

А.А. Пашкова, Г.Е. Труфанов, В.А. Фокин,  
А.Ю. Ефимцев, Т.Г. Грибанова

## Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике окклюзионной гидроцефалии

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Основным методом лечения гидроцефалии в настоящее время является хирургический. В арсенале нейрохирургов имеется два основных подхода к лечению: вентрикулоперитонеальное шунтирование и вентрикулоцистерностомия, выбор которых зависит от конкретной формы заболевания. Стандартные методики магнитно-резонансной томографии не всегда позволяют выявить нарушение проходимости ликворных пространств. Функциональные методики с использованием инвертирующего импульса с пространственно-временной меткой и фазово-контрастная магнитно-резонансная томография позволяют визуализировать ток ликвора и количественно оценить параметры ликвородинамики.

Обследовано 36 пациентов с окклюзионной гидроцефалией на магнитно-резонансном томографе (1,5 Тл). С помощью стандартных импульсных последовательностей окклюзия выявлена в 66,7%. С помощью методик инвертирующего импульса с пространственно-временной меткой и фазово-контрастной магнитно-резонансной томографии визуализировано нарушение проходимости ликворных пространств и выявлено снижение амплитудных и объемных параметров ликвородинамики у пациентов с окклюзионной гидроцефалией.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, окклюзионная гидроцефалия, фазово-контрастная магнитно-резонансная томография, инвертирующий импульс с пространственно-временной меткой, вентрикулоперитонеальное шунтирование, вентрикулоцистерностомия.

**Введение.** Проблема диагностики и лечения гидроцефалии является актуальной в современной нейрохирургии. От наличия или отсутствия окклюзии зависит вид хирургического вмешательства. Долгие годы экстраанатомические шунтирующие вмешательства считались едва ли не универсальным методом лечения гидроцефалии. После коррекции водянки с помощью ликворшунтирующих операций состояние пациентов оказывается стабильно дренажезависимым, что требует пожизненного диспансерного наблюдения за ними, значительная часть больных подвергается повторным операциям [4, 9]. В последнее время в качестве альтернативных методов лечения окклюзионной гидроцефалии предлагаются нейро-эндоскопические вмешательства, направленные на создание обходных путей для циркуляции ликвора [1, 3, 7].

Среди причин, вызывающих стойкую окклюзию ликворных путей, следует выделять их врожденное недоразвитие (наличие мембран, закрывающих отверстия Монро, Люшка или Мажанди, агенезия водопровода мозга), рубцовую деформацию после перенесенной черепно-мозговой травмы или воспалительного процесса (менингоэнцефалит, вентрикулит, менингит), а также сдавление объемным образованием (опухоль, аневризма, киста, гематома, грануляции и др.) [2, 11].

На сегодняшний день магнитно-резонансная томография (МРТ) является методом выбора в диагностике гидроцефалии. Однако стандартные импульсные

последовательности не всегда позволяют выявить окклюзию ликворных путей [5]. Методики Time-SLIP (time-spatial labeling inversion pulse – инвертирующий импульс с пространственно-временной меткой) и фазово-контрастной МРТ позволяют визуализировать ток ликвора [8, 12]. Кроме того, с помощью фазово-контрастной МРТ можно количественно оценить амплитудные и объемные показатели ликвородинамики [6, 10, 11].

**Цель исследования.** Оценить возможности МРТ с использованием методик Time-SLIP и фазово-контрастной МРТ в диагностике окклюзионной гидроцефалии.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 36 пациентов с окклюзионной гидроцефалией (12 мужчин, 24 женщин), средний возраст  $38,8 \pm 16,8$  лет. Контрольную группу составили 47 здоровых добровольцев, средний возраст  $37,68 \pm 18,59$  лет. Магнитно-резонансную томографию выполняли на томографах с силой индукции магнитного поля 1,5 Тл: «Magnetom symphony» фирмы «Siemens» (Германия), «Vantage titan» фирмы «Toshiba» (Япония).

Всем пациентам выполнено комплексное МР-исследование, которое начиналась со стандартных импульсных последовательностей (ИП). Оно включало в себя T1- и T2 взвешенные изображения (ВИ) с использованием ИП спинного эха в аксиальной, сагитальной и коронарной плоскостях. 14 пациентам для

визуализации ликворных пространств была выполнена последовательность fast imaging with steady state precession (FISP) или PSIF (FISP в обратном порядке), с толщиной среза 1 мм. Для визуализации движения ликвора использовались методики Time-SLIP и flash-in-plane, в которых сканирование синхронизировано с электрокардиографией.

