

Особенности методики проведения магнитно-резонансной томографии головного и спинного мозга у детей с опухолевыми поражениями центральной нервной системы

А.В. Артемов, Г.В. Терещенко, Э.В. Кумирова

ФГБУ «ННПЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России; Россия, 117997, Москва, ул. Саморы Машела, 1

Контактные данные: Антон Владимирович Артемов anton.artemov@mail.ru

В данной статье приведены рекомендации по методике проведения магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного и спинного мозга у детей с опухолями центральной нервной системы (ЦНС). Данные рекомендации разработаны на основе собственного большого опыта в проведении таких исследований на базе ННПЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, опыта выполнения референсного анализа МРТ-исследований ЦНС, выполненных в других лечебных учреждениях, и европейского опыта проведения и референсного анализа МРТ ЦНС в рамках международных мультицентровых исследований.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, опухоли центральной нервной системы, дети, рекомендации, методика

DOI: 10.17650/2311-1267-2017-4-1-46-50

Features of a technique of magnetic resonance imaging of the brain and spinal cord in children with neoplasms of the central nervous system

A. V. Artemov, G. V. Tereshchenko, E. V. Kumirova

Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology,
Ministry of Health of Russia; 1 Samory Mashela St., Moscow, 117997, Russia

This article provides recommendations for the brain and spinal cord magnetic resonance imaging (MRI) technique in children with neoplasms of the central nervous system (CNS). These guidelines are made up on the great first-hand experience of such studies in the Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, experience in MRI reference of the CNS made in other medical institutions, and European experience in MRI of the CNS and reference analysis in the framework of international multicentre studies.

Key words: magnetic resonance imaging, central nervous system neoplasms, children, guidelines, technique

Выживаемость детей с опухолями центральной нервной системы (ЦНС) в последние десятилетия увеличилась с 30 до 70–90 %. Это произошло за счет внедрения в практику не только современных высокотехнологичных методик диагностики и лечения, но и протоколов, в рамках которых выделялись прогностические группы, изучались клиничко-морфологические и молекулярные предикторы ответа на лечение, совершенствовались комбинации цитостатических препаратов, внедрялись новые таргетные препараты. Тенденция к организации мультицентровых исследований с созданием регистров больных и выработкой единых подходов к диагностике и лечению, а также референсу, позволит получить ответы на клинически значимые вопросы – кому, когда и с какой целью должна назначаться та или иная терапия, а значит, обеспечит и индивидуализацию лечения. Магнит-

но-резонансная томография (МРТ) – это один из методов в диагностике опухолей ЦНС у детей, требующих точной интерпретации полученных данных в рамках мультицентровых исследований с целью выбора правильного лечения для пациентов. Поэтому референс МРТ стал стандартно принятым подходом в мире в рамках работы в мультицентральной группе протокола. С 2015 г. ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева (ныне – ННПЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева) инициировал мультицентровое исследование, посвященное лечению опухолей ЦНС у детей, – «Российское исследование на основе НИТ-MED рекомендаций для пациентов с опухолями ЦНС 2014 г.», которое призвано объединить региональные центры, специализирующиеся в лечении опухолей ЦНС у детей, в мультицентровую группу, работающую по единым стандартам диагностики и лечения, и, соответствен-

но, улучшить выживаемость детей, страдающих медуллобластомами, пинеобластомами, другими эмбриональными опухолями и эпендимомы. Данное исследование предполагает централизацию референса диагностики и лечения таких пациентов в ННПЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева.

При опухолевых поражениях ЦНС МРТ является наиболее информативным методом диагностики [1, 2]. Он применяется для выявления опухолевого поражения и дифференциальной диагностики с другими поражениями ЦНС, определения локализации и взаимного расположения с различными анатомическими структурами, размеров и объема опухоли, ее структуры, выявления возможных метастазов в веществе мозга и по мозговым оболочкам [3]. В некоторых случаях МРТ позволяет предположить гистологическую природу опухоли [4]. Во время и после лечения, а также в отдаленный период метод позволяет оценить динамику поражения. Однако для эффективного решения этих задач принципиальное значение имеют характеристики МР-томографа и правильная методика выполнения исследования [5, 6].

