1200	8,2
TE	263	11
NEX	1	1
Толщина среза, мм	0,8	0,6
Количество срезов на протокол	72	80
Направление сбора данных	A/P	A/P
Bandwidth	63,75	62,5
Flip angle	150	55

Таблица 3

Диагностические критерии M. Adamczyk et al.

Степень НВК	Описание НВК
0	Нет НВК
1	Артерия и нерв контактируют и имеют параллельные оси
2	Артерия и нерв контактируют и пересекаются под прямым или острым углом
3	Артерия дислоцирует нерв
4	Видимая атрофия нерва в месте контакта с артерией

После проведения МР-исследования полученные данные сопоставлялись с изменениями нерва и вазоневральных соотношений на операции.

Таблица 4

Соответствие данных, полученных при визуализации на различных томографах, оперативным находкам

Находки на МРТ	Количество находок на МРТ / соответствие выявленным изменениям на операции	
	1,5 Тл	3 Тл
Верхняя мозжечковая артерия в сочетании с артериальным сосудом малого калибра	5 / 80%	4 / 100%
Верхняя мозжечковая артерия в сочетании с венозным сосудом	13 / 93%	14 / 100%
Венозный сосуд	5 / 100%	5 / 100%
Сосуд мелкого калибра, контактирующий с корешком тройничного нерва	6 / 96%	25 / 100%
Гранулема после микровазкулярной декомпрессии	2 / 100%	2 / 100%

Примечание: исследования проводились у одних и тех же пациентов.

Кроме описанных изменений, у нескольких пациентов степень компрессии по M. Adamczyk et al. была изменена на большую после исследования на аппарате с напряженностью поля 3 Тл по сравнению с той, что была исходно установлена на аппарате 1,5 Тл. В частности, у 2 (8%) пациентов со 2-й до 3-й степени и у 1 (4%) из пациентов — с 3-й до 4-й (табл. 5).

Результаты

У 23 (92%) из 25 пациентов по данным МРТ с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл был выявлен НВК с корешком тройничного нерва, соответствующий стороне болевого синдрома. При этом в 2 (8%) случаях было отмечено расхождение при определении «причинного» сосуда или комбинации сосудов в случае, если воздействие на нерв оказывал не один сосуд.

У 2 пациентов, ранее перенесших микровазкулярную декомпрессию, были выявлены тefлоновые гранулемы, которые компримировали корешок тройничного нерва и явились причиной рецидива ТН. У этих пациентов не было расхождений в предоперационной диагностике гранулем и выявлении их в ходе вмешательства. Однако у 1 из этих пациентов на томографе с напряженностью поля 3 Тл выявлено сочетание компрессии гранулемой и петлей верхней мозжечковой артерии (вновь образованный НВК), в то время как на 1,5 Тл четко оценить наличие компрессии петлей верхней мозжечковой артерии не удалось.

Также некоторые расхождения отмечались при оценке венозной компрессии в сочетании с артериальным сосудом. При этом при изолированной венозной компрессии не отмечалось расхождений между интерпретацией изображений, полученных на аппаратах с разной напряженностью магнитного поля. Наибольшие расхождения отмечались при наличии контакта корешка тройничного нерва с мелкими вторичными ветвями, которые при исследовании на 1,5 Тл аппарате были не видны в большинстве случаев (19 наблюдений), табл. 4.

Таблица 5

Соответствие степени компрессии тройничного нерва по M. Adamczyk et al. оперативному подтверждению

Степень конфликта	1,5 Тл	3 Тл	Оперативная оценка
1-я степень	6	6	6
2-я степень	10	8	8
3-я степень	7	8	8
4-я степень	2	3	3

Обсуждение

Полученные хотя и на небольшой, но тщательно отобранной группе пациентов результаты показывают, что аппараты с напряженностью поля 1,5 Тл могут применяться для хирургического планирования и незначительно уступают аппаратам с напряженностью поля 3 Тл для выявления НВК. Однако аппараты с большей напряженностью магнитного поля (3 Тл) улучшают качество визуализации, позволяя увидеть больше деталей. В целом для определения показаний к оперативному лечению у пациентов с ТН могут применяться томографы с напряженностью магнитного поля как 1,5 Тл, так и 3 Тл. Преимущества аппарата 3 Тл проявляются в наиболее подробной детализации анатомических особенностей, совпадающих с визуальной картиной, которая открывается хирургу на операции, более точном определении степени компрессии тройничного нерва, уточнении вида «причинного» сосуда или комбинации сосудов.

