

УДК 616.832-007.235-07

**А.Т. ФАЙЗУТДИНОВА<sup>1,2</sup>, И.М. МИХАЙЛОВ<sup>3</sup>, Э.И. БОГДАНОВ<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Республиканская клиническая больница МЗ РТ, 420064, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 138<sup>2</sup>Казанский государственный медицинский университет, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49<sup>3</sup>Казанская государственная медицинская академия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 36

## Ликвородинамическое исследование сообщающейся сирингомиелии

**Файзутдинова Айсылу Тальгатовна** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры неврологии и реабилитации КГМУ, врач-невролог клинично-экспертного отделения РКБ МЗ РТ, тел. +7-903-306-44-38, e-mail: aysluzab@mail.ru<sup>1,2</sup>

**Михайлов Игорь Марсович** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики, e-mail: i.m.mikhaylov@gmail.com<sup>3</sup>

**Богданов Энвер Ибрагимович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии и реабилитации КГМУ, руководитель неврологической клиники РКБ МЗ РТ, тел. (843) 237-34-72, e-mail: enver\_bogdanov@mail.ru<sup>1,2</sup>

*Проведено клиническое и магнитно-резонансное томографическое ликвородинамическое (методом фазово-контрастной cine-MPT) обследование пациентов с сообщающейся сирингомиелией. Выявлены анатомический и динамический компоненты ликвородинамических нарушений, способствующих формированию сообщающейся формы сирингомиелии.*

**Ключевые слова:** ликвородинамические исследования, фазово-контрастная cine-MPT, сообщающаяся сирингомиелия.

**A.T. FAYZUTDINOVA<sup>1,2</sup>, I.M. MIKHAILOV<sup>3</sup>, E.I. BOGDANOV<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, 138 Orenburgskiy Trakt, Kazan, Russian Federation, 420064<sup>2</sup>Kazan State Medical University, 49 Butlerov St., Kazan, Russian Federation, 420012<sup>3</sup>Kazan State Medical Academy, 36 Butlerov St., Kazan, Russian Federation, 420012

## CSF circulation study of communicant syringomyelia

**Fayzutdinova A.T.** — Cand. Med. Sc., Associate Professor of the Department of Neurology and Rehabilitation, neurologist of the Clinical-Expertise Department, tel. +7-903-306-44-38, e-mail: aysluzab@mail.ru<sup>1,2</sup>

**Mikhailov I.M.** — Cand. Med. Sc., Associate Professor of the Department of Radiological Diagnostics, e-mail: i.m.mikhaylov@gmail.com<sup>3</sup>

**Bogdanov E.I.** — D. Med. Sc., Professor, Head of Neurological Clinic, Head of the Department of Neurology and Rehabilitation, tel. (843) 237-34-72, e-mail: enver\_bogdanov@mail.ru<sup>1,2</sup>

*The clinical and CSF circulation (by cine-PC MRI technique) study of communicant syringomyelia was performed. Anatomical and functional components of liquorodynamic changes were identified. These factors can be important for the communicant syringomyelia formation.*

**Key words:** CSF circulation study, cine-PC MRI, communicant syringomyelia.

Сирингомиелия (от греч. syrinx — трубка, канал и myelos — спинной мозг) — это хроническое полиэтиологичное заболевание, характеризующееся прогрессирующим развитием в спинном мозге продольных полостей, которые заполнены ликвором или близкой ему по составу жидкостью. Классический «портрет» сирингомиелии включает нечувствительность к боли и температурным воздействиям в области верхних конечностей и туловища по типу «куртки» или «полукуртки» при сохранности чувства прикосновения (тактильной чувствительности) и глубокой чувствительности. Клиническую

картину дополняют слабость и атрофии рук, а также различные костные деформации: сколиоз, короткая шея, крупные кисти. Первое описание болезни дано в 1824 году французским врачом Оливье д'Анже. Однако патогенез данного процесса до сих пор остается неясным. Широкое внедрение в практику методов неинвазивной нейровизуализации, особенно магнитно-резонансной томографии, позволило проводить диагностику сирингомиелии на ранней стадии, а также открыло новые перспективы для изучения ее патогенеза. Установлено, что, во-первых, сирингомиелия является вторичным

