

11. Slaviero K.A., Read J.A., Clarke S.J., Rivory L.P. Baseline nutritional assessment in advanced cancer patients receiving palliative chemotherapy. *Nutr. Cancer*. 2003; 46: 148–57.
12. Sobbotka L. Basics in Clinical Nutrition. (Ed.) Fourth Edition. ESPEN, 2011.
13. Saltanov A.I., Sel'chuk V.Yu., Snegovoy A.V. Basics of nutritional support in oncology practice. A guide for doctors. M.: MED-presse-inform; 2009 (in Russian).
14. Mayorova O.A., Rumyantsev A.G. Features of the gastrointestinal tract in patients with cancer and during cytostatic therapy (clinical, morphological and functional changes). *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2001; 6: 44–8 (in Russian).
15. Thoresen L., Fieldstar I., Krogstad K., Kaasa S., Falkmer U.G. Nutrition status of patients with advanced cancer: the value of using the subjective global assessment of nutritional status as screening tool. *Palliat. Med.* 2002; 16 (1): 33–42.
16. Bosaeus I., Daneryd P., Lundholm K. Dietary intake, resting energy expenditure, weight loss and survival in cancer patients. *J. Nutr.* 2001; 132 (11, Suppl.): 3465–6.
17. Schiavetti A., Fornari C., Bonci E. et al. Nutritional status in childhood malignancies. *Nutr. Cancer*. 2002; 44: 153–5.
18. Scolin I., Hursti U.K., Wahlin Y.B. Parents' perception of their child's food intake after the chemotherapy. *J. Pediatr. Oncol. Nurs.* 2001; 18: 124–36.

Поступила 16.09.13

Сведения об авторах:

**Васильева Екатерина Сергеевна**, канд. мед. наук, врач-педиатр отделения восстановительного лечения и реабилитации ФНКА детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева МЗ РФ; **Холодов Борис Владимирович**, канд. мед. наук, доцент каф. онкологии педиатрического факультета РНИ Медицинского университета им. Н. И. Пирогова; **Пырьева Екатерина Анатольевна**, канд. мед. наук, доцент каф. питания детей и подростков Российской медицинской академии послепломного образования Минздрава России

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

УДК 617.51-001.4-053.2-073.756.8:537.635

**С.В. Сидорин, Т.А. Ахадов, Н. А. Семенова, И.А. Мельников, М.В. Ублинский**

## ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ У ДЕТЕЙ

НИИ неотложной детской хирургии и травматологии, 119180, Москва, ул. Большая Полянка, 22

Представлены данные, свидетельствующие о значении магнитно-резонансной томографии в диагностике черепно-мозговой травмы в остром периоде у детей. Кроме того, она позволяет более адекватно прогнозировать клинические исходы. В данной статье рассматриваются высокотехнологичные методы магнитного резонанса (МР): диффузионно-взвешенные изображения, 1H МР-спектроскопия и магнитная восприимчивость изображения (SWI), предоставляющие ценную информацию, которая может существенно изменить тактические и стратегические подходы к лечению черепно-мозговой травмы.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, черепно-мозговая травма, дети

S.V. Sidorin, T.A. Akhadov, N.A. Semenova, I.A. Melnikov, M.V. Ublinsky.

THE DIAGNOSTIC VALUE OF MRI IN CRANIAL – CEREBRAL TRAUMA IN CHILDREN

Research Institute of Emergency Children's Surgery and Traumatology, 22, Bolshaya Polyanka, Moscow, Russian Federation, 119180

The data giving evidence of the importance of magnetic resonance imaging in the diagnosis of the type of cerebral trauma during the acute period in children are presented. For another thing it allows to more accurately predict clinical outcomes. In this article there are considered high-tech methods of magnetic resonance (MR): diffusion-weighted images, 1H MR spectroscopy and magnetic susceptibility image (SWI), providing valuable information that can significantly change the tactical and strategic approaches to the treatment of traumatic brain injury.

Key words: magnetic resonance imaging, brain injury, children

Современная магнитно-резонансная томография (МРТ) открывает новые возможности в диагностике повреждений мозга при черепно-мозговой травме у детей (ЧМТ). Целью экстренной визуализации при ЧМТ у детей является установление характера и выраженности повреждений ткани мозга для выбора оптимальной тактики лечения. В последние годы подчеркивается влияние различной тяжести ЧМТ на возникновение нейрокогнитивного дефицита и нарушений психофизического развития таких больных [1–4]. Однако чаще анализируется МРТ-симптоматика в подостром или отдаленном периоде [5–10]. Большая чувствительность МРТ по сравнению с КТ для обнаружения многих форм ЧМТ

давно и хорошо аргументирована [11–18]. В данном сообщении будут рассмотрены особенности визуализации ЧМТ, разработанные и внедряемые в последние годы в клиническую практику: диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ – DWI, ДТИ – DTI), постконтрастная визуализация по изображениям, взвешенным по магнитной восприимчивости (МВИ – SWI), протонная спектроскопия (1H MRS – 1H-MPC).