В данном исследовании продемонстрирована несколько бо́льшая диагностическая ценность томографа с напряженностью поля 3 Тл по сравнению с томографом 1,5 Тл у пациентов с НВК. Хотя НВК чаще вызывается относительно крупными сосудистыми стволами, нередко его причиной могут быть более мелкие ветви, имеющие малый диаметр и не всегда хорошо различимые на изображениях, полученных на аппарате с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл [5, 13–16], а также другие причины компрессии нерва (гранулемы, микроаневризмы и пр.).

В нашем исследовании у небольшой части пациентов контакт между нервом и сосудом (чаще всего в случае ветвей мелкого калибра) выглядел не вполне убедительно на изображениях томографа с напряженностью поля 1,5 Тл, и не всегда удавалось четко оценить соотношения нерва и сосуда из-за размытия их границ на изображениях. У этих пациентов наличие НВК и степень компрессии корешка тройничного нерва вызвали сомнения. Как правило, это были пациенты, у которых компрессия была вызвана вторичной ветвью ствола верхней мозжечковой артерии либо веной. Изображения области мосто-мозжечковых углов, выполненные у этих пациентов на томографе 3 Тл, имели лучшую дифференцировку структур и меньшее количество артефактов, что позволяло с высокой степенью достоверности говорить о наличии НВК. В литературных источниках также отмечено, что соотношение сигнал–шум было выше на высокопольных томографах, что помогает лучше дифференцировать мелкие сосудистые структуры [6].

Субмиллиметровая толщина среза, отсутствие промежутков между срезами дают уверенное улучшение качества визуализации черепно-мозговых нервов по сравнению с рутинным МР-исследованием, имеющим срез более 3 мм, в то время как нервы и сосуды могут иметь поперечный диаметр менее 2 мм [11]. Эти преимущества имеются у обоих типов аппаратов, как с напряженностью поля 1,5 Тл, так и 3 Тл. Основными же преимуществами аппарата с напряженностью поля 3 Тл являются лучшее соотношение сигнал–шум и меньшее количество артефактов по сравнению с аппаратом 1,5 Тл (рис. 1) [6, 17–22].

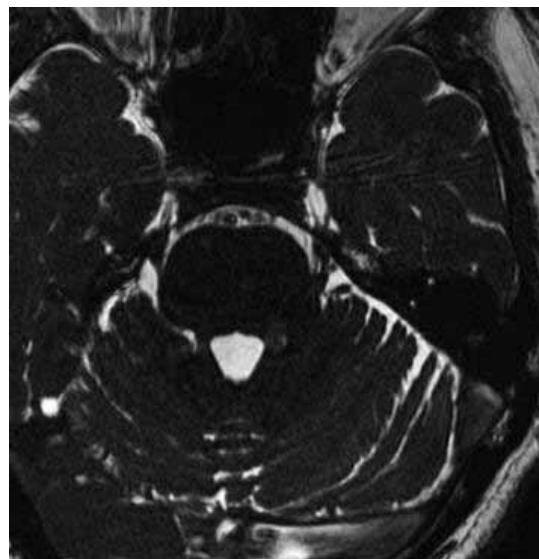
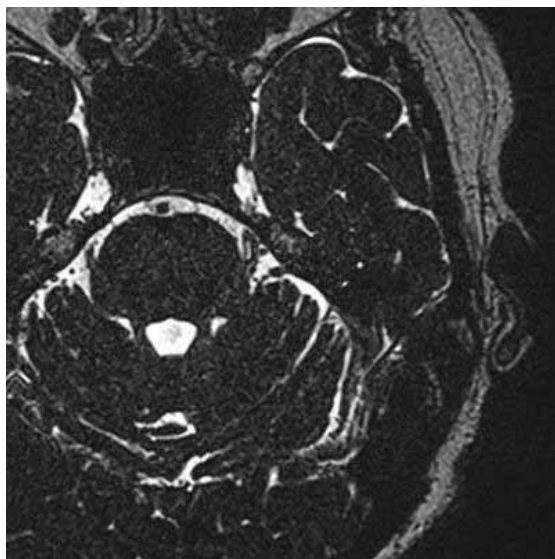


Рис. 1. Изображения, полученные на томографах 1,5 Тл (слева) и 3 Тл (справа). Отсутствие артефактов и более четкое соотношение сигнал–шум на 3 Тл

Это свойство томографов с большей напряженностью магнитного поля в отдельных случаях улучшает детализацию патологических изменений на МР-изображениях

[6, 21–23]. Во всех изучаемых случаях изменения, выявленные с помощью томографа 3 Тл, были подтверждены на операции.