В нашем Центре выполняется до 50 МРТ-исследований нейроонкологических пациентов в месяц, а также проводятся референсные (экспертные) пересмотры МР-исследований нейроонкологических пациентов, выполненных в других лечебных учреждениях. В настоящее время с оформлением письменных референсных заключений пересматривается 12–15 исследований в месяц. В особо сложных случаях исследования направляются на референсный пересмотр в Германию профессору Монике Вармут-Метц

(Monika Warmuth-Metz) – руководителю европейского референсного центра по лучевой диагностике опухолей ЦНС у детей на базе Университетской клиники г. Вюрцбург, являющейся лучшим в Европе специалистом в этой области. Как наш, так и мировой опыт показывают, что неправильно выполненное МР-исследование в ряде случаев не дает возможности правильно стадировать опухолевое поражение, что может привести к критическим ошибкам в лечении. На рис. 1 представлено правильно выполненное МР-исследование, а на рис. 2 – изображения, полученные с ошибками, или низкого качества.

МР-томограф должен обеспечивать получение достаточно качественных изображений ГМ с толщиной среза 4 мм и СМ (позвоночника) с толщиной среза 4 мм (желательно 3 мм) в сагиттальной плоскости и 4–5 мм в аксиальной плоскости за приемлемое время. Для этого томограф должен быть с индукцией магнитного поля 1,5 или 3 Тл (1,5 – предпочтительнее, так как такие томографы менее склонны к формированию артефактов – рис. 3), достаточно новым и в хорошем техническом состоянии. Должны присутствовать катушки для позвоночника (позволяющие получить изображения позвоночника на уровне от краниовертебрального перехода до позвонка S3 без перекладки пациента/катушки) и для ГМ [7]. Желательно наличие единой катушки, позволяющей сканировать ГМ и позвоночник, или возможность одновременной установки головной и спинальной катушек для проведения исследования всей ЦНС без перекладки (что особенно важно при проведении исследования под наркозом). При контроле в динамике

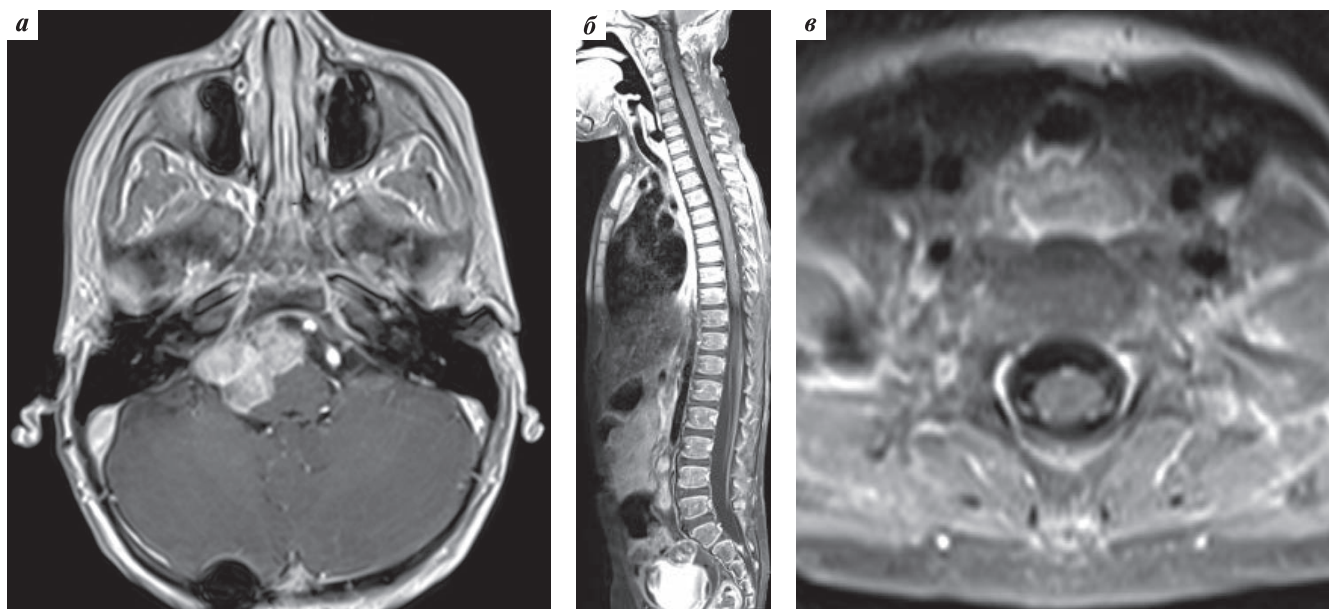


Рис. 1. Пример МР-изображений высокого качества: а – аксиальные T1-взвешенные изображения головного мозга (ГМ) с контрастным усилением; б – сагиттальные T1-взвешенные изображения спинного мозга (СМ) с контрастным усилением; в – аксиальные T1-взвешенные изображения СМ с контрастным усилением

для более корректного сравнения желательнее выполнение повторных исследований на том же томографе, с использованием тех же программ со сходными параметрами сканирования.