Использование ДВИ и ДТИ при оценке пациентов с ЧМТ получило широкое признание [19–21]. Эти методы способны визуализировать диффузию воды на клеточном уровне, что позволяет получать изображения биологических тканей *in vivo*, а также оценивать исчисляемый коэффициент диффузии (ИКД). Мобильность воды может быть изменена по направлению градиента и силы магнитного поля, что приво-

Для корреспонденции: Сидорин Сергей Вячеславович, врач-рентгенолог, e-mail: sergey.sidorin.rg@gmail.com

дит к анизотропии диффузии воды в тканях. Клеточные повреждения сопровождаются снижением диффузии и уменьшением анизотропии. Степень анизотропии белого вещества мозга отражает его структурную целостность. Одним из наиболее часто используемых вариантов оценки анизотропии является фракционная анизотропия (ФА). При использовании методики диффузионной тензорной МРТ было установлено, что снижение коэффициента фракционной анизотропии характерно не только для участков демиелинизации, но также и для неизмененного белого вещества. Острое диффузное аксональное повреждение (ДАП) головного мозга проявляется в виде гиперинтенсивных зон на ДВИ и гипоинтенсивных участков на ИКД-картах из-за ограниченной диффузии, вызванной острой гибелью клеток [19, 20]. Протонная спектроскопия (1H-MPC) позволяет неинвазивно получить информацию о метаболизме мозга. 1H-MPC основана на «химическом сдвиге» – изменении резонансной частоты протонов, входящих в состав различных химических соединений. Этот термин ввел N. Ramsey в 1951 г, чтобы обозначить различия между частотами отдельных спектральных пиков. Единица измерения «химического сдвига» – миллионная доля (ppm). 1H-MPC позволяет прижизненно определять природу нарушений метаболических процессов при различных патологических состояниях и проводить контроль эффективности терапии [18, 22–24]. С помощью этого метода можно определять концентрации: гамма-аминомасляной кислоты (GABA), глутамата и глутамина (GLX), N-ацетиласпартата (NAA), N-ацетил-аспартилглутамата (Naat), креатинфосфо-

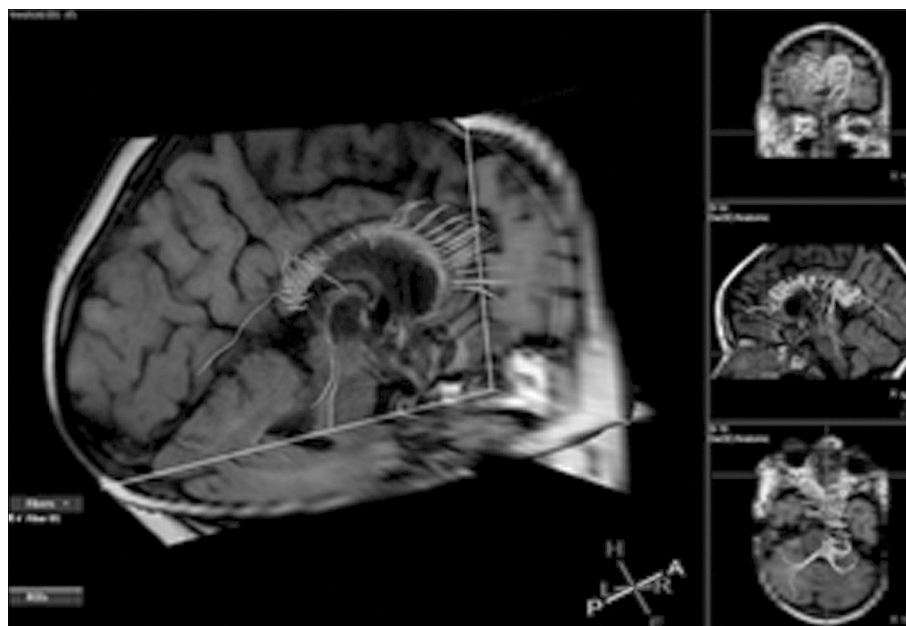


Рис. 1. На трехмерных T1ВИ головного мозга, совмещенных с ДТИ, визуализируется "облысение" трактов мозолистого тела, обусловленное его диффузным аксональным повреждением.

креатина (Cr); соотношение NAA/Cr, Naat/Cr, GLX/Cr, или GABA/Cr. В настоящее время в протонной MPC используют два основных метода – одновоксельную и мультивоксельную (Chemical shift imaging) MPC – одновременное определение спектров от нескольких участков (вокселей) головного мозга. При мультивоксельной MPC получают МР-спектры для нескольких вокселей сразу, что позволяет сравнивать спектры отдельных участков в зоне исследования. Обработка данных мультивоксельной MPC дает возможность построить параметрическую карту среза, на которой концентрация определенного метаболита отмечена цветом, и визуализировать распределение метаболитов в срезе, т. е. получить изображение, взвешенное по «химическому сдвигу».

