

**ЛЕЧЕНИЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ СИРИНГОМИЕЛИИ****Зув А.А., Лебедев В.Б., Педяш Н.В., Епифанов Д.С.**

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова», ул. Нижняя Первомайская 70, Москва, Российская Федерация, 105203

**Цель.** Проанализировать результаты хирургического лечения пациентов с посттравматической сирингомиелией в ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» и определить оптимальную тактику лечения больных с данной патологией.

**Материалы и методы.** За период с 2010 по 2016 гг. группой авторов проведено лечение 44 пациентов с посттравматической сирингомиелией (ПСМ), из них прооперированы 28 пациентов. Минимальный срок наблюдения за больными после операции составил 11 мес, максимальный — 54 мес. Возраст пациентов составил от 15 до 58 лет (средний —  $38,7 \pm 4,8$  года). Всем больным до операции, через 4 мес после операции и затем каждые 6-12 мес проводили неврологический осмотр, состояние больных оценивали по шкалам Карновского, Японской Ортопедической Ассоциации (JOA), функциональной классификации McCormick, при наличии болевого синдрома — по визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Пациентам в пред- и послеоперационном периоде выполняли обзорную спондилографию в двух стандартных проекциях, КТ, МРТ спинного мозга. Для оценки степени выраженности арахноидальных рубцов мы использовали классификацию Klecamp J.

**Результаты.** Для оценки результатов проведенной операции пациенты были разделены на 2 группы. В группе оперированных пациентов после неосложненной спинномозговой травмы (СМТ) средний балл по шкале Карновского до операции составил 76,2, через 12 мес после операции — 82,7. Состояние пациентов по JOA до операции было 10,9 баллов, после — 14,6; среднее значение по шкале McCormick до операции — 2,4 степени, после — 1,6. Степень арахнопатии в этой группе пациентов в среднем — 1,5. Сирингомиелическая киста, по данным МРТ, через 1 год уменьшилась почти в 2 раза (средний индекс Вакуэро уменьшился с 42,5 до 23,5%). У 10 (62,5%) пациентов наступило улучшение состояния, еще у 5 (31,3%) — стабилизация, а у 1 (6,3%) пациента сирингомиелия продолжала прогрессировать. В группе пациентов после осложненной СМТ средний балл по шкале Карновского до операции составил 62,4, через 12 мес после операции — 76,6. Состояние пациентов по JOA до операции было 8,2 баллов, после — 11,1; среднее значение по шкале McCormick до операции — 3,6 степени, после — 2,7. Степень арахнопатии в этой группе пациентов в среднем — 2. Сирингомиелическая киста, по данным МРТ, через 1 год также уменьшилась почти в 2 раза (средний индекс Вакуэро уменьшился с 53,3 до 26,8%). У 4 (33,3%) пациентов наступило улучшение состояния, еще у 6 (50%) — стабилизация, а у 2 (16,7%) пациентов СМ продолжала прогрессировать. Осложнения развились у 2 прооперированных пациентов.

**Заключение.** Операция должна быть направлена на устранение всех факторов, приводящих к затруднению ликвородинамики. Шунтирование кисты является паллиативной операцией с высоким риском рецидива СМ. В то же время дополнение арахнолизиса шунтированием может улучшить результаты лечения за счет уменьшения объема спинного мозга и быстрого клинического эффекта от операции.

Использование выбранной концепции лечения ПСМ в нашей группе пациентов позволила добиться стабилизации или улучшения состояния у 89,2% пациентов.

**Ключевые слова:** посттравматическая сирингомиелия, ликвородинамика, фиксация спинного мозга, арахнопатия

**Objective:** to analyze the surgical treatment outcomes in patients with posttraumatic syringomyelia in «National medical surgical center n.a. N.I. Pirogov» and to determine the optimal strategy for treatment of such patients.

**Material and methods.** Authors treated 44 patients with posttraumatic syringomyelia (PTS) from 2010 till 2016 y., among them 28 patients were operated on. Follow-up was from 11 months (minimal) to 54 months (maximal). Age of patients varied from 15 till 58 years old (mean age —  $38,7 \pm 4,8$  years). The estimation of neurological status was done preoperatively, in 4 months after operation and every 6-12 months postoperatively according to Karnofsky scale, Japanese Orthopaedic Association (JOA), functional classification of McCormick, Visual Analogue Scale (VAS) — in the case of pain syndrome. The examination of all patients in pre-and postoperative period includes the following methods: plain spondylography in two routine projections, spinal CT and spinal MRI. Classification of Klecamp J. was used for evaluation of severity of arachnoid cicatricial tissue.

**Results.** Patients were divided into two groups for estimation of surgical operation results. The mean score according to Karnofsky scale was 76,2 preoperatively and in 12 months after operation — 82,7 among patients with uncomplicated spinal trauma. Patients' condition according to JOA before operation was 10,9 scores, after operation — 14,6; mean value according to McCormick scale before operation — 2,4 degree, after operation — 1,6 degree. Mean degree of arachnopathy in this group of patients was 1,5. The syringomyelic cyst decreased almost twice in 1 year after operation according to MRI (mean Vaquero index decreased from 42,5 till 23,5%). The improvement of condition was seen at 10 (62,5%) patients, stabilization - at 5 (31,3%) and the progression of disease was seen at 1 (6,3%) patients. The mean score according to Karnofsky scale was 62,4

preoperatively and in 12 months after operation — 76,6 among patients with complicated spinal trauma. Patients' condition according to JOA before operation was 8,2 scores, after operation — 11,1; mean value according to McCormic scale before operation — 3,6 degree, after operation — 2,7 degree. Mean degree of arachnopathy in this group of patients was 2. The syringomyelic cyst also decreased almost twice in 1 year after operation according to MRI (mean Vaquero index decreased from 53,3 till 26,8%). The improvement of condition was seen at 4 (33,3%) patients, stabilization — at 6 (50%) and the progression of disease was seen at 2 (16,7%) patients. The postoperative complications developed at 2 patients.

**Conclusion.** The operation should be directed on elimination of all factors which disturb the spinal fluid circulation. The shunt of syringomyelic cyst is palliative operation with high risk of PTS relapse. At the same time arachnolysis in addition to shunting of cyst may improve the surgery outcome due to decrease of spinal cord volume and rapid clinical effect from operation. The usage of selected strategy of PTS treatment in our group of patients allowed achieving stabilization of condition or even improvement in 89,2% patients.

**Key words:** posttraumatic syringomyelia, cerebrospinal fluid circulation, spinal cord fixation, arachnopathy.

## Введение

Частота возникновения посттравматической сирингомиелии (ПСМ) в популяции до конца не изучена и, по данным разных авторов, составляет от 0 до 28% пациентов, перенесших спинно-мозговую травму (СМТ). У большинства из этих пациентов сирингомиелия носит бессимптомный характер и им не требуется лечение. И только у 2-4% пациентов, перенесших СМТ, развивается симптоматическая сирингомиелия, которая еще больше инвалидизирует пациентов и нередко таким больным требуется проведение операции [1-5].

Большинство современных теорий развития ПСМ сфокусированы на циркуляции цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) вокруг спинного мозга, и затруднение этой циркуляции, по мнению многих авторов, является триггерным фактором [4,6]. Единого алгоритма лечения пациентов с ПСМ нет. Некоторые хирурги предлагают шунтирующие операции, другие — устранение фиксации спинного мозга и/или восстановление ликвородинамики. В нашей стране хирургическое лечение ПСМ в большинстве случаев сводится к имплантации шунтов в полость кисты или простому ее вскрытию и дренированию. Однако существуют работы, свидетельствующие о низкой эффективности данных операций в отдаленном периоде [6]. Лечение, основанное на концепции восстановления циркуляции ЦСЖ, применяют крайне редко, публикации на этот счет редки, число пациентов, включенных в исследование, мало [7-9].