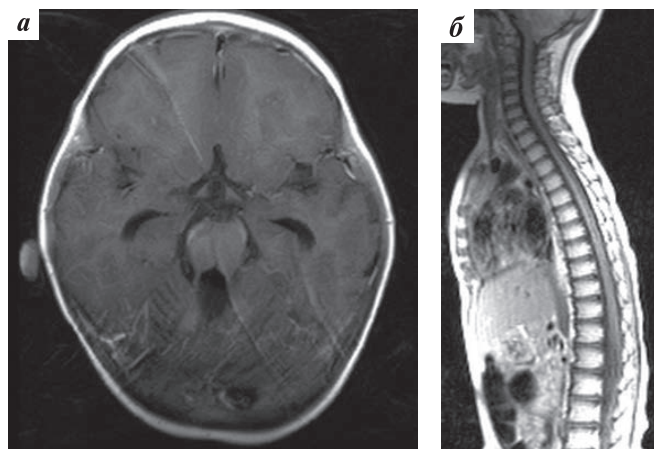


Рис. 2. Пример МР-изображений, полученных с ошибками: а – аксиальные T1-взвешенные изображения ГМ с контрастным усилением; слишком большая толщина среза (6 мм), артефакты от тока крови в венозных синусах и от движений пациента; б – сагиттальные T1-взвешенные изображения СМ с контрастным усилением; каудальные отделы дурального мешка не вошли в поле обзора, низкое качество изображений (низкое разрешение, выраженная неравномерная яркость), отсутствуют аксиальные изображения

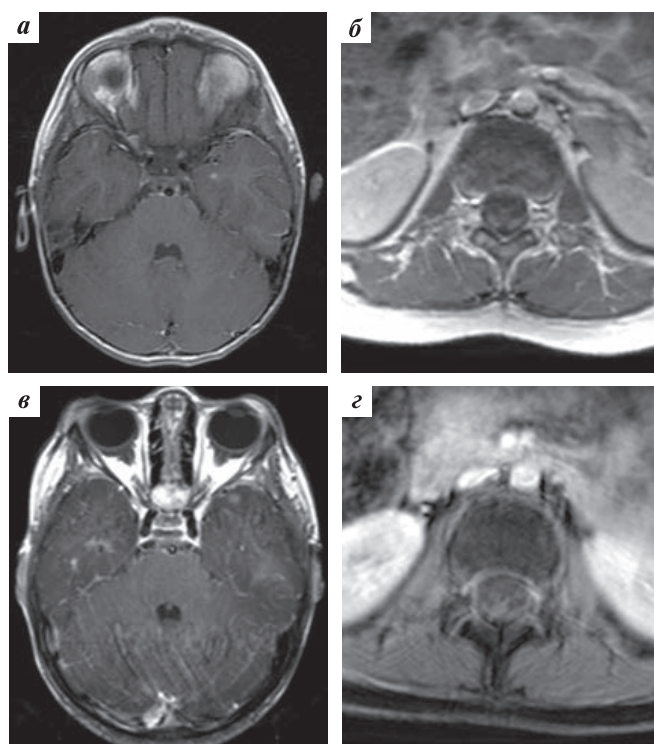


Рис. 3. Пример изображений одного пациента, полученных на МР-томографах с индукцией магнитного поля 1,5 Тл и 3 Тл: а, б – изображения ГМ и СМ, полученные на МР-томографе с индукцией магнитного поля 1,5 Тл; в, г – изображения ГМ и СМ, полученные на МР-томографе с индукцией магнитного поля 3 Тл