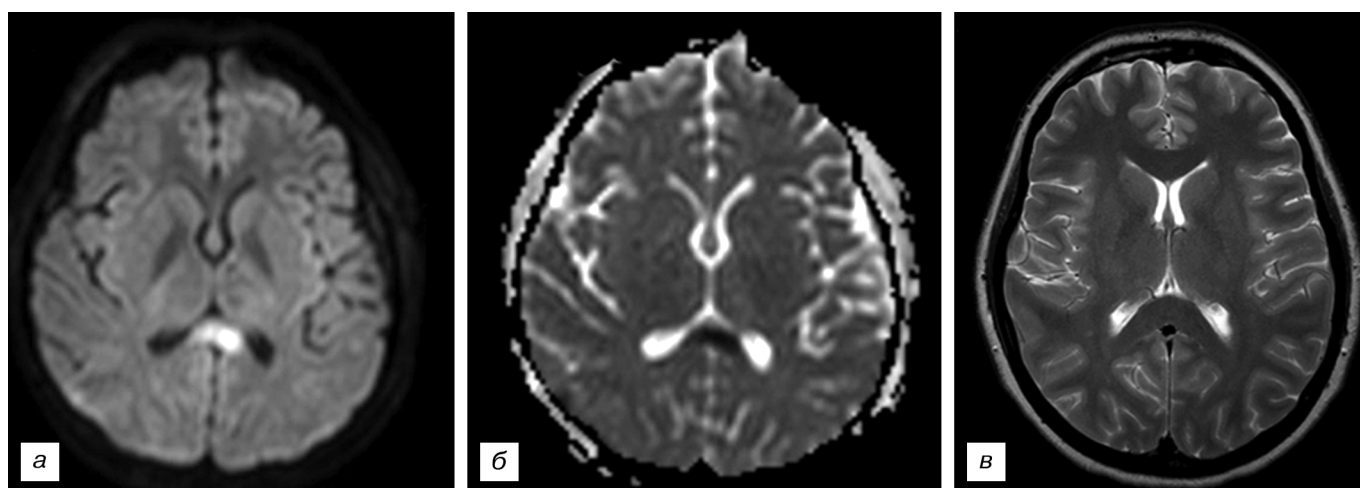


Рис. 2. Аксиальные изображения диффузно-взвешенных изображений (ДВИ) (а) и карты исчисляемого коэффициента диффузии (ИКД-карта) (б). Выявляется очаг диффузного аксонального повреждения (ДАП) в валике мозолистого тела, который на T2ВИ в ИП TSE (в) не визуализируется.

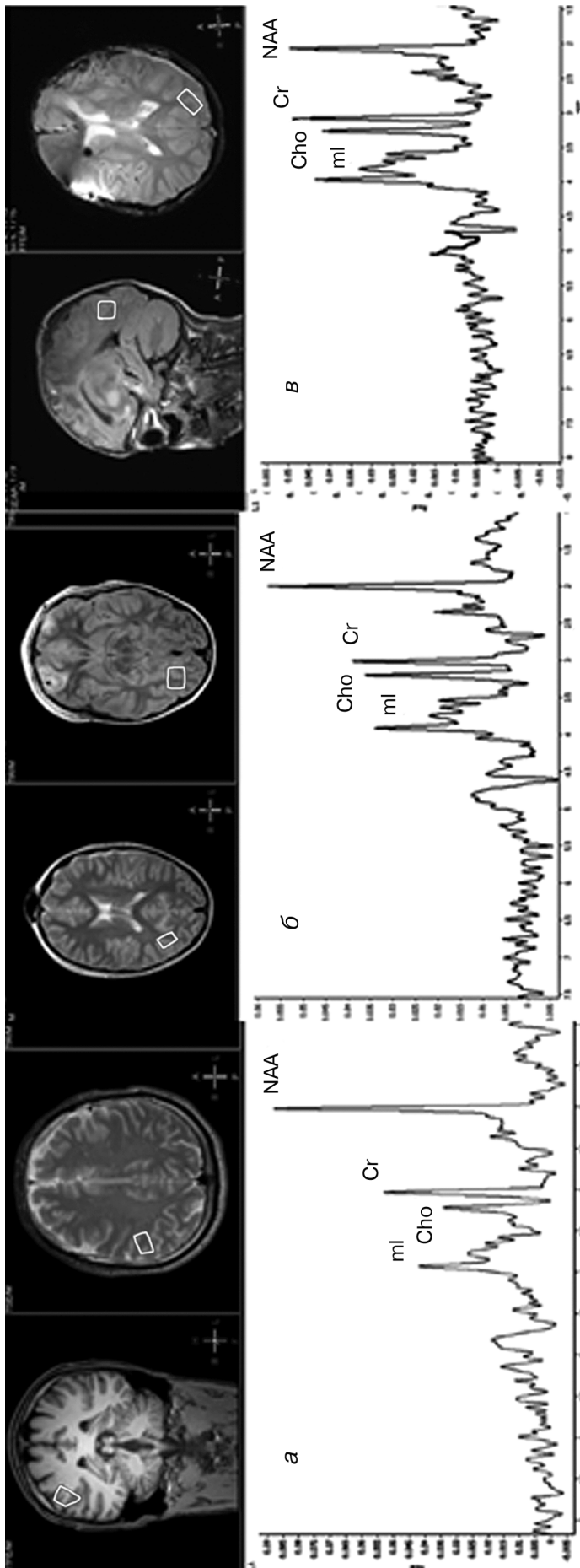


Рис. 3.  $^1\text{H}$  МР – спектры серого вещества головного мозга: (а) – нормальный спектр вещества головного мозга; (б) – умеренное снижение пика N-ацетиласпартата (NAA) при легком ушибе; (в) – выраженные изменения спектра в виде значительного снижения пика NAA, указывающего на гибель нейронов и разрушение биомембран.