## Материалы и методы

За период с 2010 по 2016 г. группой авторов проведено лечение 387 пациентов с сирингомиелией, среди них с посттравматической сирингомиелией было 44 (11,4%). У 18 (40,9%) пациентов в анамнезе имелась неосложненная травма позвоночника. 26 пациентов перенесли осложненную СМТ с развитием неврологического дефицита различной степени выраженности, в связи с чем 8 из них выполнены декомпрессивные операции на позвоночнике.

Показаниями к хирургическому лечению ПСМ было появление и/или прогрессирование неврологического дефицита.

Прооперированы 28 пациентов (16 больных с неосложненной травмой позвоночника (57,1%), 12 (42,9%) — с осложненной). До настоящего времени 16 пациентов находятся под динамическим наблюдением, т.к. неврологический статус у них остается стабильным (проводятся регулярные клинические осмотры и МРТ), или пациенты отказываются от операции. Минимальный срок наблюдения за больными после операции составил 11 мес, максимальный — 54 мес. Возраст пациентов составил от 15 до 58 лет (средний — 38,7±4,8 года).

В момент госпитализации у пациентов оценивали неврологический статус (наличие двигательных, сенсорных нарушений, нарушения походки, функции тазовых органов), состояние больного по шкале Карновского, шкале Японской Ортопедической Ассоциации (JOA) (шкала для определения выраженности миелопатии в баллах, оценивающая моторную функцию конечностей, сенсорное восприятие на конечностях и туловище, а так же акт мочеиспускания), функциональной классификации McCormick (табл. 1), при наличии болевого синдрома — визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Такое же обследование проводили перед выпиской из стационара, через 4 мес после операции и затем каждые 6-12 мес.

Таблица 1 / Table 1

Клинические проявления посттравматической сирингомиелии (n=44) / Clinical signs of posttraumatic syringomyelia (n=44)

Симптомы	Количество пациентов, %
Боль	36,4
Нарушения чувствительности	81,8
Атаксия	37,2
Двигательные нарушения	31,8
Нарушение функции тазовых органов	4,5
Бульбарные нарушения	2,3
Вегетативные нарушения	6,8

У всех пациентов неврологическая симптоматика стала развиваться на фоне стабильного состояния после СМТ в анамнезе. У пациентов с неврологическими последствиями перенесенной СМТ появлялись новые симптомы и/или нарастали имеющиеся нарушения. Клинические проявления заболевания представлены в табл. 2.

Всем пациентам в предоперационном периоде выполняли: обзорную спондилографию в двух стандартных проекциях, при которой оценивали форму и структуру позвонков, межпозвонковых соединений, взаимоотношения в позвоночных сегментах, наличие и выраженность деформаций позвоночного столба и позвоночного канала, признаки сужения позвоночного канала и проводили оценку сагиттального профиля позвоночника.

Пациентам с признаками посттравматических повреждений или нестабильности выполняли компьютерную томографию поврежденного отдела позвоночника, что позволило в полном объеме выявить характер посттравматических изменения позвонков, состояние позвоночного канала, взаимоотношения в межпозвонковых суставах, осуществить планирование оперативного вмешательства, направленного на устранение экстрадуральных факторов компрессии спинного мозга.

МРТ всех отделов спинного мозга с контрастированием проводили для исключения опухоли спинного мозга. Во время исследования оценивали протяженность сирингомиелической кисты, ее особенности и определяли наличие или отсутствие арахноидальных рубцов. Если уровень

Таблица 2 / Table 2

Сводные данные по пациентам с ПСМ, оперированным с 2010 по 2016 гг. / Summary data of patients with posttraumatic syringomyelia operated from 2010 till 2016 yy.

	Пациенты после неосложненной СМТ, n=16	Пациенты после осложненной СМТ, n=12
<b>Повреждение спинного мозга по шкале ASIA (число пациентов):</b>		
• А		3
• В		2
• С		5
• D	16	2
• E		
<b>Уровень травмы (число пациентов):</b>		
• шейный отдел	3	3
• грудной отдел	12	6
• поясничный отдел	1	3
<b>Средний срок от травмы до развития симптомов СМ, мес</b>	93,8	98,3
<b>Средний срок от момента появления первых симптомов СМ до операции, мес</b>	54,2	47,6
<b>Средний балл по шкале Карновского</b>		
• до операции	76,2	62,4
• через 12 мес после операции	82,7	77,6
<b>Средний балл по JOA</b>		
• до операции	10,9	8,2
• через 12 мес после операции	14,6	11,1
<b>Средний балл по ВАШ</b>		
• до операции	6,2	5,4
• через 12 мес после операции	3,5	2,3
<b>Средний балл по McCormic</b>		
• до операции	2,4	3,6
• через 12 мес после операции	1,6	2,7
<b>Степень арахнопатии по J. Klesamp (среднее)</b>	1,5	2
<b>Вид операции (кол-во):</b>		
• шунтирование	2	3
• арахнолизис	10	3
• костная декомпрессия	0	2
• арахнолизис + шунтирование	4	2
• костная декомпрессия + арахнолизис + шунтирование	0	2
<b>Индекс Вакуэро</b>		
• до операции	42,5%	53,3%
• через 12 мес после операции	23,5%	26,8%
<b>Состояние после операции:</b>		
• ухудшение	1	2
• без изменений	5	6
• улучшение	10	4
<b>Повторные операции</b>	1	2

и степень выраженности этих рубцов оставались неясными, больным выполняли кардиосинхронизированную фазоконтрастную МРТ для изучения ликвородинамики и определения уровня фиксации спинного мозга. Такое исследование проведено 19 пациентам. В послеоперационном периоде МРТ выполняли в течение 48 ч после операции, через 4 мес после нее и затем каждые 6-12 мес (рис. 1). На основании данных предоперационных и послеоперационных МРТ оценивали динамику сирингомиелической кисты по индексу Вакуэро, путем подсчета отношения максимального диаметра сирингомиелической кисты к диаметру спинного мозга на данном уровне, в сагитальной плоскости, в процентах [10]. После выполнения коррекции деформации позвоночника контрольную КТ проводили в первые сутки после операции, через 4 мес и через 1 год после операции. Ликвородинамическую МРТ в послеоперационном периоде рутинно не выполняли, а эффективность восстановления ликвородинамики на уровне фиксации оценивали по динамике размеров сирингомиелической кисты и клинической картины.

Для оценки степени выраженности арахноидальных рубцов мы использовали классификацию J. Klekamp [11]:

1-я степень — очаговые рубцы до двух позвоночных уровней без блока ликвородинамики, отсутствие предыдущих операций, отсутствие менингита в анамнезе;

2-я степень — очаговые рубцы до двух позвоночных уровней с блоком ликвородинамики, отсутствие предыдущих операций, отсутствие менингита в анамнезе;

3-я степень — протяженность арахноидальных рубцов более двух позвоночных уровней или перенесенная интрадуральная операция;

4-я степень — протяженность арахноидальных рубцов более двух позвоночных уровней с анамнезом менингита.

#### Хирургическая техника

Шунтирование сирингомиелической кисты проведено 5 пациентам (17,9% от общего количества оперированных пациентов): 3 с повреждением спинного мозга ASIA A и 2 пациентам с ASIA E. Данную операцию проводили при тотальном повреждении спинного мозга в момент травмы либо при отказе пациента от операции, направленной на устранение фиксации спинного мозга и восстановление ликвороциркуляции. Для ее проведения выполняли ламинэктомию или аркотомию, вскрытие твердой мозговой оболочки (ТМО), миелотомию по задней продольной щели, протяженностью 1-2 мм, вскрытие сирингомиелической кисты и имплантацию силиконовой шунтирующей трубки в краниальном или краниальном и каудальном (Т-образной трубкой) направлениях на 3-5 см. Далее катетер фиксировали в свободном от спаек субарахноидальном пространстве.