При всех МР-исследованиях по поводу опухоли ЦНС обязательно применение гадолиний-содержащего контрастного вещества (КВ) в стандартной дозировке [8]. Следует обратить внимание, что не все контрастные препараты допущены к применению у маленьких детей. При исследовании ГМ до введения КВ обязательно получение 4 типов изображений в аксиальной плоскости: T1-SE/TSE (может заменяться на T1-FLAIR), T2-SE/TSE, T2-FLAIR, DWI (с B-фактором 1000 мс). Толщина среза должна быть не более 4 мм, межсрезовой промежуток – не более 0,5 мм. Также следует получить сагиттальные изображения в режиме T1 (предпочтительнее) или T2 с толщиной среза 4–5 мм через 0,5 мм и коронарные изображения в режиме T2 (предпочтительнее) или T1 с толщиной среза до 5 мм через 0,5 мм. После введения КВ должны быть получены изображения T1-SE/TSE во всех плоскостях с геометрией разметки, совпадающей с нативными T1-изображениями. Изображения в сагиттальной и коронарной плоскостях могут быть заменены на соответствующие изображения в трехмерном (3D) режиме с последующей мультипланарной реконструкцией. При этом T1-изображения могут быть как на основе спинного эха (SE/TSE), так и на основе градиентного эха (GE/FFE). Получение стандартных SE/TSE-изображений в аксиальной плоскости обязательно.

В случаях, когда имеется опухоль (или подозрение на опухоль) sellарной, супраселлярной (хиазмальной) или пинеальной областей, следует добавить к стандартным тонкосрезовые (толщина среза до 3 мм, межсрезовой промежуток около 0,3 мм) сагиттальные T1-SE/TSE-изображения до и после введения КВ на область расположения опухоли. При необходимости можно добавить также тонкосрезовые коронарные T1 и/или сагиттальные или коронарные T2-изображения.

При исследовании СМ до введения КВ следует получить сагиттальные изображения 3 типов: T1-SE/TSE (может заменяться на T1-FLAIR), T2-SE/TSE, T2-STIR. Толщина среза должна быть 3 мм, межсрезовой промежуток – не более 0,5 мм. Также желательнее получение коронарных изображений одного типа с толщиной среза до 5 мм. После введения КВ должны быть получены сагиттальные T1-SE/TSE-изображения (совпадающие по геометрии с нативными) и аксиальные T1-SE/TSE с толщиной до 5 мм с межсрезовым промежуток 0,5 мм. Сагиттальные и аксиальные изображения должны быть получены на уровне от краниовертебрального перехода до позвонка S3 (так как на этом уровне заканчивается дуральный мешок). Следует использовать T1-изображения без подавления сигнала жира, так как подавление часто бывает неравномерным. В случаях, если есть опасения, что пациент не сможет долго лежать неподвижно