NAA обнаруживается в измеряемых количествах исключительно в нейронах. Интенсивность сигнала NAA пропорциональна количеству функционально полноценных нейронов в исследуемой области мозга. Cr содержится в нервной ткани не только в свободном виде, но и в виде богатого энергией креатинфосфата. Помимо NAA и Cr, в МР-спектрах детектируются сигналы промежуточных продуктов липидного обмена, холинсодержащих соединений (Cho), миоинозитола (ml) как маркера астроцитов, определяется суперпозиция резонансов глутамина и глутамата (Glx). В нашей работе основным диагностическим параметром явилось соотношение NAA/Cr, другие показатели существенно не различались. [18, 22–24].

Обнаружение микрогеморрагий при МРТ зависит от большого числа факторов, таких как импульсная последовательность, TE, толщина среза, пространственное разрешение и, возможно, плоскость изображения [25, 26]. Чувствительность эффекта индуцированного градиента T2\* GRE и магнитная восприимчивость взвешенных изображений (МВИ – SWI) выявляет микрогеморрагии значительно лучше по сравнению с другими импульсными последовательностями [25–28]. SWI – метод с высоким разрешением, в котором суммируются изображения, содержащие информацию о фазе с изображениями, содержащими величины изображений [26, 28, 29]. Фазовые изображения чувствительны к локальным изменениям магнитного поля (т. е. восприимчивость), вызванными различными веществами, такими как продукты трансформации гемоглобина (железо).

Эти данные помогают лучше оценить степень повреждения головного мозга при ЧМТ и по-новому взглянуть на ее клиническое значение [3, 4, 13, 18].

#### Материалы и методы

Проведен анализ данных МРТ и КТ у 103 больных детей в возрасте от 5 до 18 лет с ушибами головного мозга различной степени тяжести в остром периоде, 39 (37,8%) из которых были прооперированы. При оценке степени тяжести по шкале комы Глазго (ШКГ) пострадавшие распределились следующим образом: 38 детей с ушибом мозга легкой степени (ШКГ 13–15 баллов), 17 с ушибом мозга средней степени (ШКГ 9–12 баллов) и 48 с ушибом мозга тяжелой степени (ШКГ 3–8 баллов). Из 38 детей с легкими ушибами головного мозга у 21 (53,4%) больного ЧМТ была изолированной, в остальных 46,6% случаев она была сочетанной.

В 25 случаях из 38 ушиб мозга легкой степени сопровождался переломом костей черепа (в 19 случаях совпадал с локализаци-



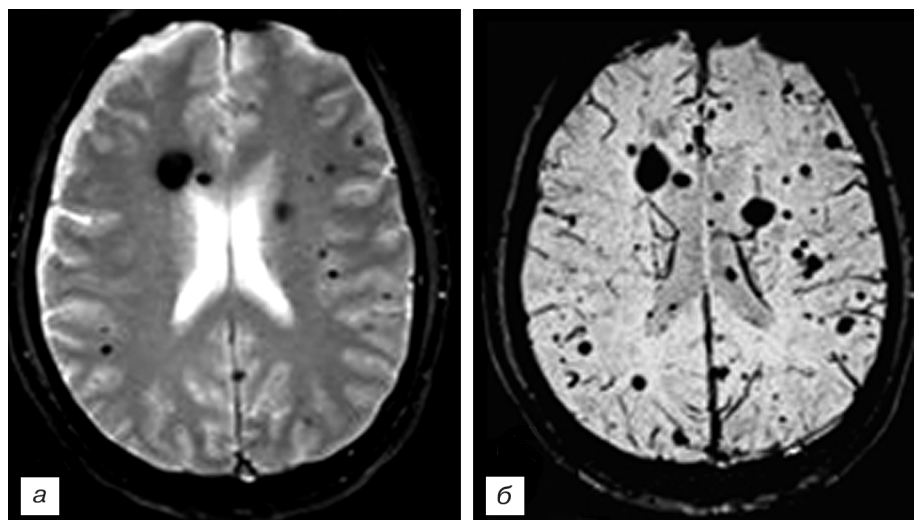


Рис. 4. Сравнение аксиальных изображений T2\*ВИ GRE (а) и SWI (б). На SWI визуализируются множественные очаги микрогеморрагий в обоих полушариях мозга, на T2\*ВИ GRE изменения менее выражены.