В большинстве случаев мы отдавали предпочтение лечению, направленному на устранение

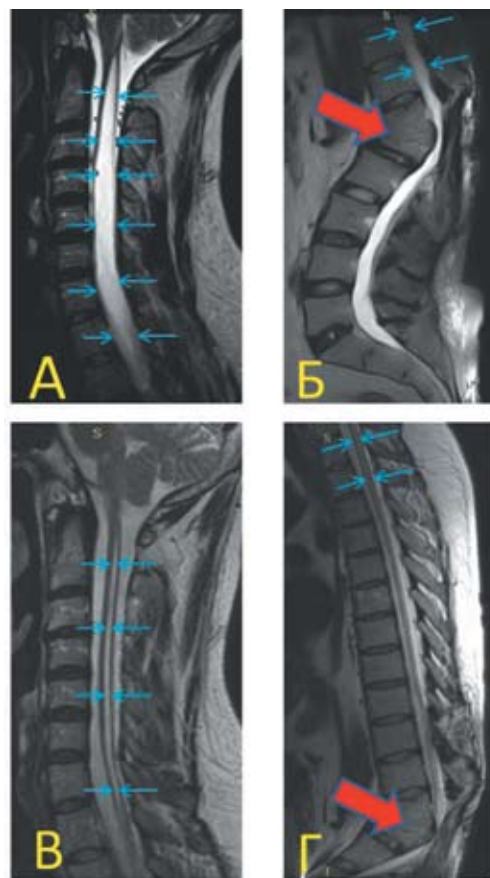


Рис. 1. До- и послеоперационные МРТ пациента с посттравматической сирингомиелией на фоне деформации позвоночника на уровне Th12-L1. А, Б — Т2 взвешенные изображения МРТ шейного и поясничного отделов спинного мозга пациента с последствиями тяжелой СМТ (давность травмы 16 лет). В день травмы произведена ламинэктомия Th12-L1. После травмы у пациента развился нижний парапарез с плегией в стопах, нарушения функции тазовых органов. Спустя 10 лет отметил нарушение чувствительности на правой руке, спустя 3 года зона чувствительных нарушений расширилась, появились диссоциированные расстройства чувствительности на левой руке, появилась слабость в кистях. На МРТ определяется посттравматическая кифотическая деформация на уровне тел Th12-L1, сирингомиелия на уровнях С1-L1 (указана синими стрелками). Индекс Вакуэро — 61%. В, Г — Т2 взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга через 1 год после операции — имплантации сиринго-субарахноидального шунта на уровне Th10 (пациент отказался от проведения корректирующей операции на позвоночнике). Определяется уменьшение диаметра сирингомиелической кисты (индекс Вакуэро 19,9%) и ее протяженности (С1-Th3).

Fig. 1. Pre- and postoperative MRI of patient with posttraumatic syringomyelia because of vertebral deformity at the level of Th12-L1 vertebrae. A, B — T2 MRI of cervical and lumbar spine of patient with sequences of severe spinal trauma (16 years period). The laminectomy of Th12-L1 was performed just after the trauma. The lower paraparesis with plegia in footsteps and dysfunction of pelvic organs, but since 10 years he noticed the disturbance of sensation on right upper limb and since additional 3 years this zone of sensor disturbance enlarged with additional dissociated impairments of sensation on left upper limb and weakness in hands. MRI demonstrates the posttraumatic kyphotic deformation at the level of Th12-L1 vertebrae and syringomyelia at the level of C1-L1 (blue arrows). Vaquero index — 61%. B, G — T2 MRI of cervical and thoracic spine in 1 year after operation — placement of syringomyelitic-subarachnoid shunt at level of Th10 vertebra (patient refused from corrective operation on vertebral column). The decrease of syringomyelitic cyst diameter (Vaquero index 19,9%) and its size (C1-Th3).

внешней компрессии спинного мозга, его фиксации и восстановление ликвородинамики.

14 пациентам после легкой СМТ (ASIA E в нашем исследовании) выполнены следующие операции: 10 (71,4%) пациентам произведен арахнолизис с восстановлением ликвороциркуляции на уровне фиксации спинного мозга, 4 (28,6%) пациентам — арахнолизис + сиринго-субарахноидальное шунтирование.

У 9 пациентов с осложненной СМТ операции были разнообразнее, и направлены они были на устранение всех факторов, которые могли вызывать затруднения ликвородинамики. Двум (22,2%) больным была выполнена только передняя костная декомпрессия, 3 (33,3%) — арахнолизис, 2 (22,2%) — арахнолизис + сиринго-субарахноидальное шунтирование, 2 (22,2%) — устранение костной компрессии + арахнолизис + сиринго-субарахноидальное шунтирование.

Для устранения костной компрессии у всех пациентов выполняли переднюю декомпрессию спинного мозга и его корешков, реконструкцию позвоночного канала, опорный спондилодез с использованием аутокости и/или металлоконструкций и, при необходимости, дополнительную транспедикулярную фиксацию позвоночника.

При выполнении арахнолиза выполняли костно-пластическую или резекционную ламинэктомию на уровнях фиксации спинного мозга, выявленных на дооперационном этапе. Линейным разрезом вскрывали ТМО. На этом этапе нужно быть предельно осторожным, т.к. спинной мозг и/или его корешки могут быть плотно «припаяны» к ТМО. Для уменьшения риска повреждения спинного мозга и выбора оптимального места для начала вскрытия ТМО мы использовали интраоперационное УЗИ. Далее с использованием операционного микроскопа производили разделение ТМО и паутинной оболочки спинного мозга, острым путем рассекая спайки. При локальной арахнопатии (1–2-й степени) рубцы, как правило, тонкие и покрывают спинной мозг частично, пульсация спинного мозга на этом уровне ослаблена. Этим больным достаточно легко удается устранить фиксацию спинного мозга и восстановить ликвородинамику (рис. 2). У больных с арахнопатией 3–4-й степени изменения значительно более выражены: паутинная оболочка утолщена и плотная, рубцы васкуляризованы, ЦСЖ на уровне «сращения», как правило, нет, пульсация спинного мозга отсутствует (рис. 3). Мы ограничиваемся разделением спаек на задней и боковых поверхностях спинного мозга и созданием сообщения свободных ликворных пространств выше и ниже уровня фиксации. После рассечения спаек выполняли расширяющую пластику ТМО искусственными оболочками с целью создания дополнительного ликворного пространства и снижения риска повторной фиксации спинного мозга.

Стабилизацию неврологического статуса на дооперационном уровне считали хорошим клиническим результатом лечения больных.