Посредством методики Time-SLIP исследование выполнено 19 пациентам. Спинно-мозговая жидкость в «интересующей» зоне была маркирована импульсом, в результате чего получался эффект «естественного контрастирования». Гиперинтенсивная жидкость с мечеными спинами, выходящая из зоны маркирующего импульса, хорошо визуализировалась на фоне гипоинтенсивного ликвора. При наличии окклюзии гиперинтенсивного МР-сигнала от турбулентного тока ликвора не прослеживалось. Сканирование осуществлялось в плоскости зоны «интереса». Маркирующий (или насыщающий) срез устанавливался выше или ниже предполагаемого уровня окклюзии.

В 24 исследованиях демонстрация тока ликвора осуществлялась посредством методики фазово-контрастной МРТ с применением ИП flash-in-plane (fast low angle shot in plane – быстрая последовательность с небольшим углом отклонения при сканировании в плоскости зоны «интереса»), протокол проведения которой основан на использовании двухмерной последовательности фазового контраста. Используется сдвиг по фазе, который возникает, при перемещении спинов в присутствии визуализирующего (кодирующего) градиента. В результате регистрируется МР-сигнал только от движущихся в потоке спинов. Для визуализации ликворотока на уровне водопровода мозга и краниовертебрального перехода плоскость сканирования устанавливалась сагиттально.

Для количественного анализа ликвородинамики на уровне Сильвиева водопровода использовалась методика фазово-контрастной МРТ с использованием

ИП flash-through-plane (fast low angle shot through plane – быстрая последовательность с небольшим углом отклонения при сканировании через плоскость зоны «интереса»). Плоскость сканирования устанавливалась перпендикулярно водопроводу мозга. Исследование выполнено у 20 пациентов. Полученные изображения обрабатывались в приложении «Argus» путем выделения зоны «интереса» – водопровода мозга.

**Результаты и их обсуждение.** При визуальной оценке томограмм, полученных с помощью стандартных ИП, учитывались прямые и косвенные признаки нарушения ликвородинамики. К прямым отнесены случаи явно выраженной окклюзии ликворных пространств спайками, опухолями или сдавление их извне. Косвенными признаками, помимо расширения желудочков мозга, считались: отсутствие эффекта «пустоты потока» за счет быстрого движения жидкости в месте сужения ликворных пространств, пролабирование стенок и дна третьего желудочка, перивентрикулярные глиозные изменения. Кроме того, оценивались состояние конвексимальных ликворных пространств и цистерн. По результатам обследования большую часть (72,2%) составили пациенты с тривентрикулярной гидроцефалией, 19,4% – с бивентрикулярной. Моноventрикулярная (5,6%) и тетраventрикулярная (2,8%) гидроцефалии обнаружены у небольшой части пациентов. Видимая окклюзия ликворных путей выявлена только в 66,7% случаев. У всех пациентов определялось расширение желудочков и отсутствие артефактов от тока ликвора. Сужение субарахноидальных пространств выявлено в 36,1% случаев, пролабирование стенок третьего желудочка – в 26,9%, перивентрикулярные изменения – в 11,1%.

В отличие от стандартных T1 и T2 последовательностей, чувствительность которых составила 75%, для выявления окклюзии, наибольшей чувствительностью



Рис. 1. Коллоидная киста третьего желудочка со стенозом отверстий Монро: а – ИП PSIF. В третьем желудочке на уровне отверстий Монро определяется округлое образование (киста); б – ИП Time-SLIP, косо-корональная проекция, плоскость сканирования установлена через отверстия Монро. Определяется слабый гиперинтенсивный МР-сигнал от минимального рефлюкса ликвора в правом боковом желудочке (стрелка). Проходимость левого отверстия не определяется



Рис. 2. Стеноз водопровода мозга: а – T1-ВИ сагиттальная плоскость, сужение Сильвиевого водопровода в передних отделах (стрелка); б – flash-in-plane, сагиттальная плоскость ток ликвора на уровне водопровода мозга не визуализируется (стрелка)