процессом; во-вторых, в основе сирингомиелии, независимо от ее этиологии, обычно лежат нарушения ликвородинамики вследствие блока субарахноидального пространства на уровне БЗО или спинномозгового канала; в-третьих, развитие сирингомиелии, в отличие от интрамедуллярных постнекротических непрогрессирующих кистозных образований, является динамичным процессом: продольный отек спинного мозга, обозначаемый как «пресирингс», предшествует полостеобразованию, а прекращение действия механизма заполнения полости приводит к ее коллапсу [1, 2]. Современная систематизация полостей при сирингомиелии включает следующие формы патологии: 1. Сообщающаяся сирингомиелия (дилатация центрального канала, сообщающаяся с 4 желудочком) — 10%. 2. Несообщающаяся сирингомиелия, включающая: а) центральные и парацентральные полости, б) первичные паренхимальные полости. 3. Атрофические полости (сирингомиелия ex vaso). 4. Неопластические полости. Круг этиологических факторов позволяет разграничить сирингомиелию, связанную с краниальными факторами и со спинальными факторами. В большинстве случаев (до 70%) сирингомиелия обусловлена конгенитальной патологией на уровне краниовертебрального перехода, главным образом, мальформацией Киари 1 типа (МК1). В настоящее время перспективы изучения спинального полостеобразования связаны с внедрением функциональных неинвазивных ликвородинамических исследований, включающих ультразвуковые и cine-MPT методики [1, 2]. **Целью** данной работы было клиническое и магнитно-резонансное томографическое (МРТ) ликвородинамическое обследование пациентов с сообщающейся сирингомиелией.

#### Материалы и методы исследования

Из базы данных пациентов с сирингомиелией были отобраны результаты обследования пациентов, у которых МРТ исследование (1Тл) выявило феномен сообщения сирингомиелитической полости с 4 желудочком (рис. 1). Всего было выявлено 7 пациентов. Все они вошли в основную группу (СГ) исследования. Первую группу сравнения (НГ) составили 7 пациентов с несообщающейся сирингомиелией, соответствующие пациентам основной группы по полу, возрасту, наличию сопутствующей эктопии миндалин мозжечка (n=4), количеству сеансов рентгенотерапии, наличию в анамнезе оперативной декомпрессии ЗЧЯ (n=1). Вторую группу сравнения (КГ) составили 7 добровольцев без патологии КВП, сирингомиелии и выраженной органической симптоматики, соответствующие пациентам основной группы по полу и возрасту. Всем обследованным проведено клиническое неврологическое, МРТ-морфометрическое и ликвородинамическое (методом cine-PC MRI [3, 4]) исследования. Методом cine-PC MRI оценивали наличие движения ликвора и смещения спинного мозга, максимальные систолическую и диастолическую скорости потоков, длительность достижения систолического пика скорости. Статистическую значимость выявленных различий определяли по критерию Стьюдента и непараметрическим парным методом Вилкоксона; за достоверный был принят уровень  $p < 0,05$ .

#### Результаты

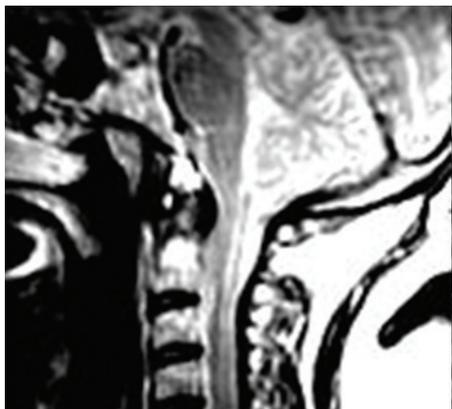
Результаты **клинического неврологического обследования** представлены в таблице 1. Частота

сообщающейся сирингомиелии, по нашим данным, составила 8,4%. Неврологическое обследование не выявило достоверных различий по выраженности клинических проявлений между группами пациентов с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией как на момент осмотра, так и в отношении начальных симптомов заболевания. В то же время, одинаковая выраженность симптоматики в сочетании с меньшей (в среднем на 10 лет) длительностью клинических проявлений заболевания в группе пациентов с сообщающейся сирингомиелией позволяет предположить более тяжелое течение данной формы сирингомиелии.