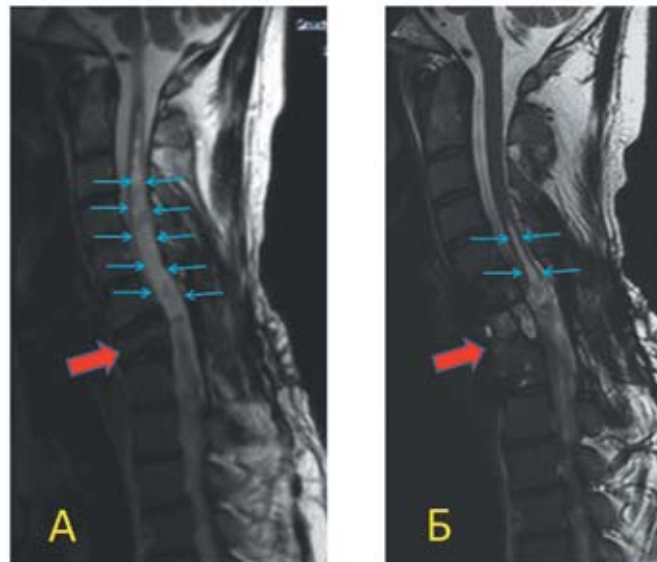


Рис. 2. До- и послеоперационные МРТ пациента с травматическим повреждением позвонка С7 и сирингомиелией на шейном и грудном уровнях. А — Т2 взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга пациента с последствиями тяжелой СМТ (давность травмы 10 лет). После травмы у пациента развилась нижняя параплегия, в связи с чем в день травмы проведена ламинэктомия С6-Th1, ревизия спинного мозга. В послеоперационном периоде пациент хорошо социально адаптировался, передвигался на коляске. Спустя 6 лет стал отмечать слабость и неловкость в руках, которая постепенно нарастала и стала мешать передвижениям. На МРТ определяется консолидированный компрессионный перелом тела С7 позвонка (указан красной стрелкой), приводящий к компрессии переднего субарахноидального пространства. Выявлена сирингомиелия, распространяющаяся вверх от перелома до уровня С2 (указана синими стрелками) и вниз до уровня Th10. Б — МРТ пациента через 1 год после операции — передней декомпрессии позвоночного канала, удаления тела разрушенного позвонка С7, протезирования тела позвонка С7 аутокостью и передней стабилизации титановой пластиной. Определяется уменьшение протяженности (до уровня С4-С5) и диаметра сирингомиелической кисты (указана синими стрелками). Клинически пациент отметил увеличение силы в руках и вернулся к прежней активности.

Fig. 2. Pre- and postoperative MRI of patients with C7 vertebra traumatic damage and syringomyelia at the cervical and thoracic level. A — T2 MRI of cervical and thoracic spine of patient with sequences of severe complicated spinal trauma (10 year period). The lower limbs paraplegia was occurred after trauma and patient was operated on just after admission — C6-Th1 laminectomy with spinal cord revision. Patient was well social adapted and moved in wheel chair, but since 6 years after trauma this patient became notice the weakness and discomfort in upper limbs with continuous increase till disturbance of movement in wheel chair. MRI revealed consolidated compressive fracture of C7 vertebral body (red arrow), leading to compression of anterior subarachnoid space, as well as syringomyelia from the fracture level to C2 (blue arrows) upward and Th10 downward. Б — MRI of patient in 1 year after operation — anterior decompression of vertebral canal, removal of destroyed C7 vertebral body, prothesis of C7 by autograft and anterior fusion by titanic plate. The decrease of syringomyelitic cyst size (to C4 -C5 level) and diameter (blue arrow) is seen. Patient also noted the improvement of clinical status with increase of muscle strength in hands and he returned to his previous activity.

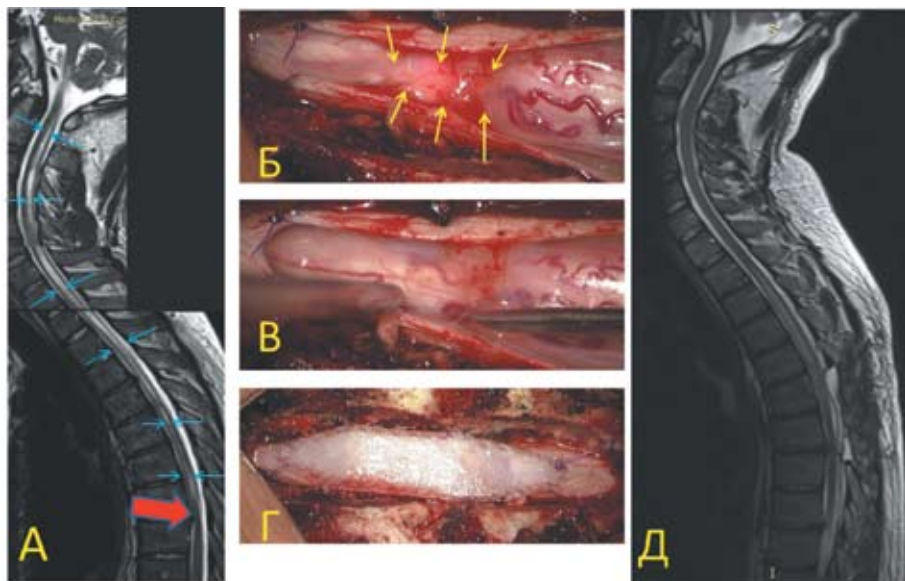


Рис. 3. До- и послеоперационные МРТ, интраоперационные фотографии пациента с сирингомиелией, ассоциированной с посттравматической адгезивной арахнопатией на уровне Th7-Th8. А — Т2-взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга пациента с последствиями легкой СМТ (давность травмы 9 лет). Никакой неврологической симптоматики после травмы не было. Спустя 8 лет возникли диссоциированные расстройства чувствительности на руках по типу «куртки», позже появились чувствительные нарушения на ногах, боль в грудном отделе позвоночника, нарушилась походка, возникла слабость в кистях, а затем появились затруднения при глотании. На МРТ определяется сирингомиелия на уровнях C1-Th7 (указана синими стрелками). Уровень арахнопатии указан красной стрелкой. Б, В, Г — этапы операции: после вскрытия ТМО на уровне Th7-Th8 обнаружена арахнопатия второй степени (указана желтыми

стрелками), спайки рассечены «острым» путем, восстановлена ликвородинамика, выполнена расширяющая пластика ТМО на уровне фиксации. Д — Т2-взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга, выполненной через 1 год после операции. Сирингомиелическая киста исчезла. У пациента купирован болевой синдром, исчезли двигательные нарушения, сохранились области диссоциированного расстройства чувствительности.

Fig. 3. Pre- and postoperative MRI and intraoperative images of patient with syringomyelia associated with posttraumatic adhesive arachnopathy at the level of Th7-Th8 vertebrae. A — T2 MRI of cervical and thoracic spine of patient with sequences of mild spinal trauma (9 years period). There was no neurological deficit after trauma but since 8 years dissociated disturbances of sensory like “T-shirt” occurred with the following sensory impairments in legs as well as pain in thoracic spine, disturbances of walking, weakness in hands and swallowing difficulties. MRI revealed syringomyelia at the level of C1-Th7 vertebrae (blue arrows). Red arrow shows the level of arachnopathy. Б, В, Г — Stages of operation: arachnopathy II stage of severity was revealed after dura mater opening at the level of Th7-Th8 vertebrae (yellow arrows), adhesions were sharply dissected with the restoration of SCF circulation and the following expanded plasty of dura mater at the level of fixation. Д — T2 MRI of cervical and thoracic spine in 1 year after operation demonstrates that syringomyelic cyst has been disappeared. Patient noted the fully regress of pain syndrome with restoration of movement in limbs but the areas of dissociated sensory disturbances remained unchanged.

## Результаты

У большинства пациентов сирингомиелия распространялась вверх и вниз от уровня травмы и/или места фиксации спинного мозга. В нашем исследовании у 38,7% пациентов киста распространялась выше уровня фиксации, у 6,8% — ниже, у остальных пациентов (54,5%) она распространялась в обоих направлениях. У 1 пациента киста распространялась на продолговатый мозг.

Из 26 оперированных пациентов арахнопатия 1-й степени выявлена у 10 больных, арахнопатия 2-й степени — у 14, арахнопатия 3-й степени — у 2, арахнопатии 4-й степени в этой группе пациентов не было.

