

## Методы повышения эффективности лечения гидроцефалии в неонатальной практике

О.В. Волкодав<sup>1</sup>, В.А. Хачатрян<sup>2</sup><sup>1</sup>Медицинская академия им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия;<sup>2</sup>Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

## Methods for increasing the efficiency of hydrocephalus treatment in neonatal practice

O.V. Volkodav<sup>1</sup>, V.A. Khachatryan<sup>2</sup><sup>1</sup>Georgievsky Medical Academy of the Crimean Federal University, Simferopol, Russia;<sup>2</sup>Polenov Scientific Research Neurosurgical Institute, branch of Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia

Постгеморрагическая гидроцефалия у новорожденных с окклюзией желудочков приводит к декомпенсации ликвородинамики с высоким риском неврологических расстройств и инвалидизации ребенка.

Цель. Повышение эффективности лечения гидроцефалии у новорожденных.

Характеристика детей и методы исследования. Проведен анализ лечения гидроцефалии у 327 новорожденных за период 2000–2018 гг. В 1-й группе у 184 детей выполнялось стандартное лечение с люмбальными и вентрикулярными пункциями иглами 20–22G, а при прогрессировании гидроцефалии – вентрикуло-субгалеальное дренирование и вентрикуло-перитонеальное шунтирование. Во 2-й группе у 143 детей с окклюзией желудочков в лечебный комплекс включали коронаротранслямбодовидную субаракноентрикулостомию (патент РФ №2715535) и дренирование желудочков системой вентрикулосубаракноидального стентирования (патент РФ №2721455).

Результаты. Повышение эффективности лечения при включении предложенных опций достигается за счет устранения окклюзии, восстановления циркуляции и всасывания ликвора, пролонгированной санации изотоническим раствором натрия хлорида ликворных пространств. Положительный результат с компенсацией гидроцефалии достигнут в 75,4% наблюдений против 28,2% при «стандартном» протоколе ( $p < 0,001$ ). Компенсация гидроцефалии сопровождалась регрессом гипертонической симптоматики, стабилизацией размеров желудочков. Отмечено сокращение времени пребывания ребенка в стационаре после операции до 3–6 нед с динамическим наблюдением после выписки в кабинете катамнеза, нейровизуальным мониторингом.

Заключение. Полученные данные позволяют рассматривать эффективность включения предложенных опций в современный алгоритм лечения гидроцефалии новорожденных, расширяют возможности для ранней реабилитации и восстановительного лечения совместно с детскими неврологами и врачами смежных специальностей.

**Ключевые слова:** новорожденные, гидроцефалия, стентирование, эффективность лечения.

**Для цитирования:** Волкодав О.В., Хачатрян В.А. Методы повышения эффективности лечения гидроцефалии в неонатальной практике. Рос вестн перинатол и педиатр 2021; 66:(4): 141–147. DOI: 10.21508/1027–4065–2021–66–4–141–147

Posthemorrhagic hydrocephalus in newborns with ventricular occlusion leads to decompensation of CSF dynamics with a high risk of neurological disorders and child disability.

**Objective.** To improve the effectiveness of treatment of hydrocephalus in newborns.

**Characteristics of children and research methods.** The authors analyzed the treatment of hydrocephalus in 327 newborns in 2000–2018. 184 children (Group 1) underwent standard treatment with lumbar and ventricular punctures with 20–22G needles, and with progression of hydrocephalus – ventriculo-subgaleal drainage and ventriculo-peritoneal shunting. 143 children (Group 2) with ventricular occlusion underwent complex treatment with coronary-translaminar subarachnoveniculostomy (RF patent No. 2715535) and ventricular drainage with a ventriculo-subarachnoid stenting system (RF patent No. 2721455).

**Results.** The effectiveness of treatment with the inclusion of the proposed options is improved by eliminating occlusion, restoring circulation and absorption of cerebrospinal fluid, prolonged sanitation of cerebrospinal fluid with isotonic sodium chloride solution. A positive result with compensation for hydrocephalus was achieved in 75,4% of cases versus 28,2% with the «standard» protocol ( $p < 0,001$ ). Compensation of hydrocephalus was accompanied by regression of hypertensive symptoms, stabilization of the ventricular size. The authors demonstrate a decrease in the time the child spent in the hospital after surgery to 3–6 weeks with dynamic observation after discharge in the follow-up room, neurovisual monitoring.

**Conclusion.** The data obtained allow us to consider the effectiveness of the inclusion of the proposed options in the modern algorithm for the treatment of hydrocephalus in newborns, to expand the possibilities for early rehabilitation and restorative treatment together with pediatric neurologists and doctors of related specialties.