Выводы

Высокопольные МР-томографы являются необходимым инструментом для диагностики НВК и планирования микроваскулярной декомпрессии у больных с ТН. Для уточнения «причинного» сосуда, вызывающего НВК, у пациентов с ТН предпочтительно проводить исследование на томографах с напряженностью магнитного поля 3 Тл, имеющих большую чувствительность и более высокую точность в определении степени компрессии корешка тройничного нерва.

Литература / References

1. Tarnaris A.I., Renowden S.H., Coakham H.B. A comparison of magnetic resonance angiography and constructive interference in steady state-three-dimensional Fourier transformation magnetic resonance imaging in patients with hemifacial spasm. *Br. J. Neurosurg.* 2007;21:375–781.
2. Naraghi R.T., Tanrikulu L.V., Troesch-Weber R.C. et al. Classification of neurovascular compression in typical hemifacial spasm: three-dimensional visualization of the facial and the vestibulocochlear nerves. *J. Neurosurg.* 2007;107:1154–1163.
3. Kakizawa Y., Seguchi T., Kodama K. et al. Anatomical study of the trigeminal and facial cranial nerves with the aid of 3.0-Tesla magnetic resonance imaging. *J. Neurosurg.* 2008;108:483–490.
4. Miller J.F., Acar F.N., Hamilton B.I. Preoperative visualization of neurovascular anatomy in trigeminal neuralgia. *J. Neurosurg.* 2008;108:477–482.
5. Ross J.S. The high-field-strength curmudgeon. *Am. J. Neuroradiol.* 2004;25:168–169.
6. Frayne R.M., Goodyear B.G., Dickhoff P.A. et al. Magnetic resonance imaging at 3.0 Tesla: challenges and advantages in clinical neurological imaging. *Invest. Radiol.* 2003;38:385–401.
7. Anderson V.C., Berryhill P.C., Sandquist M.A. et al. High-resolution three-dimensional magnetic resonance angiography and three-dimensional spoiled gradient-recalled imaging in the evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia: a double-blind pilot study. *Neurosurgery.* 2006;58:666–673.
8. Hastreiter P.M., Naraghi R.T., Tomandl B.E. et al. Analysis and 3-dimensional visualization of neurovascular compression syndromes. *Acad. Radiol.* 2003;10:1369–1379.
9. Naraghi R.T., Hastreiter P.M., Tomandl B.E. et al. Three-dimensional visualization of neurovascular relationships in the posterior fossa: technique and clinical application. *J. Neurosurg.* 2004;100:1025–1035.
10. Leal P.R., Hermier M., Souza M.A. et al. Visualization of vascular compression of the trigeminal nerve with high-resolution 3T MRI: a prospective study comparing preoperative imaging analysis to surgical findings in 40 consecutive patients who underwent microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Neurosurgery.* 2011;69:15–26.
11. Yamakami I., Kobayashi E., Hirai S. et al. Preoperative assessment of trigeminal neuralgia and hemifacial spasm using constructive interference in steady state-three-dimensional Fourier transformation magnetic resonance imaging. *Neurol. Med. Chir.* 2000;40:554–555.
12. Benes L.O., Shiratori K.J., Gurschi M.A. et al. Is preoperative high-resolution magnetic resonance imaging accurate in predicting neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia? A single-blind study. *Neurosurg. Rev.* 2005;28:131–136.
13. Stobo D.B., Lindsay R.S., Connell J. et al. Initial experience of 3 Tesla versus conventional field strength magnetic resonance imaging of small functioning pituitary tumors. *Clin. Endocrinol.* 2011;75:673–677.
14. Leal P.R., Hermier M., Froment J.C. et al. Preoperative demonstration of the neurovascular compression characteristics with special emphasis on the degree of compression, using high-resolution magnetic resonance imaging: a prospective study, with comparison to surgical findings, in 100 consecutive patients who underwent microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Acta Neurochir. (Wien).* 2010;152:817–825.
15. Tanrikulu L.L., Hastreiter P.G., Richer G.L. et al. Virtual neuroendoscopy: MRI-based three-dimensional visualization of the cranial nerves in the posterior cranial fossa. *Br. J. Neurosurg.* 2008;22:207–212.
16. Hastreiter P.M., Naraghi R.T., Tomandl B.E. et al. 3D-visualization and registration for neurovascular compression syndrome analysis. MICCAI '02 Proceedings of the 5th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Part I. — London, UK: Springer-Verlag. 2002;5:396–403.
17. Willinek W.A., Schild H.H. Clinical advantages of 3.0 T MRI over 1.5 T. *Eur. J. Radiol.* 2008;65:2–14.
18. Schmitz B.L., Aschoff A.J., Hoffmann M.H. et al. Advantages and pitfalls in 3TMR brain imaging: a pictorial review. *Am. J. Neuroradiol.* 2005;26:2229–2237.
19. Tanenbaum L.N. Clinical 3T MR imaging: mastering the challenges. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2006;14:1–15.
20. Stankiewicz J.M., Glanz B.I., Healy B.C. et al. Brain MRI lesion load at 1.5T and 3T versus clinical status in multiple sclerosis. *J. Neuroimaging.* 2011;21:50–56.
21. Willinek W.A., Gieseke J.K., Von Falkenhausen M. et al. Sensitivity encoding (SENSE) for high spatial resolution time-of-flight MR angiography of the intracranial arteries at 3.0 T. *Rofo.* 2004;176:21–26.
22. Pattany P.M. 3T MR imaging: the pros and cons. *Am. J. Neuroradiol.* 2004;25:1455–1456.
23. Schwandt W.L., Kugel H.R., Bachmann R.P. et al. Magnetic resonance imaging protocols for examination of the neurocranium at 3 T. *Eur. Radiol.* 2003;13:2170–2179.