Таблица 1. Рекомендуемые параметры МР-исследований у детей с опухолями ЦНС

Параметр	Обязательно	Желательно
Требования к МР-томографу	Должен обеспечивать получение качественных изображений ГМ и позвоночника/СМ (в том числе аксиальных изображений позвоночника)	Индукция магнитного поля 1,5 Тл. Для более корректного динамического сравнения желательно проводить повторные исследования на одном и том же томографе, с использованием тех же типов изображений, с теми же параметрами
Типы получаемых изображений, ГМ	<i>До введения КВ</i> Должны присутствовать изображения во всех плоскостях (аксиальная, сагиттальная, коронарная) и все типы изображений (T2-SE/TSE, T2-FLAIR, T1-SE/TSE, DWI). Во всех случаях, кроме опухолей сельлярно-гипоталамической и пинеальной областей, наиболее информативными являются аксиальные изображения <i>После введения КВ</i> T1-SE/TSE в 3 плоскостях. Сагиттальные и коронарные T1-SE/TSE могут быть заменены 3D-T1-изображениями, наличие аксиальных T1-SE/TSE обязательно	<i>До введения КВ</i> Аксиальные: T2-SE/TSE, T2-FLAIR, T1-SE/TSE, DWI Сагиттальные: T1-SE/TSE Коронарные: T2-SE/TSE Могут использоваться 3D-последовательности (обычно в сагиттальной плоскости), однако основные типы изображений в аксиальной плоскости должны присутствовать в любом случае <i>После введения КВ</i> T1-SE/TSE во всех 3 плоскостях, совпадающие по толщине среза и геометрии разметки с нативными изображениями
Толщина среза/межсрезовой промежуток, ГМ	Не более 5 мм, с промежутком до 1 мм	Аксиальные изображения не более 4 мм, с промежутком до 0,5 мм
Дополнительные изображения при проведении исследования по поводу опухолей сельлярной и супрасельлярной областей, гипоталамуса, пинеальной области	Дополнительно должны присутствовать T1-изображения в сагиттальной плоскости толщиной до 3 мм, с промежутком около 0,3 мм (покрывающие область расположения опухоли) до и после введения КВ	Кроме того, желательно наличие коронарных T1-изображений толщиной до 3 мм через 0,3 мм (до и после введения КВ), и T2-изображений толщиной 3 мм через 0,3 мм в коронарной или сагиттальной плоскости (покрывающих область расположения опухоли)
Типы получаемых изображений, СМ	<i>До введения КВ</i> При первичном исследовании: сагиттальные T1-SE/TSE, а также сагиттальные T2-SE/TSE или T2-STIR При повторном исследовании: сагиттальные T1-SE/TSE <i>После введения КВ</i> Сагиттальные T1-SE/TSE, аксиальные T1-SE/TSE на всем протяжении дурального мешка (до уровня позвонков S2–S3)	<i>До введения КВ</i> При первичном исследовании: сагиттальные T1-SE/TSE, T2-SE/TSE и T2-STIR, коронарные T2-или T1-изображения При повторном исследовании: сагиттальные T1-SE/TSE <i>После введения КВ</i> Сагиттальные T1-SE/TSE, аксиальные T1-SE/TSE на всем протяжении дурального мешка (до уровня позвонков S2–S3)
Толщина среза/межсрезовой промежуток, СМ	Сагиттальные изображения: толщина среза до 4 мм, промежуток до 0,5 мм Аксиальные изображения: толщина среза 4–6 мм, промежуток до 0,5 мм	Сагиттальные изображения: толщина среза до 3 мм, промежуток до 0,3 мм Аксиальные изображения: толщина среза 4–5 мм, промежуток до 0,5 мм
Контрастное усиление	Использование внутривенного контрастного усиления обязательно при проведении всех диагностических МР-исследований по поводу опухолей ЦНС. КВ вводится внутривенно, в стандартной дозировке: Magnevist, Omniscan, Dotarem – 0,2 мл/кг Gadovist – 0,1 мл/кг	
Дополнительные рекомендации	В случаях, когда пациент может вести себя спокойно, желательно переносить получение T2-изображений на конец исследования, чтобы получить наиболее важные изображения (T1-взвешенные изображения с контрастным усилением), когда пациент еще не настолько утомлен процедурой. Наличие КВ на T2-изображения практически не влияет	

при полном исследовании, изображения T2-SE/TSE и T2-STIR следует перенести на конец процедуры как менее важные (наличие КВ на T2-изображения практически не влияет). При повторном исследовании нативные сагиттальные T2-SE/TSE и T2-STIR и ко-

ронарные изображения в целях сокращения времени можно исключить.

Дети младшего возраста обычно не могут сохранять неподвижность достаточно долгое время. В таком случае им следует проводить исследование под наркозом.

Диагностически значимое накопление КВ при МРТ ЦНС сохраняется в течение примерно 1 ч. Все постконтрастные T1-изображения должны быть получены в этом временном промежутке.

При наличии опухоли ГМ обязательно должно быть выполнено МРТ СМ для выявления возможного метастатического поражения [9]. Это исследование желательно проводить до оперативного удаления опухоли. В случае если исследование СМ переносится на послеоперационный период, его желательно выполнять не ранее 3-й недели после операции, так как возможно наличие послеоперационного субдурального накопления КВ [10], затрудняющего визуализацию метастатического поражения. В случае если наблюдается такая картина, следует повторить МРТ СМ через 2–3 нед.

При выполнении раннего послеоперационного МРТ ГМ исследование желательно проводить на следующий день после операции и в любом случае не позднее 72 ч после вмешательства. В этот период мешающие визуализации накопления КВ в остаточной ткани опухоли гиперинтенсивны на T1-изображениях, постгеморрагические отложения и реактивное послеоперационное накопление КВ по контурам послеоперационной полости минимальны.

На основе полученного опыта выполнения МР-исследований в нашем учреждении и проведения референса нами были разработаны подробные рекомендации по типам и параметрам изображений и другим особенностям проведения МРТ у детей с опухолями ЦНС, которые представлены в табл. 1. Используемые в нашем учреждении протоколы МР-исследований ГМ и СМ представлены в табл. 2.