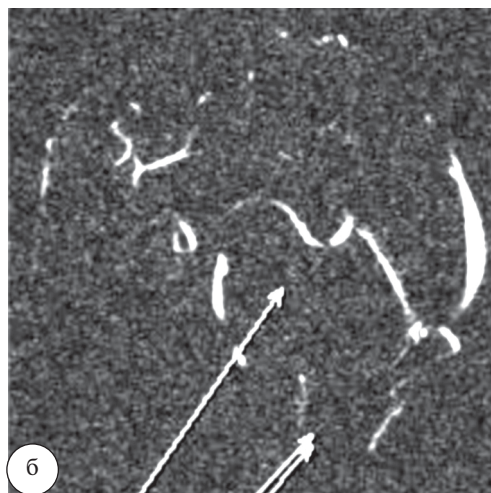
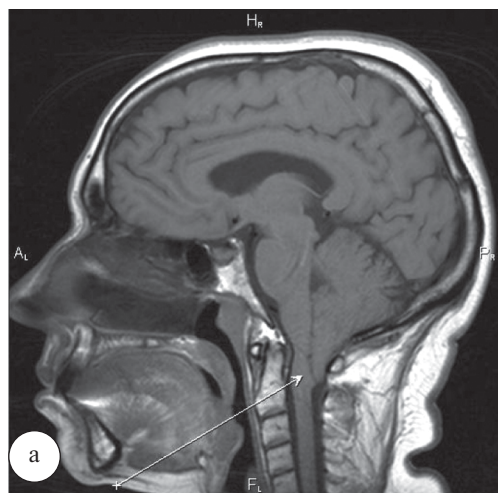


Рис. 3. Аномалия Арнольда-Киари I: а – T1-ВИ сагиттальная плоскость. Определяется пролабирование миндалин мозжечка в большое затылочное отверстие до С2 позвонка, с компрессией ликворных путей на кранио-вертебральном уровне (стрелка); б – flash-in-plane, сагиттальная плоскость. Отсутствует движение ликвора на краниовертебральном уровне (двойная стрелка) за счет компрессии и в водопровode мозга (стрелка) вследствие отсутствия градиента давления между третьим и четвертым желудочком

обладает ИП PSIF (93%) за счет тонких срезов и высокой контрастности между тканью и не движущейся жидкостью.

При оценке томограмм, выполненных стандартными ИП, выявлялись различные сочетания прямых и косвенных признаков нарушения ликвородинамики, отмечался определенный субъективизм в их оценке, что не всегда позволяло достоверно дать ответ о наличии окклюзии ликворных пространств.

С помощью методики Time-SLIP выявлено нарушение проходимости водопровода мозга (n=13), отверстий Монро (n=5), рисунок 1, на краниовертебральном уровне (n=1).

При визуализации ликворотока на уровне водопровода мозга и краниовертебрального перехода с применением методики flash-in-plane нарушение ликвородинамики на данных уровнях выявлено у 19 (рис. 2) и 4 (рис. 3) пациентов соответственно.

Количественные параметры ликвороциркуляции были получены у 20 пациентов с помощью методики flash-through-plane. Значения максимальной систолической, минимальной диастолической, объемной скоростей и ударный объем определялись автоматически. С помощью полученных данных для каждого пациента рассчитывалась амплитуда скоростей.