Шунтирующие операции проведены 5 пациентам. После проведенного лечения размеры сирингомиелической кисты сразу после операции уменьшились у 3 пациентов. Клинически состояние этих пациентов улучшилось, однако в течение первого года 1 пациент вернулся на прежний уровень. У двух пациентов сирингомиелическая киста после операции не уменьшилась, у одного из них наступила стабилизация заболевания, у второго клинические симптомы продолжили прогрессировать.

Двум пациентам с повреждениями шейного отдела позвоночника выполнена только передняя костная декомпрессия с намерениями провести

в отсроченном периоде арахнолизис. Однако при контрольной МРТ через 4 мес выявлено уменьшение размеров кисты и клиническое улучшение у пациентов. Через 1 год после операции отрицательной динамики на МРТ и в клиническом состоянии так же не было выявлено (рис. 4).

21 больному произведено устранение фиксации спинного мозга на уровне арахнопатии и, в случае необходимости, устранение экстрадуральных факторов компрессии (2 пациента). При выявлении выраженного спаечного процесса на уровне травмы, после проведения арахнолизиса, мы выполняли шунтирование сирингомиелической кисты с помещением дистального отдела трубки каудально в свободное от спаек субарахноидальное пространство. В этой группе пациентов долгосрочного улучшения клинического состояния (через 1 год и более после операции) удалось достичь у 12 (57,2%) пациентов, стабилизации — у 7 (33,3%), заболевание продолжало прогрессировать у 2 (9,5%) пациентов.

Отрицательная динамика в этой группе пациентов была у одной пациентки с арахнопатией 3-й степени (протяженность арахнопатии составила 4,5 сегмента) и у одного пациента с арахнопатией 2-й степени, возникшей вследствие легкой СМТ (ASIA E). У пациентки с арахнопатией 3-й степени операция заключалась в арахнолизисе

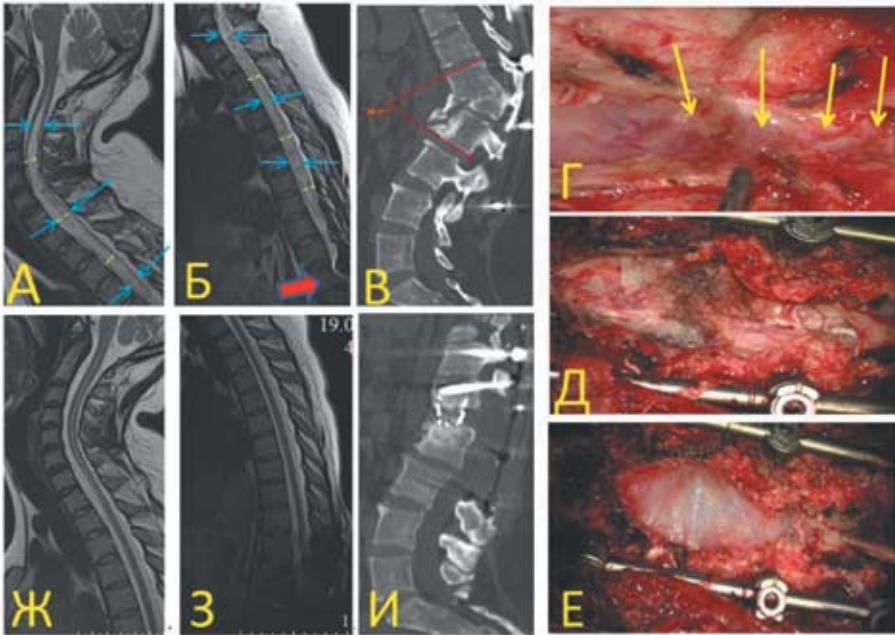


Рис.4. Данные обследований и интраоперационные фотографии пациентки с посттравматической деформацией на уровне L1-L3 и сирингомиелией на всех уровнях спинного мозга. А, Б — Т2-взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга пациентки с последствиями тяжелой СМТ (давность травмы 19 лет). Сразу после травмы развился нижний парапарез (3 балла). Сразу после травмы пациентка оперирована — произведена стабилизация позвоночника за остистые отростки (1994 г.). На фоне реабилитации пациентка была адаптирована к передвижению на коляске. Спустя 15 лет после травмы появились чувствительные нарушения на руках и туловище, к которым со временем присоединилась слабость в руках, вырос парез в ногах до 1-2 баллов, появилась нейропатическая боль в туловище и руках. На МРТ определяется сирингомиелия на уровнях С1-Th12 (указана синими стрелками). Травматическое повреждение позвонка L1. В — КТ; имеется сформированный костный блок на уровне позвонков L1-L3, кли-

новидная деформация L1 позвонка, локальная посттравматическая кифотическая деформация позвоночника, посттравматический стеноз позвоночного канала, состояние после металлоспондилодеза позвонков Th11-L3 за остистые отростки. Г, Д, Е — этапы операции: после выполнения передней декомпрессии, удаления и протезирования тела L1 позвонка, вскрыта ТМО и обнаружены рубцы на арахноидальной оболочке (3-я степень), произведено разделение рубцов «острым» способом, устранена фиксация спинного мозга, восстановлена ликвородинамика, выполнена расширяющая пластика ТМО. Ж, З — Т2 взвешенные изображения МРТ шейного и грудного отделов спинного мозга через 6 мес после операции. Сирингомиелия практически исчезла на всех уровнях. И — КТ поясничного отдела позвоночника через 6 мес после операции. На сагиттальной реконструкции величина посттравматической кифотической деформации позвоночника значительно уменьшилась, транспедикулярные винты проходят через ножки дужек, между телами позвонков Th12-L2 установлен сетчатый цилиндрический имплантат с аутокостью, замещающий тело позвонка L1.

Fig. 4. Examinational data and intraoperative images of patient with posttraumatic deformity at the level of L1-L3 vertebrae and syringomyelia at all spinal levels. А, Б — T2 MRI of cervical and thoracic spine of patient with sequences of severe complicated spinal trauma (19 years period). The lower paraparesis (3 scores) was occurred immediately after operation and patient was operated on — vertebral stabilization using fixation for spinous processes (1994 y.). Patient was adapted for movement in wheel-chair but since 15 years the sensory disturbances on upper limbs and body has occurred with the following weakness in hands and increase of weakness in legs to 1-2 scores and development of neuropathic pain in body and hands. MRI revealed syringomyelia at the level of C1-Th12 vertebrae (blue arrow) and traumatic damages of L1 vertebra. В — spinal CT revealed the formed bony block at the level of L1-L3 vertebrae with clinoid deformation of L1 vertebra and local posttraumatic kyphotic vertebral deformation, posttraumatic stenosis of vertebral canal, condition after metallic spondylodesis of Th11-L3 vertebrae using spinous processes. Г, Д, Е — stages of operation: anterior decompression, removal and prothesis of L1 vertebral body with the following opening of dura mater and revealing the arachnoid adhesions (3d degree); sharp dissection of adhesions was performed with the elimination of old vertebral fixation with the following restoration of CSF circulation and expanding plasty of dura mater. Ж, З — T2 MRI of cervical and thoracic spine in 6 months after operation revealed almost the total regress of syringomyelia at all levels. И — Lumbar CT in 6 months after operation. Sagittal reconstruction demonstrates the significant reduction of posttraumatic kyphotic deformation, transpedicular screws in the vertebral pedicles and reticulated cylindrical implant with bony autograft instead of L1 vertebral body is placed between Th12-L2 vertebral bodies.

на уровнях Th2-Th6, сиринго-субарахноидальном шунтировании с последующей расширяющей пластикой ТМО искусственной оболочкой. Несмотря на это, при контрольной МРТ через 4 мес выявлено увеличение размеров кисты, состояние пациентки продолжало ухудшаться. Вторым этапом ей выполнено сиринго-плевральное шунтирование и достигнута стабилизация состояния (катамнез после второй операции составил 9 мес). Пациенту с арахнопатией 2-й степени спустя 6 мес после первой операции проведено сиринго-субарахноидальное шунтирование. После операции отмечено некоторое улучшение состояния, однако спустя 6 мес после второй операции состояние вернулось к исходному (катамнез 9 мес после второй операции).