**МРТ-морфометрическое исследование** — результаты в таблице 2. МРТ исследование показало, что пациенты с сирингомиелией в целом по сравнению с группой без сирингомиелии имеют менее глубокую заднюю черепную яму (ЗЧЯ), более высокое стояние зубовидного отростка, уплощенное основание черепа (большие значения угла NBO между точками nasion, basion, occiput) и более низкий уровень стояния миндалин мозжечка, согласуется с литературными данными [1, 2]. Особенностью пациентов с несообщающейся сирингомиелией было равномерное расширение желудочковой системы (и боковых и четвертого желудочков), вытянутость интракраниального пространства, более высокий индекс «тесноты» на верхнешейном уровне (отношение аксиальной площади спинного мозга к площади позвоночного канала на уровне С1 позвонка) и «переполнение» ЗЧЯ с заострением ее верхнего угла (образован спинкой турецкого седла, верхней точкой намета мозжечка и внутренним затылочным бугром) и уменьшением расстояния между понтомедуллярным сочленением и уровнем большого затылочного отверстия (rm). Пациентов с сообщающейся сирингомиелией по сравнению с несообщающейся отличало более высокое стояние зубовидного отростка, а также расширение боковых желудочков мозга в сочетании с нормальными размерами четвертого желудочка. Кроме того, у пациентов с сообщающейся сирингомиелией выявлено достоверное сужение ликворопроводящих путей на уровне задних отделов большого затылочного отверстия (с) и уменьшение размеров большой цистерны, что по данным [5] может приводить к снижению амортизирующей способности большой цистерны и коррелировать с увеличением волны давления, распространяющейся вдоль центрального канала спинного мозга.

**Ликвородинамическое (cine-PC MRI) исследование.** У всех обследованных на уровне позвонка С1 в переднем и заднем субарахноидальном пространстве (САП) позвоночного канала выявлялись двухфазные систоло-диастолические потоки ликвора. Достоверное смещение спинного мозга на этом уровне выявлялось у всех пациентов с сирингомиелией и только у двух пациентов без сирингомиелии (оба с наиболее низким в своей группе уровнем расположения миндалин мозжечка). В зонах переднего субарахноидального пространства и спинного мозга соответствующие значения максимальных систолической и диастолической скоростей потоков и длительности достижения систолического пика скорости (табл. 3) достоверно не отличались между группами. На уровне заднего субарахноидального пространства скоростные показатели не отличались между группами с сообщающейся сирингомиелией и без сирингомиелии, но достоверно превышали соответствующие значения в группе с несообщающейся сирингомиелией.

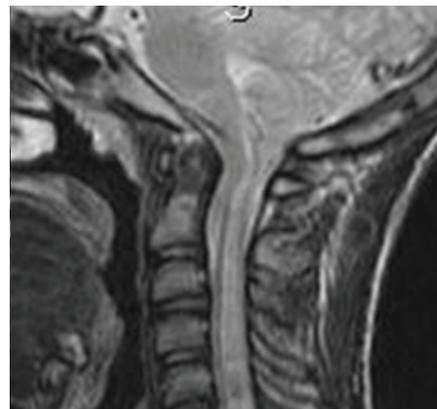
**Рисунок.**  
**Сагиттальные МРТ пациентов с сообщающейся сирингомиелией**



1. С., ф, 42 года.



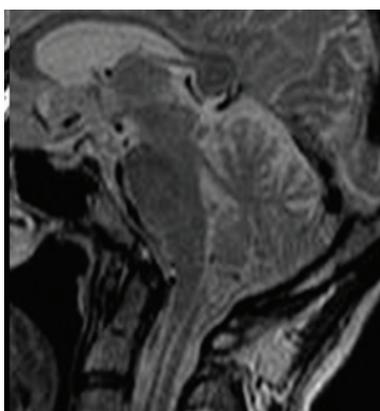
2. И., м, 17 лет (T1-РЕЖИМ)



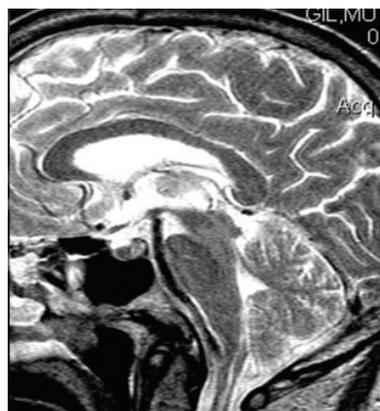
2. И., м, 17 лет (T2-РЕЖИМ)