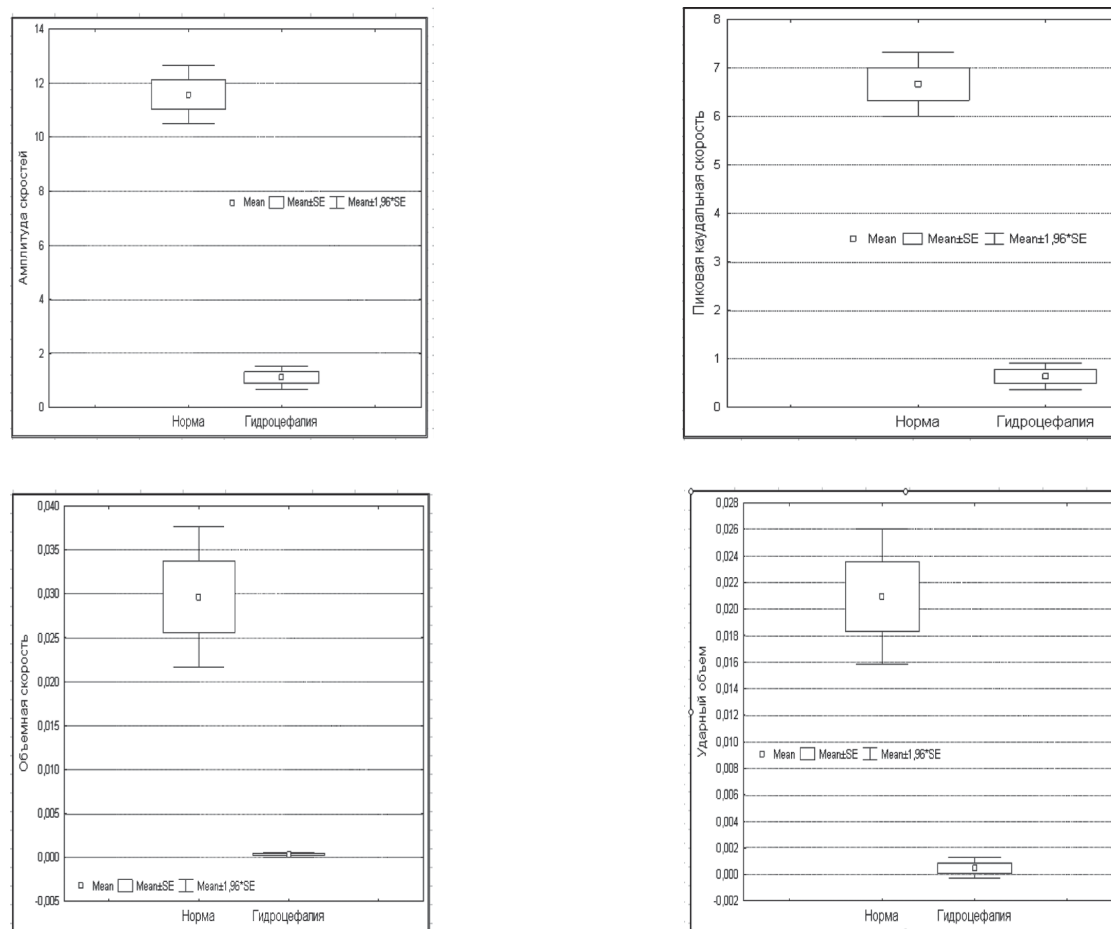


Рис. 4. Соотношение значений линейных и объемных параметров ликвородинамики в группе пациентов с гидроцефалией (n=20) и группой контроля (n=47);  $p < 0,0001$

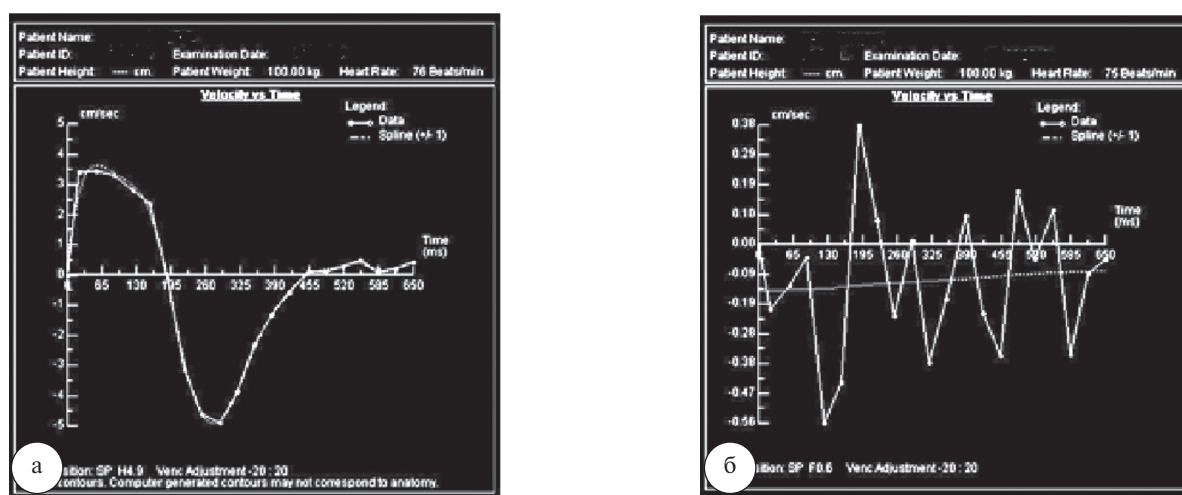


Рис. 5. Методика фазово-контрастной МРТ. Графическое отображение линейной скорости ликворотока: а – у здоровых добровольцев график имеет параболическую форму; б – у пациента с окклюзией на уровне водопровода мозга график неправильной зубчатой формы

Анализ значений амплитудных параметров ликвородинамики у пациентов с окклюзионной гидроцефалией показал их статистически значимое снижение относительно этих величин у здоровых добровольцев (рис. 4).

При оценке графического отражения скоростей у 6 пациентов с закрытой гидроцефалией график терял правильный параболический профиль (рис. 5). Значит, диаметр поперечного сечения водопровода мозга вмещал менее трех пикселей, что также подтверждало окклюзию на данном уровне.

Таким образом, функциональные методики time-SLIP и flash-in-plane позволяет напрямую визуализировать ток ликвора (в том числе турбулентный) или его отсутствие при окклюзии. Применяя методику flash-through-plane, можно получить количественные значения ликвородинамики.