Для оценки результатов проведенной операции пациенты были разделены на 2 группы — после неосложненной травмы позвоночника и после осложненной СМТ с различной степенью выраженности неврологических расстройств после травмы. В первой группе было 16 пациентов, во второй — 12. Средний срок развития сирингомиелии после травмы существенно не отличался в обеих группах, так же как и срок от момента появления симптомов сирингомиелии до операции (табл. 3). Количество повторных операций и осложнений также не имело достоверных отличий.

В группе оперированных пациентов после неосложненной СМТ преобладали больные с повреждением на грудном уровне (12 пациентов).

Средний балл по шкале Карновского до операции составил 76,2, через 12 мес после операции — 82,7. Состояние пациентов по JOA до операции было 10,9 баллов, после — 14,6; среднее значение по шкале McCormic до операции — 2,4 степени, после — 1,6. Степень арахнопатии в этой группе пациентов в среднем была 1,5 степени. Сирингомиелическая киста по данным МРТ через 1 год уменьшилась почти в 2 раза (средний индекс Вакуэро уменьшился с 42,5 до 23,5%). У 10 (62,5%) пациентов наступило улучшение состояния, еще у 5 (31,3%) — стабилизация, а у 1 (6,3%) пациента сирингомиелия продолжала прогрессировать.

В группе пациентов после осложненной СМТ получились несколько иные результаты. В меньшей степени преобладали пациенты с повреждением грудного отдела спинного мозга (6 пациентов). Средний балл по шкале Карновского до операции составил 62,4, через 12 мес после операции — 76,6. Состояние пациентов по JOA до операции было 8,2 баллов, после — 11,1; среднее значение по шкале McCormic до операции — 3,6 степени, после — 2,7. Степень арахнопатии в этой группе пациентов в среднем — 2-я. Сирингомиелическая киста, по данным МРТ, через 1 год также уменьшилась почти в 2 раза (средний индекс Вакуэро уменьшился с 53,3 до 26,8%). У 4 (33,3%) пациентов наступило улучшение состояния, еще у 6 (50%) — стабилизация, а у 2 (16,7%) пациентов сирингомиелия продолжала прогрессировать.

Осложнения развились у 2 прооперированных пациентов. У одного пациента после повреждения спинного мозга ASIA C и предшествующих операций, которому выполнены резекция тел сломанных позвонков (Th12, L1) с последующим их протезированием сетчатым титановым имплантатом, задняя внутренняя коррекция и фиксация позвоночника транспедикулярными винтами, устранение фиксации спинного мозга, спустя 8 мес развилась нестабильность нижних винтов. Этому больному, учитывая сформировавшийся корпородез, произведено укорочение металлоконструкции и удаление нестабильных винтов. У одного пациента с сирингомиелией после легкой СМТ развилось поверхностное нагноение послеоперационной раны, которое удалось вылечить консервативными методами.

Для снижения риска интраоперационного ухудшения неврологических функций целесообразно использовать нейрофизиологический мониторинг.

## Обсуждение

К сожалению, в настоящее время оценить частоту развития ПСМ в нашей стране или каком-то отдельном регионе не представляется возможным. Связано это с отсутствием единого реестра пациентов, перенесших СМТ. Также большое число больных с симптоматической сирингомиелией не обращаются за медицинской помощью, а многие

из тех, которые обращаются, не доходят до специалистов, занимающихся лечением пациентов с данной патологией.

Если же пациентам удается преодолеть эти барьеры, то в процессе лечения они нередко встречаются с рядом проблем, т.к. на этапе диагностики очень важно точно выявить и локализовать основное заболевание, определить все факторы, которые могут приводить к развитию сирингомиелии. Этому препятствуют низкая информированность лечащих врачей о болезни, необходимость проведения МРТ в специальных режимах, отсутствие четких показаний к операции и принятой стратегии операции, неэффективность консервативного лечения.

Единой патогенетической концепции развития сирингомиелии также не существует. Описано много разных теорий, но не одна из них не может в полной мере объяснить все случаи возникновения и прогрессирования сирингомиелии [12, 5]. Давно известно, что арахноидит и адгезивная арахнопатия могут приводить к сирингомиелии [13-17, 5]. Гематомиелия и ишемия спинного мозга могут быть причиной развития сирингомиелии, но нередко сирингомиелия развивается спустя несколько лет после легкой спинальной травмы, не приводящей к ишемии спинного мозга или гематомиелии.

Большинство исследователей придерживаются развитой теории W.J. Gardner и B. Williams, согласно которой, сирингомиелия представляет собой состояние хронического интерстициального отека спинного мозга в результате скопления в нем межклеточной жидкости (МКЖ). Это скопление связано с каскадом событий, в основе которых лежит нарушение ликвородинамики и/или фиксация спинного мозга, которые в конечном счете приводят к увеличению объема МКЖ и ухудшению ее движения в межклеточном пространстве. В зависимости от локальной силы сопротивления, МКЖ может накапливаться или в центральном канале (преимущественно), или в межклеточном пространстве собственной ткани спинного мозга [18-23, 16]. Мы также взяли эту теорию за основу при объяснении патогенеза сирингомиелии в нашей работе.

Воспалительный процесс может стать следствием реакции на произошедшее субарахноидальное кровоизлияние, механическое повреждение оболочек спинного мозга, ушиб спинного мозга. При этом протяженность рубцов может составлять от нескольких миллиметров до длины всего спинного мозга с соответствующей клинической картиной, причем степень повреждения спинного мозга никак не влияет на скорость образования сирингомиелической кисты, ее структуру и т.п.

Первая хирургическая попытка лечить сирингомиелию произведена Abbe и Coley [6] в 1892 г. Они обнаружили признаки спинального арахноидита у пациента и дренировали кисту. Позже подобные операции были проведены другими авторами [24]. Впервые восстановить ликвородинамику на уровне арахнопатии попытался Adelstein в 1938 г. [7].



Несмотря на данные клинических исследований, появившихся в последнее десятилетие, лечение сирингомиелии шунтирующими операциями остается самым распространенным методом лечения. Нередко хирурги ограничиваются простым вскрытием кисты без имплантации шунта. И хотя ближайшие результаты лечения обнадеживают, долгосрочные остаются неудовлетворительными [6, 16]. В нашей серии наблюдений шунтирование, как единственный метод лечения, проводили только 5 пациентам. Малое число пациентов в этой группе больных не позволяет сделать достоверных выводов, однако, по данным разных авторов, рецидив сирингомиелии отмечен в 72–100% наблюдений [25]. Основная причина — обтурация шунта рубцовой тканью или его смещение. Так в самой большой опубликованной серии таких операций анализ Каплана-Мейера продемонстрировал клиническую стабилизацию только у 3% пациентов (частота рецидивов — 97%) [6]. Если и говорить о шунтирующей операции, то производить имплантацию шунта лучше на некотором отдалении от зоны арахнопатии, так как любое хирургическое вмешательство, направленное на сокращение рубцовой ткани, несет риск образования новых рубцов, еще более выраженных.

В последние годы появились публикации об эффективности хордотомии выше и ниже уровня фиксации спинного мозга у пациентов с ПСМ после повреждения спинного мозга ASIA A-B [26-27]. По данным авторов, сирингомиелия уменьшается или исчезает у 94% больных. Мы такие операции до настоящего времени не проводили.