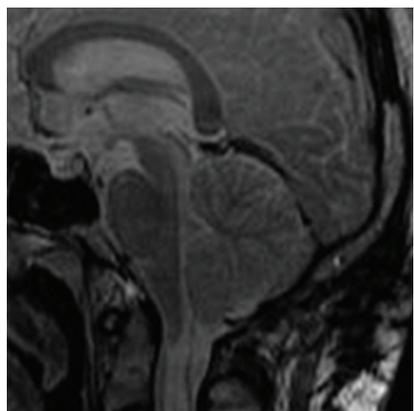
3. С., м, 48 лет.



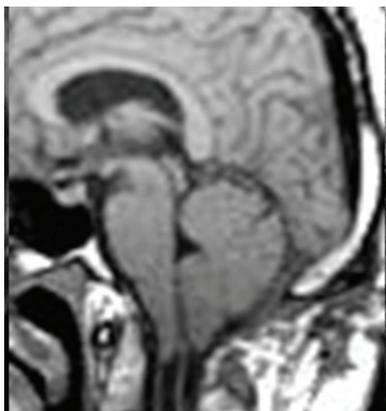
4. И., м, 36 лет.



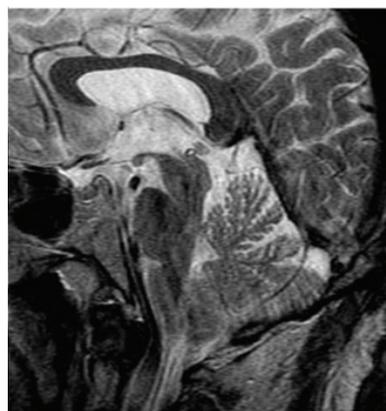
5. Г., м, 70 лет.



6. Ф., м, 33 года (T2-РЕЖИМ)



6. Ф., м, 33 года (T1-РЕЖИМ)



7. Ш., м, 54 года.

Систолическое смещение спинного мозга у пациентов с сирингомиелией у 12 из 14 человек опережало систолический поток в переднем субарахноидальном пространстве. Начало систолического смещения в заднем и переднем субарахноидальном пространстве совпадало в группах с сообщающейся сирингомиелией и без сирингомиелии, а в группе с несообщающейся сирингомиелией систолическое смещение в заднем субарахноидальном пространстве начиналось достоверно раньше, чем в переднем, совпадая с началом смещения спинного мозга.

Выявлен ряд внутригрупповых закономерностей. В группе с сообщающейся сирингомиелией диастолическая скорость была ниже систолической (для переднего и заднего субарахноидального про-

странства и для спинного мозга); значения максимальных систолической и диастолической скоростей потоков и длительности достижения систолического пика скорости достоверно не отличались в переднем и заднем субарахноидальном пространстве, но были достоверно выше по сравнению с соответствующими показателями спинного мозга. Аналогичные закономерности для переднего и заднего субарахноидального пространства прослеживались и в группе без сирингомиелии. У пациентов с несообщающейся сирингомиелией отмечены иные зависимости. Не выявлено различия между систолической и диастолической скоростью потока как для переднего субарахноидального пространства, так и для спинного мозга; максимальная диа-



**Таблица 1.**  
**Результаты клинического обследования пациентов**

Показатель	СГ	НГ	КГ
1. Пол, м/ж	6/1	6/1	6/1
2. Возраст, лет*	43±17	44±14	40±18
3. Возраст начала заболевания, лет*	35±15	27±11	-
4. Длительность заболевания, лет*	8±7	18±17	-
5. Физические перегрузки и травмы до клинического дебюта заболевания, п	6	5	-
6. Операция по поводу менингита до клинического дебюта заболевания, п	-	2	-
7. Начальные симптомы:			
- снижение чувствительности в руках, п	2	2	
- боль в руках, п	2	2	
- боль в области затылка или шеи, п	2	2	
- другое	1	1	
8. Жалобы при осмотре, п:			
- нарушение глотания	2	1	0
- нарушение зрения	4	4	3
- нарушение слуха	3	2	1
- нарушение чувствительности	6	5	1
- мышечная слабость	6	2	0
- боль в шее и в руках	3	4	0
- головная боль	3	5	2
- головокружение, шаткость при ходьбе	4	2	2
- тазовые нарушения	0	2	0
среднее число жалоб*, **	3,4±1,9	3±1,5	1±1
9. Объективные данные, п:			
- нистагм	3	2	0
- бульбарные нарушения	2	2	0
- атаксия статико-локомоторная	5	5	1
- атаксия динамическая	0	1	1
- сегментарно-диссоциированные расстройства чувствительности	7	5	0
- проводниковые расстройства чувствительности	0	1	0
- парезы атрофические	4	4	0
- парезы спастические	3	3	0
- сколиоз	3	3	0
среднее число*, **	3±2,2	2,9±1,5	0,2±0,4