Таблица 2. Импульсные последовательности, применяемые в ННПЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева при проведении МР-исследований у детей с опухолями ЦНС

Томограф	General Electric 1,5 T	Philips 3 T
МРТ ГМ нативная	Аксиальные: T1-TSE, T2-TSE (PROPELLER), T2-FLAIR (PROPELLER), DWI (B = 1000) – все 4/0,5 мм Коронарные: T2-TSE – 5,5/0,5 мм Сагитальные: T1-TSE – 4/0,5 мм	Аксиальные: T1-SE, T2-TSE, T2-FLAIR, DWI (B = 1000) – все 5/1 мм Коронарные: T2-TSE – 5/1 мм Сагитальные: 3D-T1-FFE, 3D-T2-TSE – все 0,9 мм
МРТ ГМ с КВ	Аксиальные: T1-TSE Сагитальные: T1-TSE Коронарные: T1-TSE	Аксиальные: T1-SE Сагитальные: 3D-T1-FFE
МРТ СМ нативная	Сагитальные: T1-TSE, T2-TSE*, T2-STIR* – все 3/0,5 мм Коронарные: T2-TSE* – 5/0,5 мм	Сагитальные: T1-SE, T2-TSE*, T2-STIR* – все 3/0,5 мм
МРТ СМ с КВ	Сагитальные: T1-TSE Аксиальные: T1-TSE – 5/0,5 мм	Сагитальные: T1-SE Аксиальные: T1-SE или T1-FLAIR – 5/1 мм (или T1-FFE 4/0 мм)

Примечание. * – при повторном исследовании СМ получение изображений T2 и T2-STIR не обязательно.

Заключение

МРТ ГМ и СМ является ведущим методом диагностики опухолей ЦНС и одним из ведущих методов стадирования поражения. При этом МРТ ЦНС, особенно у детей, является технически сложным, длительным и дорогостоящим методом. Для достижения оптимальной диагностической ценности данного метода критически важно выполнять исследование на достаточно эффективном МР-томографе и с соблюдением правильной методики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wärmuth-Metz M., Kühl J., Krauss J., Solymosi L. Subdural enhancement on postoperative spinal MRI after resection of posterior cranial fossa tumors. *Neuroradiology* 2004;46(3):219–23.
2. Henson J.W., Ulmer S., Harris G.J. Brain tumor imaging in clinical trials. *Am J Neuroradiol* 2008;29(3):419–24.
3. Mehta A.I., Kanaly C.W., Friedman A.H. et al. Monitoring radiographic brain tumor progression. *Toxins* 2011;3(3):191–200.
4. Lamborn J., Rakotonjanahary J., Loisel D. et al. Can we improve accuracy and reliability of MRI interpretation in children with optic pathway glioma? Proposal for a reproducible imaging classification. *Neuroradiology* 2016;58(2):197–208.
5. Wärmuth-Metz M., Kühl J., Rutkowski S. et al. Differential infratentorial brain tumor diagnosis in children. *Radiologie* 2003;43(11):977–85.
6. Barkovich J.A. Techniques of imaging pediatric brain tumors. In: Barkovich J.A. (ed.). *Pediatric neuroimaging*. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, 2000. Pp. 445–446.
7. Burger P.C., Scheithauer B.W., Paulus W. et al. Pilocytic astrocytomas. In: Kleihues P., Cavenee W.K. (eds.). *Tumors of the central nervous system*. IARC Press, Lyon, 2000. Pp. 45–51.
8. Wärmuth-Metz M., Kühl J., Solymosi L. Imaging in medulloblastoma: golden standard, reality and pitfalls. *SIOP XXXIV Meeting*. Porto, Portugal, September 18–21, 2002. *Siop Abstracts*. P. 273.
9. Osborn A.G., Rauschnig W. Brain tumors and tumor like processes: classification and differential diagnosis. In: Osborn A.G. (ed.). *Diagnostic neuroradiology*. Mosby, St Louis, 1994. Pp. 401–408.
10. Терещенко Г.В., Озеров С.С., Кумирова Э.В., Артемов А.В. Субдуральное накопление контрастного вещества по данным магнитно-резонансной томографии спинного мозга у ребенка после удаления опухоли задней черепной ямки. *Вестник рентгенологии и радиологии* 2016;97(3):161–4. [Tereschenko G.V., Ozerov S.S., Kumirova E.V., Artemov A.V. Subdural enhancement of the spinal cord during the contrast-enhanced magnetic resonance imaging after resection of posterior cranial fossa tumor in children. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii = Journal of Radiology* 2016;97(3):161–4. (In Russ.)].