Поступила 08.08.2017

Received August 08.2017

Сведения об авторах

Рзаев Джамиль Афетович*, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, главный врач Федерального центра нейрохирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации, доцент кафедры нейронаук Института медицины и психологии Новосибирского государственного университета.
Адрес: 630087, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1.
E-mail: d_rzaev@neuronsk.ru.

Амелин Михаил Евгеньевич, канд. мед. наук, рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики Федерального центра нейрохирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации, ассистент кафедры фундаментальной медицины Новосибирского государственного университета.
Адрес: 630087, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1.
E-mail: m_amelin@neuronsk.ru.

Мойсак Галина Ивановна, канд. мед. наук, врач-невролог, Федеральный центр нейрохирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации, старший преподаватель кафедры фундаментальной медицины Новосибирского государственного университета.
Адрес: 630087, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1.
E-mail: g_moysak@neuronsk.ru.

Information about the authors

Rzaev Jamil A.*, Cand. Sci. (Med.), Neurosurgeon, the Head of Federal Neurosurgical Center, Associate Professor of Neurosciences Department, Institute of the Medicine and Psychology, Novosibirsk State University.

Address: 132/1, Nemirovich-Danchenko st., Novosibirsk, 630087, Russian Federation.

E-mail: d_rzaev@neuronsk.ru.

Amelin Mikhail E., Cand. Sci. (Med.), Radiologist, the Head of X-ray Department, Federal Neurosurgical Center, Assistant of the Fundamental Medicine Department, Novosibirsk State University.

Address: 132/1, Nemirovich-Danchenko st., Novosibirsk, 630087, Russian Federation.

E-mail: m_amelin@neuronsk.ru.

Moisak Galina I., Cand. Sci. (Med.), Neurologist of Federal Neurosurgical Center, the Lecturer of the Neuroscience Department, Institute of Medicine and Psychology, Novosibirsk State University.

Address: 132/1, Nemirovich-Danchenko st., Novosibirsk, 630087, Russian Federation.

E-mail: g_moisak@neuronsk.ru.