ей ушиба головного мозга, в 6 случаях был по принципу противоудара). У 4 пациентов ушиб головного мозга сочетался с субдуральной гематомой, у 14 – с эпидуральной гематомой, совпадающей с локализацией перелома костей черепа, у 1 – были признаки внутрижелудочкового кровоизлияния, у 6 – признаки умеренного субарахноидального кровоизлияния, совпадающие по локализации с очагом ушиба. Кроме того, у 19 (18,4 % от общего числа пациентов) детей с клинически легкой ЧМТ было диагностировано диффузное аксональное повреждение полушарий головного мозга (ДАП I типа).

У 16 из 17 пациентов с ушибами головного мозга средней степени имелись переломы костей свода и основания черепа. В трех случаях ушибы сопровождались эпидуральной и в двух – субдуральной гематомами, а в 4 имелось субарахноидальное кровоизлияние. У всех 17 детей было ДАП I типа (13 детей) или II типа (4 детей).

Ушибы головного мозга тяжелой степени во всех 48 случаях сочетались с переломами свода и основания черепа и в 34 (71%) случаях имелись массивные субарахноидальные кровоизлияния, а в 8 – выраженные внутрижелудочковые кровоизлияния. Кроме того, у 7 из 48 пострадавших выявлены значимые по объему эпидуральные и 3 – субдуральные гематомы, у 3 – массивные внутримозговые гематомы. У всех 48 детей ушибы головного мозга тяжелой степени сочетались с ДАП всех трех типов.

МРТ проводилась на магнитно-резонансном томографе Phillips Achieva с напряженностью магнитного поля 3 Тл с получением T1-, T2- и T2\*-взвешенных изображений (ВИ) в импульсной последовательности SE и GRE в трех перпендикулярных плоскостях, в том числе T1ВИ с контрастным усилением препаратами гадолиния. Помимо этого, использовались дополнительно протоколы МРТ: ДВИ и ДТИ; МВИ и 1H-MPC.

Статистическая обработка спектральных данных проведена с помощью программного пакета Statistica 6.0. Значимость различий определялась с помощью

*t*-критерия Стьюдента и критерия Манна–Уитни. Метаболиты всех вокселей контрольной группы и пациентов с ЧМТ были сопоставлены и использованы в модели логистической регрессии для прогнозирования долгосрочного результата. Уровень статистической значимости различий принимался при  $p < 0,05$ .

#### Результаты и обсуждение

При сравнительной оценке результатов КТ и МРТ у 36 пациентов с изолированной легкой ЧМТ (ШКГ 13–15 баллов) МРТ была более чувствительна, чем КТ в обнаружении структурных повреждений головного мозга. При КТ они были обнаружены у 50%, а при МРТ у 75% пациентов. Уровень обнаружения негеморрагических ДАП по КТ был 0%, а по результатам МРТ – 21%. Аналогичным образом уровень обнаружения геморрагических ДАП составил 22% по результатам КТ и 98% по данным МРТ, выявление ушиба головного мозга составило 36% по данным КТ и 87% с помощью МРТ.

Мы установили, что ДВИ могут обнаружить даже очень мелкие регионы ДАП, которые были не выявлены на T2ВИ SE и FLAIR. Измерение значения ИКД у 93 детей с ЧМТ в визуально нормальных регионах мозга показало, что значения ФА были значительно уменьшены в группе с неблагоприятным исходом ( $n = 47$ ) по сравнению с группой с благоприятным результатом ( $n = 46$ ) и контрольной группой ( $n = 13$ ). Во всех этих регионах ФА значения были значительно снижены у детей с благоприятным исходом по сравнению с таковыми в контрольной группе. При этом среднее значение ИКД в периферийном белом веществе позволяет, по нашим данным, предсказать исход у детей с тяжелой ЧМТ. В целом это означает, что ИКД всего мозга – лучший предиктор исхода у всех детей при всех степенях ЧМТ. Одним из наиболее интересных аспектов этого исследования является то, что мы оценивали только неповрежденное серое и белое вещество. Следовательно, ДВИ и ИКД дают важную прогностическую информацию, кото-

рую можно получить из аномальных изменений, не видимых на обычных МРТ (рис. 1, 2).

При 1H-МРС мы измерили соотношение NAA/Cr в неизмененном белом и сером веществе лобных и теменных долей, в гиппокампе неповрежденного полушария и в стволе головного мозга.

Достоверные изменения NAA наблюдались при тяжелом и легком ушибе в сером веществе, когда уровень NAA снижался на 16 и 8% соответственно. В гиппокампе и белом веществе этот показатель не отличался от нормы. Важно отметить, что величина снижения содержания NAA в коре соответствует степени тяжести ушиба: при тяжелой форме этот показатель уменьшается более чем в 2 раза по сравнению с легкой формой ушиба мозга (рис. 3).