Примечание: \* — различия между группами пациентов с сирингомиелией статистически недостоверны ( $p > 0,05$ ); \*\* — различия между пациентами с сирингомиелией и без сирингомиелии статистически достоверны ( $p < 0,05$ )



**Таблица 2.**  
**Результаты МРТ-морфометрического исследования**

Показатель	СГ	НГ	КГ
Длина интракраниального пространства, мм <sup>(3)</sup>	167±6	173±8	165±6
Длина ската, мм <sup>(2,3)</sup>	39±4	38±3	45±5
Индекс Клауса, мм <sup>(2,3)</sup>	32±3	33±8	41±5
Высота стояния зубовидного отростка над линией Чемберлена, мм <sup>(1,2,3)</sup>	5±3	2±2	-2±3
Опущение миндалин мозжечка ниже большого затылочного отверстия, мм <sup>(2,3)</sup>	3±5	5±10	-2,5±3
Угол НВО, град. <sup>(2,3)</sup>	177±6	175±6	166±8
Верхний угол ЗЧЯ, град. <sup>(3)</sup>	107±10	101±11	112±10
Индекс передних рогов боковых желудочков <sup>(2,3)</sup>	38±3	41±5	35±3
Сагиттальная площадь 4 желудочка, мм <sup>2</sup> <sup>(1*)</sup>	75±31	130±101	85±29
Сагиттальная площадь большой цистерны, мм <sup>2</sup> <sup>(2)</sup>	75±58	151±139	197±80
c, мм <sup>(1)</sup>	1±2	3±3	6±5
Индекс «тесноты» на верхнешейном уровне <sup>(1,3)</sup>	0,30±0,12	0,46±0,11	0,28±0,07
pt, мм <sup>(3)</sup>	16±4	13±5	17±2

Примечание: <sup>(1)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией (критерий Стьюдента); <sup>(2)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с сообщающейся сирингомиелией и без сирингомиелии (критерий Стьюдента); <sup>(3)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с несообщающейся сирингомиелией и без сирингомиелии (критерий Стьюдента); <sup>(1\*)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией (критерий Вилкоксона)

**Таблица 3.**  
**Результаты ликвородинамического исследования на уровне позвонка С1**

Показатель	СГ	НГ	КГ
Максимальная систолическая скорость, см/с: - переднее САП	1,56±0,53 <sup>(3,5)</sup>	1,36±0,74 <sup>(3)</sup>	1,69±0,49 <sup>(5)</sup>
- заднее САП	1,28±0,47 <sup>(3,5)</sup>	0,87±0,45 <sup>(2,3,5)</sup>	1,78±0,92 <sup>(5)</sup>
- спинной мозг	0,32±0,10 <sup>(5)</sup>	0,30±0,18	-
Максимальная диастолическая скорость, см/с: - переднее САП	1,04±0,52 <sup>(3)</sup>	1,04±0,68 <sup>(3)</sup>	0,96±0,32
- заднее САП	0,79±0,34 <sup>(3)</sup>	0,43±0,29 <sup>(1,2,4)</sup>	0,87±0,36
- спинной мозг	0,16±0,08	0,24±0,17	-
Длительность достижения систолического пика скорости, мс: - переднее САП	131±27 <sup>(3)</sup>	141±50	130±29
- заднее САП	120±37	180±165	112±28
- спинной мозг	97±42	113±79	-

Примечание: <sup>(1)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией; <sup>(2)</sup> —  $p < 0,05$  для групп с несообщающейся сирингомиелией и без сирингомиелии; <sup>(3)</sup> —  $p < 0,05$  для потока в субарахноидальном пространстве и смещения спинного мозга; <sup>(4)</sup> —  $p < 0,05$  для переднего и заднего субарахноидального пространства; <sup>(5)</sup> —  $p < 0,05$  для систолического и диастолического потоков в одном пространстве

Таблица 4.