**Заключение.** Использование методик TimeSLIP и фазово-контрастной МРТ позволяет визуализировать и количественно оценить параметры ликворотока, что в дополнение к данным, полученным с помощью стандартных ИП, подтверждает наличие окклюзии ликворных пространств. Окклюзионный характер гидроцефалии подтверждает значительное снижение амплитудных и объемных параметров ликворотока.

#### Литература

1. Гаврилов, Г.В. Эндоскопическая тривентрикулоцистерностомия в лечении окклюзионной гидроцефалии: автореф. ... дис. канд. мед. наук / Г.В. Гаврилов. – СПб, 2010. – 26 с.
2. Коршунов, А.Е. Физиология ликворной системы и патофизиология гидроцефалии (обзор литературы) / А.Е. Коршунов // Вопр. нейрохирургии. – 2010. – № 4. – С. 45–50.
3. Коршунов, А.Е. Ликвородинамика при хронической обструктивной гидроцефалии до и после успешной эндоскопической вентрикулостомии III желудочка / А.Е. Коршунов [и др.] // Вопр. нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2008. – № 4. – С. 17–24.
4. Практическая нейрохирургия: руководство для врачей / под ред. Б.В. Гайдара. – СПб.: Гиппократ, 2002. – 648 с.
5. Тулупов, А.А. Возможности магнитно-резонансной томографии в визуализации ликворотока (обзор литературы) / А.А. Тулупов [и др.] // Вестн. НГУ. – 2005. – Т. 3, № 1. – С. 68–80.
6. Тулупов, А.А. Совершенствование МР-томографической визуализации кровотока и ликворотока в области головы и шеи: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.А. Тулупов. – Томск, 2006. – 26 с.
7. Хачатрян, В.А. Современные проблемы хирургии гидроцефалии / В.А. Хачатрян // Нейрохирургия и неврология Казахстана. 2009. – № 2, 3 (15, 16). – С. 87.
8. Balédent, O. Value of phase contrast magnetic resonance imaging for investigation of cerebral hydrodynamics / O. Balédent [et al.] // Journal of neuroradiology. – 2006. – Vol. 33, № 5. – P. 292–303.
9. Cinalli G. Hydrocephalus and aqueductal stenosis / G. Cinalli, W.J. Maixner, C. Sainte-Rose et al. // «Pediatric Hydrocephalus» edited by Maixner W.J., Sainte-Rose C. – Springer-Verlag Italia, Milano, 2004. – P. 279–293.
10. Hueng-Chuen, F. Cerebrospinal Fluid Flow Quantification of the Cerebral Aqueduct in Children and Adults with Two-Dimensional Cine Phase-Contrast Magnetic Resonance Imaging / F. Hueng-Chuen [et al.] // Fu-jen journal of medicine. – 2011. – Vol. 9, № 2. – P. 59–72.
11. Lee, G.H. CSF Flow Quantification of the Cerebral Aqueduct in Normal Volunteers Using Phase Contrast Cine MR Imaging / G.H. Lee [et al.] // Korean j. radiol. – 2004. – Vol. 5, № 2. – P. 81–86.
12. Yamada, S. Visualization of cerebrospinal fluid movement with spin labeling at MR imaging: preliminary results in normal and pathophysiologic conditions / S. Yamada [et al.] // Radiology. – 2008. – Vol. 249, № 2. – P. 644–652.

A.A. Pashkova, G.E. Trufanov, V.A. Fokin, A. Yu. Efimtsev, T.G. Gribanova

#### Possibilities of magnetic resonance imaging in diagnosis of obstructive hydrocephalus

**Abstract.** It is not always possible to identify impaired patency of cerebrospinal fluid spaces by means of standard techniques of magnetic resonance imaging. Such techniques as time-spatial labeling inversion pulse and phase-contrast magnetic resonance imaging can help to visualize the cerebrospinal fluid current and quantify liquorodynamic parameters.

We have examined 36 patients with an obstructive hydrocephalus diagnosis on 1,5T magnetic resonance scanner. By means of standard magnetic resonance sequences revealed occlusion in 66,7% of cases. Time-spatial labeling inversion pulse and phase-contrast magnetic resonance imaging technique helped to visualize impaired patency of cerebrospinal fluid spaces and showed amplitude and volume parameters of liquor circulation decrease in patients with obstructive hydrocephalus.

**Key words:** magnetic resonance imaging, occlusive hydrocephalus, phase-contrast magnetic resonance imaging, time-spatial labeling inversion pulse, ventriculoperitoneal shunting, ventriculocisternostomy.

Контактный телефон: 8 (812) 292-33-47; e-mail: rentgenvma@mail.ru