Измерение NAA в различных регионах головного мозга методом 1H-МРС открывает возможности для диагностики заболеваний, сопровождающихся дисфункцией нейронов. Снижение уровня NAA является индикатором потери функциональной активности нейронов, восстановление уровня NAA свидетельствует о восстановлении функционально полноценных нейронов. Локализация нарушенных уровней NAA в структурах мозга является показателем развития посттравматических нарушений функций ЦНС, что может быть использовано для ранней диагностики и прогноза развития посттравматического неврологического дефицита, а также для оценок эффективности терапевтических воздействий.

Наряду с этим мы сравнили чувствительность SWI и T2\*ВИ GRE для обнаружения микрогеморрагий маркеров ДАП в небольшой группе пациентов (27 детей) с ЧМТ с различной оценкой по ШКГ (3–15 баллов). На изображениях, полученных с помощью SWI, геморрагические очаги обнаруживались в 4 раза чаще, чем на T2\*ВИ GRE (рис. 4). Разница между этими двумя методами была особенно заметна при визуализации микрогеморрагий в полушариях мозга и в меньшей степени в мозолистом теле.

Таким образом, МРТ является информативным методом при визуализации поврежденной мозга у детей с острой ЧМТ. В частности, описанные выше методы магнитного резонанса предоставляют уникальную информацию, которая поможет лучше понять изменения, возникающие при черепно-мозговой травме и подходы к ее лечению у детей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. De Beaumont L., Théoret H., Mongeon D. Brain function decline in healthy retired athletes who sustained their last sports concussion in early adulthood. *Brain*. 2009; 132: 695–708.
2. Solomon G.S., Haase R.F. Biopsychosocial characteristics and neurocognitive test performance in National Football League players: an initial assessment. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 2008; 23: 563–77.
3. Carlos R.C., Axelrod D.A., Ellis J.H., Abrahamse P.H., Fendrick A.M. Incorporating patient-centered outcomes in the analysis of cost-effectiveness: imaging strategies for renovascular hypertension. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181: 1653–61.
4. Perry J.J., Stiell I.G., Wells G.A. Attitudes and judgment of emergency physicians in the management of patients with acute headache. *Acad. Emerg. Med.* 2005; 12: 33–7.
5. Becker D.P., Gade G.F., Yong H.F. et al. Diagnosis and treatment of head injury in adults. In: Youmans Jr., ed. *Neurological surgery*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1990: 2017–48.
6. Ebisu T., Yamaki T., Kobori N. et al. Magnetic resonance imaging of brain contusion. *Surg. Neurol.* 1989; 31 (4): 261–7.
7. Fukamachi A., Kohno K., Wakao T. et al. Traumatic intracerebral hematomas: A classification according to the dynamic changes on sequential CT's. *Neurol. Med. Chir.* 1979; 19 (1): 1039–51.
8. Girard N., Raybaud C., Ponset M. et al. 3D-FT MRI of the facial nerve. *Neuroradiology.* 1994; 36: 462–8.
9. Holzhuh M., Schuknect B. Traumatic epidural haematomas of posterior fossa: 20 new cases and a review of the literature since 1991. *Br. J. Neurosurgery.* 1989; 3 (2): 17–8.
10. Zyed A., Hayman L.A., Bryyan R.N. MR imaging of intracerebral blood: diversity of the temporal pattern at 0,5 and 1.0t. *Am. J. Neuroradiol.* 1991; 12: 469–74.
11. Gentry L.R., Godersky J.C., Thompson B., Dunn V.D. Prospective comparative study of intermediate-field MR and CT in the evaluation of closed head trauma. *Am. J. Roentgenol.* 1988; 150: 673–82.
12. Orrison W.W., Gentry L.R., Stimac G.K., Tarrel R.M., Espinosa M.C., Cobb L.C. Blinded comparison of cranial CT and MR in closed head injury evaluation. *Am. J. Neuroradiol.* 1994; 15: 351–6.
13. Lee H., Wintermark M., Gean A.D., Ghajar J., Manley G.T., Mukherjee P. Focal lesions in acute mild traumatic brain injury and neurocognitive outcome: CT versus 3T MRI. *J. Neurotrauma.* 2008; 25: 1049–56.
14. Huseraue D., Morrison A., Battista R., Goeree R. Health technology assessment: a review of international activity and examples of approaches with computed tomographic colonography. *J. Am. Coll. Radiol.* 2009; 6: 343–52.
15. Marshall L.F., Marshall S.B., Klauber M.R. A new classification of head injury based on computerized tomography. *J. Neurosurg.* 1991; 75 (Suppl.): S14–20.
16. Maas A.I., Hukkelhoven C.W., Marshall L.F., Steyerberg E.W. Prediction of outcome in traumatic brain injury with computed tomographic characteristics: a comparison between the computed tomographic classification and combinations of computed tomographic predictors. *Neurosurgery.* 2005; 57: 1173–82.
17. Smits M., Humink M.G., van Rijssel D.A. Outcome after complicated minor head injury. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 506–13.
18. Sigmund G.A., Tong K.A., Nickerson J.P., Wall C.J., Oyoyo U., Ashwal S. Multimodality comparison of neuroimaging in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr. Neurol.* 2007; 36: 217–26.
19. Galloway N.R., Tong K.A., Ashwal S., Oyoyo U., Obenaus A. Diffusion-weighted imaging improves outcome prediction in pediatric traumatic brain injury. *J. Neurotrauma.* 2008; 25: 1153–62.
20. Schaefer P.W., Huisman T.A., Sorensen A.G., Gonzalez R.G., Schwamm L.H. Diffusion-weighted MR imaging in closed head injury: high correlation with initial Glasgow coma scale score and score on modified Rankin scale at discharge. *Radiology.* 2004; 233: 58–66.
21. Tollard E., Galanaud D., Vincent Perlberg V. Experience of diffusion tensor imaging and <sup>1</sup>H spectroscopy for outcome prediction in severe traumatic brain injury: preliminary results. *Crit. Care Med.* 2009; 37: 1448–55.
22. Schuhmann M.U., Stiller D., Skardelly M. et al. Metabolic changes in the vicinity of brain contusions: a proton magnetic resonance spectroscopy and histology study. *J. Neurotrauma.* 2003; 20: 725–43.
23. Semenova N.A., Sidorin S.V., Akhadov T.A., Semenova J.B., Petraikin A.V., Fufaeva E.V., Karlosh A.N. Effect of cell therapy on metabolite content in brain structures of children with consequences of severe brain injury: 1H magnetic resonance spectroscopy study. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2011; 151 (4): 532–5.
24. Ахадов Т.А., Семенова Н.А., Петрайкин А.В., Сидорин С.В., Гурьяков С.Ю., Мельников И.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике ушибов головного мозга у детей. *Радиология-практика.* 2011; 1: 14–23.
25. Greenberg S.M., Vernooij M.W., Cordonnier C. Cerebral microbleeds: a guide to detection and interpretation. *Lancet Neurol.* 2009; 8: 165–74.
26. Haacke E.M., Mittal S., Wu Z., Neelavalli J., Cheng Y.C. Susceptibility-weighted imaging. Part 1. Technical aspects and clinical applications. *Am. J. Neuroradiol.* 2009; 30: 19–30.
27. Hahnel S., Stippich C., Weber I. Prevalence of cerebral microhemorrhages in amateur boxers as detected by 3T MR imaging. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 388–91.
28. Akiyama Y., Miyata K., Harada K. Susceptibility-weighted magnetic resonance imaging for the detection of cerebral microhemorrhage