Результаты ликвородинамического исследования внутриполостных потоков ликвора у пациентов с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией

Сообщающаяся сирингомиелия								
Пациент	1	2	3	4	5	6	7	M±m
Локализация полости	До С4	До Th3	До С6	До Th2	До С6	Холокорд	До С6	
Уровень измерений	С2-3	С6	С2	С2	С3	С4	С3	
Максимальная систолическая скорость, см/с	0,44	3,78	-	-	0,72	3,61	0,12	1,73±1,80
Максимальная диастолическая скорость, см/с	0,43	2,48	-	-	0,69	2,1	0,1	1,14±1,08
Длительность достижения систолического пика скорости, мс	179	72	-	-	232	118	265	173±79
Длительность систолы, мс	270	235	-	-	384	519	530	388±137*
Длительность диастолы, мс	443	470	-	-	538	612	378	488±90
Несообщающаяся сирингомиелия								
Пациент	1	2	3	4	5	6	7	M±m
Локализация полости	С1-Th8	С2-Th1	С2-С6	С2-Th6	С1-Th4	С1-Th9	С2-7	
Уровень измерений	С6	С3	С3	С3	С3-4	С4	С4-5	
Максимальная систолическая скорость, см/с	1,18	-	-	-	0,44	1,27	0,8	0,92±0,38
Максимальная диастолическая скорость, см/с	2,03	-	-	-	0,48	1,02	0,79	1,08±0,67
Длительность достижения систолического пика скорости, мс	42	-	-	-	135	63	136	94±49
Длительность систолы, мс	167	-	-	-	325	204	305	250±77
Длительность диастолы, мс	498	-	-	-	978	407	505	597±258

Примечание: \* — различия между группами статистически достоверны ( $p < 0,05$ )

стическая скорость потока в заднем субарахноидальном пространстве не отличалась от соответствующего показателя в спинном мозге, но была достоверно выше в переднем субарахноидальном пространстве; длительность достижения систолического пика скорости достоверно не отличалась в переднем и заднем субарахноидальном пространстве и в спинном мозге.

Таким образом, анализ ликвородинамики на уровне позвонка С1 выявил меньшую подвижность спинного мозга у пациентов без сирингомиелии, а также различные ликвородинамические закономерности для групп с сообщающейся и несообщающейся сирингомиелией. Особенностью пациентов с сообщающейся сирингомиелией были достоверные различия между систолической и диастолической скоростями потоков, а также между ликвородинамическими параметрами субарахноидального пространства и спинного мозга. В группе пациентов с несообщающейся сирингомиелией отсутствовали скоростные различия между диастолическим смещением спин-

ного мозга и потоком ликвора в заднем субарахноидальном пространстве. Ликвородинамическое исследование показало сопоставимость полученных нами результатов с литературными данными, например, по абсолютным значениям скоростных показателей здоровых лиц и по большей подвижности спинного мозга у больных с мальформацией Киари 1 типа [6], по более высоким значениям скорости потока в переднем субарахноидальном пространстве по сравнению с задним у больных с мальформацией Киари 1 типа [7].

Анализ внутриполостных потоков ликвора. В группе пациентов с сообщающейся сирингомиелией поток жидкости внутри сирингомиелитической полости на уровне обекса выявлены у трех пациентов, на уровне позвонка С1 — у 5 пациентов. Оба пациента, у которых не выявлялись внутриполостные потоки, не имели мальформации Киари 1 типа: морфометрическое исследование выявило у одного пациента высокое стояние зубовидного отростка, а у второго — мальформацию Киари 0. На уровне самой широкой



части сирингомиелической полости потоки ликвора были зарегистрированы у пяти пациентов с сообщающейся сирингомиелией и у четырех с несообщающейся сирингомиелией (табл. 4). Длительность систолы внутривентрикулярного потока в группе с сообщающейся сирингомиелией была достоверно выше соответствующего показателя в группе с несообщающейся сирингомиелией.