Арахнолизис — достаточно эффективный метод лечения, позволяющий устранить причину сирингомиелии. В разных сочетаниях эта операция выполнена 21 пациенту и привела к хорошим результатам у 90,5% пациентов. При арахнопатии 1, 2-й степени операция не представляет сложности, однако при арахнопатии 3, 4-й степени риск неврологических осложнений после операции значительно увеличивается. Манипуляции со спинным мозгом должны быть крайне аккуратны, контролироваться нейрофизиологическим мониторингом. В случае замедления проведения импульса по спинному мозгу (D-волна, транскраниальные вызванные моторные и соматосенсорные потенциалы) арахнолизис лучше прекратить. Как показывает наш опыт, появившийся неврологический дефицит после такой операции носит стойкий характер и препятствует дальнейшей реабилитации пациентов.

В нашей работе 8 пациентам после проведения арахнолизиса мы имплантировали сиринго-субарахноидальный шунт. Похожая методика недавно описана К. Iwatsuki и соавт. [22]. В отличие от авторов, проксимальный конец шунта мы имплантировали у нижнего края рубцовых изменений, а дистальный помещали в свободное от спаек заднее субарахноидальное пространство, на расстояние 3–7 см. К сожалению, судить об эффективности данной комбинации пока не представляется возможным в связи с малым числом наблюдений и коротким катамнезом, но у

нас сложилось впечатление о лучших результатах лечения по сравнению со стандартными методиками. В литературе, по тем же причинам, пока также нет объективной оценки данной методики. Помимо этого, различными авторами описаны другие варианты восстановления ликвородинамики — субарахноидально-субарахноидальное шунтирование, комбинация арахнолизиса и вентрикуло-субарахноидального шунтирования [28-29].

Для пластики ТМО мы использовали только искусственные материалы, препятствующие образованию спаек с окружающими тканями. Такой же тактики придерживаются J. Klesamp и T. Lee, опубликовавшие самые большие серии наблюдений пациентов с длительным анамнезом и доказавшие преимущества данных материалов над собственными тканями пациента [6, 16].

Несмотря на современные возможности предоперационной диагностики, проблема выбора уровня операции остается значимой. Даже проведение высокоразрешающих T2-взвешенных и ликвородинамических МР-исследований на высокопольных томографах почти в 30% наблюдений не позволяет определить уровень фиксации [27]. В таких случаях мы выявляли косвенные признаки фиксации спинного мозга в местах костно-травматических повреждений, истончения сирингомиелической кисты или в области ее полюсов. После выявления фиксации на операции, расширяли операцию до уровня свободного субарахноидального пространства. Значительно облегчить поиски арахноидальных сращений может метод текалоскопии свободного субарахноидального пространства, описанный А.О. Гушей, А.А. Кашеевым и соавт. [7, 9]. Yamaguchi и соавт. для определения блока ликвородинамики уточнения протяженности арахнолизиса описывают применение инъекций раствора генцианового фиолетового в субарахноидальное пространство [30].

Возраст, продолжительность анамнеза, локализация фиксации спинного мозга не являются предикторами рецидива заболевания [13].

У пациентов с ПСМ клинический результат, как правило, коррелирует с послеоперационными изменениями размера сирингомиелической кисты, в отличие от больных с поствоспалительной сирингомиелией. Для оценки динамики сирингомиелии мы использовали индекс Вакуэро, который у пациентов в группе после тяжелой СМТ был несколько выше (53,3% против 42,5%). Несмотря на это, средний индекс через 1 год после операции в обеих группах уменьшился почти в 2 раза.

Как правило, большинство пациентов обращаются за помощью, уже имея определенные неврологические проблемы. Ожидать какого-то серьезного улучшения состояния у них не стоит. Остановка прогрессирования заболевания — реалистичная цель, которая может и должна быть достигнута в результате лечения. В нашей группе пациентов через 1 год после операции у 11 (39,2%) пациентов удалось стабилизировать состояние и 14 (50%) отметили какое-то улучшение.

Для оценки динамики клинического состояния пациентов с сирингомиелией каких-то специфических шкал до настоящего времени не существует. На наш взгляд, для данной группы больных подходит Шкала японской ортопедической ассоциации (JOA), которая хорошо отражает изменения двигательных и чувствительных нарушений. Еще одним преимуществом данной шкалы является «разделение» этих нарушений «по этажам», что особенно актуально для пациентов, перенесших тяжелую СМТ и имеющих неврологический дефицит, с ней связанный. Так, в нашем исследовании средний балл по JOA у больных, перенесших легкую СМТ, составил 10,9, а после тяжелой СМТ — 8,2. Через 1 год после операции он составил 14,6 и 11,1 соответственно. Данный результат свидетельствует об улучшении качества жизни и увеличении активности пациентов после операции. Мы также использовали функциональную классификацию по McCormic, разработанную для пациентов с опухолями спинного мозга. Функциональный статус наших пациентов через 1 год улучшился в обеих группах, о чем свидетельствует данный индекс. После легкой СМТ он уменьшился с 2,4 до 1,6 баллов, а у пациентов после тяжелой СМТ с 3,6 до 2,7 баллов.

Нередко ведущим симптомом ПСМ является нейропатический болевой синдром, резистентный к консервативной терапии. В нашей группе пациентов выраженность боли по ВАШ составила 6,2 балла (после легкой СМТ) и 5,4 баллов (после тяжелой СМТ). Через 1 год после проведенного лечения (операция + консервативная терапия) индекс снизился до 2,1 и 1,7 баллов соответственно.

Так же в лучшую сторону изменилось и состояние пациентов по шкале Карновского после операции. Это несколько противоречит другим исследованиям, по которым состояние оперированных пациентов по шкале Карновского статистически значимо не изменилось [13, 16]. Вероятнее всего, это связано с тем, что авторы в своих работах анализировали не только посттравматическую сирингомиелию, но и поствоспалительную, при лечении которой результаты несколько хуже [31].

## Выводы

Главной задачей предоперационного обследования является выявление всех факторов, приводящих к затруднению ликвородинамики. Операция должна быть направлена на устранение этих факторов. Шунтирование кисты является паллиативной операцией с высоким риском рецидива сирингомиелии, поэтому использование ее как основного метода лечения должно быть сведено к минимуму. В то же время дополнение арахнолизиса шунтированием может улучшить результаты лечения в результате уменьшения объема спинного мозга и быстрого клинического эффекта от операции.

Использование выбранной концепции лечения ПСМ позволяет добиться хороших результатов лечения. В нашей группе пациентов подобная тактика позволила добиться стабилизации или улучшения состояния у 89,2% пациентов.

Несмотря на полученные хорошие результаты исследования, нужно сказать, что оно лимитировано малым числом пациентов, небольшим сроком послеоперационного наблюдения и носит ретроспективный характер. Все это не позволяет сделать однозначных выводов о тактике лечения пациентов с ПСМ. Последующая работа с этими пациентами и объединение результатов исследования разных групп ученых позволит ответить на многие спорные вопросы.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Зув Андрей Александрович* — канд. мед.наук, зав. нейрохирургическим отделением №2 ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова», к.м.н., e-mail: mosbrain@gmail.com

*Лебедев Валерий Борисович* — канд. мед.наук, врач-травматолог нейрохирургического отделения №2 ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»,

*Педяш Никита Витальевич* — врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №2 ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова».

*Епифанов Дмитрий Сергеевич* — врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №2 ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова».

## ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- 1 Aghakhani N, Baussart B., David P., et al. Surgical treatment of posttraumatic syringomyelia. 2010 Jun; 66(6):1120-7, doi: 10.1227/01.NEU.0000369609.30695.AB.
- 2 Bonfield C.M., Levi A.D., Arnold P.M., Okonkwo D.O. Surgical management of post-traumatic syringomyelia. Spine (Phila Pa 1976) 35 (21 Suppl):S245—S258, 2010 doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f32e9c
- 3 Leschke J.M., Mumert M. L., Kurpad S. N. Syringosubarachnoid shunting using a myringotomy tube Surg. Neurol. Int. 2016; 7(Suppl 1): S8—S11 doi: 10.4103/2152-7806.173559
- 4 Schurch B., Wichmann W., Rossier A B. Posttraumatic syringomyelia (cystic myelopathy): a prospective study of 449 patients with spinal cord injury, Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 1996;60:61-67, PMID: 8558154
- 5 Wang D., Bodley R., Sett P., et al. A clinical magnetic resonance imaging study of the traumatised spinal cord more than 20 years following injury. Paraplegia 1996, 34:65— 81, PMID: 8835030
- 6 Klekamp J., Treatment of posttraumatic syringomyelia. J. Neurosurg. Spine 2012,17:199—211, doi: 10.3171/2012.5
- 7 Gushcha A.O., Semenov M.S., Kashcheev A. A., et al. Gibkaya en-doskopiya v neirokhirurgii. Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi nevrologii. 2015;9(4):42-48. Russian (Гуша А.О., Семенов М.С., Кашеев А. А. и др. Гибкая эндоскопия в нейрохирургии. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2015;9(4):42-48).
- 8 Evzikov G.Yu. Siringomieliya. Neirokhirurgiya. 2008;2: 8-13. Russian (Евзиков Г.Ю. Сирингомиелия. Нейрохирургия. 2008;2: 8-13).
- 9 Kashcheev A.A., Arestov S.O., Gushcha A.O. Gibkaya endoskopiya v khirurgicheskom lechenii spinal'nykh

- adgezivnykh arakhnoiditov i arakhnoidal'nykh kist. Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko. 2013;77(5):44-55. Russian (Кашеев А.А., Арестов С.О., Гуца А.О. Гибкая эндоскопия в хирургическом лечении спинальных адгезивных арахноидитов и арахноидальных кист. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2013;77(5):44-55.)
- 10 Vaquero J., Martinez R., Arias A. Syringomyelia-Chiari complex: magnetic resonance imaging and clinical evaluation of surgical treatment. *J Neurosurg.* 1990 Jul;73(1):64-8. DOI: 10.3171/jns.1990.73.1.0064
  - 11 Klekamp J., Samii M. Syringomyelia: Diagnosis and Treatment. Heidelberg: Springer Verlag, 2002.
  - 12 Gardner W. Hydrodynamic mechanism of syringomyelia: its relationship to myelocoele. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 1965;28(3):247-259. doi:10.1136/jnnp.28.3.247
  - 13 Batzdorf U. Primary spinal syringomyelia. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2005;3(6):429-435. doi:10.3171/spi.2005.3.6.0429.
  - 14 Chang H., Joko M., Matsuo N., et al. Subarachnoid pressure—dependent change in syrinx size in a patient with syringomyelia associated with adhesive arachnoiditis. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2005;2(2):209-214. doi:10.3171/spi.2005.2.2.0209.
  - 15 Edgar R., Quail P. Progressive post-traumatic cystic and non-cystic myelopathy. *British Journal of Neurosurgery.* 1994;8(1):7-22. doi:10.3109/02688699409002388.
  - 16 Lee T., Alameda G., Camilo E., Green B. Surgical treatment of posttraumatic myelopathy associated with syringomyelia. *Spine.* 2001; 26(24 Suppl):119-127. doi:10.1097/00007632-200112151-00020
  - 17 Peerless S., Durward Q. Management of syringomyelia: a pathophysiological approach. *Clin. Neurosurg.* 1983;30:531—576, PMID:6667591
  - 18 Brodbelt A., Stoodley M., Watling A., et al. Altered subarachnoid space compliance and fluid flow in an animal model of posttraumatic syringomyelia. *Spine.* 2003;28(20): E413-E419. doi:10.1097/01.brs.0000092346.83686.b9
  - 19 Chang H. Theoretical analysis of the pathophysiology of syringomyelia associated with adhesive arachnoiditis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry.* 2004;75(5):754-757. doi:10.1136/jnnp.2003.018671.
  - 20 Cho K., Iwasaki Y., Imamura H., et al. Experimental model of posttraumatic syringomyelia: the role of adhesive arachnoiditis in syrinx formation. *Journal of Neurosurgery.* 1994;80(1):133-139. doi:10.3171/jns.1994.80.1.0133.
  - 21 Greitz D. Unraveling the riddle of syringomyelia. *Neurosurgical Review.* 2006;29(4):251-264. doi:10.1007/s10143-006-0029-5.
  - 22 Kamian K., Rahmathulla G. Compressive Cervicothoracic Adhesive Arachnoiditis following Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Case Report and Literature Review. *Journal of Neurological Surgery Reports.* 2014;75(01):e56-e61. doi:10.1055/s-0033-1363506.
  - 23 Kobayashi S., Kato K., Rodriguez Guerrero A., et al. Experimental Syringohydromyelia Induced by Adhesive Arachnoiditis in the Rabbit: Changes in the Blood—Spinal Cord Barrier, Neuroinflammatory Foci, and Syrinx Formation. *Journal of Neurotrauma.* 2012; 29(9):1803-1816. doi:10.1089/neu.2011.2259.
  - 24 Shikata J., Yamamuro T., Iida H., Sugimoto M. Surgical Treatment for Symptomatic Spinal Adhesive Arachnoiditis. *Spine.* 1989;14(8):870-875. doi:10.1097/00007632-198908000-00018.
  - 25 Mauer U., Freude G., Danz B., Kunz U. Cardiac-gated phase-contrast magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid flow in the diagnosis of idiopathic syringomyelia. *Neurosurgery.* 2008; 63(6):1139-1144. doi:10.1227/01.neu.0000334411.93870.45
  - 26 Ewelt C., Stalder S., Steiger H.J., et al. Impact of cordectomy as a treatment option for posttraumatic and non-posttraumatic syringomyelia with tethered cord syndrome and myelopathy. *Clinical article. J Neurosurg Spine*13:193—199, 2010 doi: 10.3171/2010.3.SPINE.0976.
  - 27 Iwatsuki K., Yoshimine T., Ohnishi Y., et al. Syringomyelia Associated with Spinal Arachnoiditis Treated by Partial Arachnoid Dissection and Syrinx-Far Distal Subarachnoid Shunt. *ClinicalMedicineInsights: CaseReports.* 2014:107. doi:10.4137/ccrep.s14895
  - 28 Mitsuyama T., Asamoto S., Kawamata T. Novel surgical management of spinal adhesive arachnoiditis by arachnoid microdissection and ventriculo—subarachnoid shunting. *Journal of Clinical Neuroscience.* 2011;18(12):1702-1704. doi:10.1016/j.jocn.2011.03.014
  - 29 Tachibana T., Moriyama T., Maruo K. et al. Subarachnoid-subarachnoid bypass for spinal adhesive arachnoiditis. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2014; 21(5):817-820. doi:10.3171/2014.7.spine131082
  - 30 Yamaguchi S., Hida K., Takeda M. et al. Visualization of regional cerebrospinal fluid flow with a dye injection technique in focal arachnoid pathologies. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2015;22(5):554-557. doi:10.3171/2014.10.spine1446.
  - 31 Zuev A.A., Epifanov D.S., Gkhodivala T.S. Lechenie siringomieli, soprovozhdayushcheysya ossifitsiryuyushchei arakhnopathiei Zhurnal «Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova» 2016; 11:4, p. 27-34. Russian (Зуев А.А., Епифанов Д.С., Гходивала Т.С. Лечение сирингомиелии, сопровождающейся оссифицирующей арахнопатией Журнал «Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова» 2016; 11:4, 27-34).