in patients with traumatic brain injury. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)*. 2009; 49: 97–9.

29. *Scheid R., Ott D.V., Roth H., Schroeter M.L., von Cramon D.Y.* Comparative magnetic resonance imaging at 1.5 and 3 Tesla for the evaluation of traumatic microbleeds. *J Neurotrauma*. 2007; 24: 1811–6.

## REFERENCES

1. *De Beaumont L., Théoret H., Mongeon D.* Brain function decline in healthy retired athletes who sustained their last sports concussion in early adulthood. *Brain*. 2009; 132: 695–708.
2. *Solomon G.S., Haase R.F.* Biopsychosocial characteristics and neurocognitive test performance in National Football League players: an initial assessment. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 2008; 23: 563–77.
3. *Carlos R.C., Axelrod D.A., Ellis J.H., Abrahamse P.H., Fendrick A.M.* Incorporating patient-centered outcomes in the analysis of cost-effectiveness: imaging strategies for renovascular hypertension. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181: 1653–61.
4. *Perry J.J., Stiell I.G., Wells G.A.* Attitudes and judgment of emergency physicians in the management of patients with acute headache. *Acad. Emerg. Med.* 2005; 12: 33–7.
5. *Becker D.P., Gade G.F., Yong H.F.* et al. Diagnosis and treatment of head injury in adults. In: Youmans Jr., ed. *Neurological surgery*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1990: 2017–48.
6. *Ebisu T., Yamaki T., Kobori N.* et al. Magnetic resonance imaging of brain contusion. *Surg. Neurol.* 1989; 31 (4): 261–7.
7. *Fukamachi A., Kohno K., Wakao T.* et al. Traumatic intracerebral hematomas; A classification according to the dynamic changes on sequential CT's. *Neurol. Med. Chir.* 1979; 19 (1): 1039–51.
8. *Girard N., Raybaud C., Ponset M.* et al. 3D-FT MRI of the facial nerve. *Neuroradiology*. 1994; 36: 462–8.
9. *Holzchuh M., Schuknect B.* Traumatic epidural haematomas of posterior fossa: 20 new cases and a review of the literature since 1991. *Br. J. Neurosurgery*. 1989; 3 (2): 17–8.
10. *Zyed A., Hayman L.A., Bryyan R.N.* MR imaging of intracerebral blood: diversity of the temporal pattern at 0,5 and 1.0t. *Am. J. Neuroradiol.* 1991; 12: 469–74.
11. *Gentry L.R., Godersky J.C., Thompson B., Dunn V.D.* Prospective comparative study of intermediate-field MR and CT in the evaluation of closed head trauma. *Am. J. Roentgenol.* 1988; 150: 673–82.
12. *Orrison W.W., Gentry L.R., Stimac G.K., Tarrel R.M., Espinosa M.C., Cobb L.C.* Blinded comparison of cranial CT and MR in closed head injury evaluation. *Am. J. Neuroradiol.* 1994; 15: 351–6.
13. *Lee H., Wintermark M., Gean A.D., Ghajar J., Manley G.T., Mukherjee P.* Focal lesions in acute mild traumatic brain injury and neurocognitive outcome: CT versus 3T MRI. *J. Neurotrauma*. 2008; 25: 1049–56.
14. *Husereau D., Morrison A., Battista R., Goeree R.* Health technology assessment: a review of international activity and examples of approaches with computed tomographic colonography. *J. Am. Coll. Radiol.* 2009; 6: 343–52.
15. *Marshall L.F., Marshall S.B., Klauber M.R.* A new classification of head injury based on computerized tomography. *J. Neurosurg.* 1991; 75 (Suppl.): S14–20.
16. *Maas A.I., Hukkelhoven C.W., Marshall L.F., Steyerberg E.W.* Prediction of outcome in traumatic brain injury with computed tomographic characteristics: a comparison between the computed tomographic classification and combinations of computed tomographic predictors. *Neurosurgery*. 2005; 57: 1173–82.