### Обсуждение

Сообщающаяся форма сирингомиелии является редким вариантом заболевания, механизм развития которой, согласно ликвородинамической теории «водяного молота» Гарднера, связан с обструкцией ликворопроводящих путей на уровне выхода из четвертого желудочка с повышением в нем давления и проталкиванием спинномозговой жидкости через обтек в центральный канал спинного мозга [8, 9]. В литературе имеются отдельные наблюдения сообщающейся сирингомиелии с ликвородинамическим подтверждением данной теории [10, 11]. Основными причинами сообщающейся сирингомиелии называют гидроцефалию, развившуюся после церебрального кровоизлияния или менингита, мальформацию Киари 2, энцефалоцеле и аномалию Денди—Уокера. В нашем наблюдении сообщающаяся сирингомиелия преимущественно сочеталась с мальформацией Киари 1 типа или с высоким стоянием зубовидного отростка, кроме того, практически все пациенты от-

мечали связь начала клинических проявлений заболевания с травмами или физическими перегрузками. Другой особенностью, выявленной в нашей группе пациентов, было отсутствие расширения четвертого желудочка, что, вероятно, исключает стенозы на уровне отверстий Люшка и Мажанди и предполагает другой патогенез заболевания.

Таким образом, сообщающаяся сирингомиелия представляет собой патогенетически неоднородный вариант сирингомиелии, определение механизма формирования которой требует использования МРТ ликвородинамических и МРТ-морфометрических исследований. Анализ полученных данных позволил нам выделить структурный анатомический и динамический функциональный компоненты ликвородинамических нарушений, которые могут способствовать формированию сообщающейся формы сирингомиелии. Пациентов с сообщающейся сирингомиелией отличало достоверное сужение ликворопроводящих путей на уровне задних отделов большого затылочного отверстия и уменьшение размеров большой цистерны, а также достоверные скоростные различия между диастолическим смещением спинного мозга и потоком ликвора в заднем субарахноидальном пространстве. Кроме того, длительность систолы внутривентрикулярного потока в группе с сообщающейся сирингомиелией была достоверно выше соответствующего показателя в группе с несообщающейся сирингомиелией.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Э.И. Сирингомиелия // Неврологический журнал. — 2005. — № 6. — С. 4-11.
2. Syringomyelia. A Disorder of CSF Circulation / Ed. by G. Flint, C. Rusbridge. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. — 345 p.
3. Badelia R.A., Bogdan A.R., Wolpert S.M. Analysis of cerebrospinal fluid flow waveforms with gated phase-contrast MR velocity measurements // AJNR. — 1995. — Vol. 16. — P. 389-400.
4. Brugieres P., Idy-Peretti I., Iffenecker C. et al. CSF Flow Measurement in Syringomyelia // Am. J. Neuroradiology. — 2000. — Vol. 21. — P. 1785-1792.
5. Chang H.S., Nakagawa H. Hypothesis on the pathophysiology of syringomyelia based on simulation of cerebrospinal fluid dynamics // JNNP. — 2003. — Vol. 74. — P. 344-347.
6. Hofmann E., Warmuth-Metz M., Bendszus M., Solymosi L. Phase-contrast MR imaging of the cervical CSF and spinal cord: volumetric motion analysis in patients with Chiari I malformation // AJNR. — 2000. — Vol. 21. — P. 151-158.
7. Iskandar B.J., Quigley M., Haughton V.M. Foramen magnum cerebrospinal fluid flow characteristics in children with Chiari I malformation before and after craniocervical decompression // J. Neurosurg. (Pediatrics 2). — 2001. — Vol. 101. — P. 169-178.
8. Gardner W.J., Angel J. The mechanism of syringomyelia and its surgical correction // Clin. Neurosurg. — 1959. — Vol. 6. — P. 131-140.
9. Pamir M.N., Özer A.F., Zirh T.A. et al. CT myelography in communicating syringomyelia // Eur. J. Radiology. — 1991. — Vol. 12. — P. 47-52.
10. Kohli A., Gupta R.K. Neurological picture. Gardner's hypothesis and magnetic resonance imaging // JNNP. — 1997. — Vol. 63. — P. 143.
11. Kawaguchi T., Fujimura M., Tominaga T. Syringomyelia with obstructive hydrocephalus at the foramen of Lushka and Magendie successfully treated by endoscopic third ventriculostomy // Surgical Neurology. — 2009. — Vol. 71 (3). — P. 349-352.