17. *Smits M., Hunink M.G., van Rijssel D.A.* Outcome after complicated minor head injury. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 506–13.
18. *Sigmund G.A., Tong K.A., Nickerson J.P., Wall C.J., Oyoyo U., Ashwal S.* Multimodality comparison of neuroimaging in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr. Neurol.* 2007; 36: 217–26.
19. *Galloway N.R., Tong K.A., Ashwal S., Oyoyo U., Obenaus A.* Diffusion-weighted imaging improves outcome prediction in pediatric traumatic brain injury. *J. Neurotrauma*. 2008; 25: 1153–62.
20. *Schaefer P.W., Huisman T.A., Sorensen A.G., Gonzalez R.G., Schwamm L.H.* Diffusion-weighted MR imaging in closed head injury: high correlation with initial Glasgow coma scale score and score on modified Rankin scale at discharge. *Radiology*. 2004; 233: 58–66.
21. *Tollard E., Galanaud D., Vincent Perlbarg V.* Experience of diffusion tensor imaging and <sup>1</sup>H spectroscopy for outcome prediction in severe traumatic brain injury: preliminary results. *Crit. Care Med.* 2009; 37: 1448–55.
22. *Schuhmann M.U., Stiller D., Skardelly M.* et al. Metabolic changes in the vicinity of brain contusions: a proton magnetic resonance spectroscopy and histology study. *J. Neurotrauma*. 2003; 20: 725–43.
23. *Semenova N.A., Sidorin S.V., Akhadov T.A., Semenova J.B., Petraikin A.V., Fufaeva E.V., Karlosh A.N.* Effect of cell therapy on metabolite content in brain structures of children with consequences of severe brain injury: <sup>1</sup>H magnetic resonance spectroscopy study. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2011; 151 (4): 532–5.
24. *Akhadov T.A., Semenova N.A., Petraikin A.V., Sidorin S.V., Guryakov S.Yu., Melnikov I.A.* Magnetic resonance imaging in the diagnosis of injuries brain in children. *Radiologiya i praktika*, 2011; 1: 14–23 (in Russian).
25. *Greenberg S.M., Vernooij M.W., Cordonnier C.* Cerebral microbleeds: a guide to detection and interpretation. *Lancet Neurol.* 2009; 8: 165–74.
26. *Haacke E.M., Mittal S., Wu Z., Neelavalli J., Cheng Y.C.* Susceptibility-weighted imaging. Part 1. Technical aspects and clinical applications. *Am. J. Neuroradiol.* 2009; 30: 19–30.
27. *Hahnel S., Stippich C., Weber I.* Prevalence of cerebral microhemorrhages in amateur boxers as detected by 3T MR imaging. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 388–91.
28. *Akiyama Y., Miyata K., Harada K.* Susceptibility-weighted magnetic resonance imaging for the detection of cerebral microhemorrhage in patients with traumatic brain injury. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)*. 2009; 49: 97–9.
29. *Scheid R., Ott D.V., Roth H., Schroeter M.L., von Cramon D.Y.* Comparative magnetic resonance imaging at 1.5 and 3 Tesla for the evaluation of traumatic microbleeds. *J Neurotrauma*. 2007; 24: 1811–6.

Поступила 09.09.13

Сведения об авторах

**Ахадов Толибджон Абдуллаевич**, руководитель отдела лучевых методов диагностики, д-р мед. наук, проф., e-mail: akhadov@mail.ru; **Семенова Наталия Александровна**, гл. науч. сотр., д-р биол. наук, e-mail: nmr-semen@mail.ru; **Мельников Илья Андреевич**, врач-рентгенолог, e-mail: iliamed@inbox.ru; **Ублинский Максим Вадимович**, аспирант, e-mail: maxublinsk@mail.ru