**Key words:** newborns, hydrocephalus, stenting, effectiveness of the treatment.

**For citation:** Volkodav O.V., Khachatryan V.A. Methods for increasing the efficiency of hydrocephalus treatment in neonatal practice. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2021; 66:(4): 141–147 (in Russ). DOI: 10.21508/1027–4065–2021–66–4–141–147

В настоящее время большое внимание уделяется изучению постгеморрагической гидроцефалии у новорожденных, повышению эффективности лечения, снижению неврологического дефицита и инва-

лидации детей [1–19]. Отмечается, что формирование гидроцефалии обусловлено прямой окклюзией ликворных путей сгустками крови или динамическим сдавлением субаракноидального пространства,

нарушением всасывания ликвора с показаниями к люмбальным пункциям, вентрикулярным пункциям, пункционному дренированию боковых желудочков [3–7]. При сохранении нарушений ликвородинамики выполняется вентрикуло-субгалеальное дренирование и вентрикуло-перитонеальное шунтирование [4].

Актуальность задачи в том, что нет общепринятого мнения относительно лечения декомпенсированной гидроцефалии [8–10]. Существует необходимость персонализации лечебной тактики, направленной на восстановление ликвородинамики [4], снижение частоты вентрикулоперитонеального шунтирования [11–16]. Решение указанных задач приобретает междисциплинарный характер в совместной практике детского нейрохирурга, неонатолога и невролога.

**Цель:** повышение эффективности лечения гидроцефалии новорожденных.

### Характеристика детей и методы исследования

Проведен анализ лечения 327 новорожденных с гидроцефалией по материалам Крымской республиканской детской клинической больницы и Перинатального центра за период 2000–2018 гг. Осуществлялся мониторинг нейросонограммы (НСГ) с объективизацией состояния ликворных пространств по данным компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ): расширение субарахноидального пространства (компенсация гидроцефалии), расширение желудочков (субкомпенсация гидроцефалии), расширение желудочков со сдавлением субарахноидального пространства (декомпенсация гидроцефалии). На фоне клинических проявлений нарастающей вентрикулодилатации и диастаза с повышением внутричерепного давления показательным было снижение перивентрикулярной плотности мозга вследствие напряжения трансэндимарного пути всасывания ликвора в watershed-области на расстоянии 3–10 мм от стенок боковых желудочков, а также, снижение показателей перивентрикулярной плотности мозга (едН) при декомпенсации гидроцефалии носило вторичный характер.

В структуре временной оценки факторов формирования гидроцефалии учитывались патофизиологические механизмы нарушения ликвородинамики с выделением острого периода (первые 7 сут), под-

острого периода (1–3 нед), хронического периода (после 3 нед). В остром и подостром периодах формировалась первичная окклюзия ликворных путей сгустками крови и динамическое сдавление субарахноидального пространства (первичные нарушения ликвородинамики). В хроническом периоде доминировал спаечный процесс с формированием вторичных нарушений ликвородинамики.

Выделены 2 группы новорожденных. В 1-й группе у 184 детей выполнялось лечение по стандартному протоколу с люмбальными и вентрикулярными пункциями иглами 20–22G на начальном этапе, а при прогрессировании гидроцефалии – вентрикулосубгалеальное дренирование и вентрикулоперитонеальное шунтирование (табл. 1).

Во 2-й группе у 143 новорожденных с окклюзией желудочков и блоком субарахноидального пространства на начальном этапе в комплекс лечения входила коронаротранслямбдовидная субарахновентрикулостомия [17]. При прогрессировании гидроцефалии в лечебный комплекс включалось дренирование желудочков в субарахноидальное пространство системой вентрикулосубарахноидального стентирования [18], что отражено в табл. 2.

Коронаротранслямбдовидная субарахновентрикулостомия выполняется пункционно из двух точек через коронарный и ламбдовидный швы с разгрузкой боковых желудочков от крови и ликвора. Используются иглы диаметром 14G. Проводится санация изотоническим раствором натрия хлорида желудочков с арахноэнцефалолизом при выведе-

Таблица 1. Объем нейрохирургической помощи в 1-й группе  
Table 1. The volume of neurosurgical care in group 1

Этапы коррекции гидроцефалии по стандартному протоколу	Число детей	
	абс.	%
Люмбальные и вентрикулярные пункции иглами 20–22G	184	100
Вентрикулосубгалеальное дренирование	151	82,1
Вентрикулоперитонеальное шунтирование	132	71,7

Таблица 2. Объем нейрохирургической помощи во 2-й группе  
Table 2. The volume of neurosurgical care in group 2

Этапы коррекции гидроцефалии с включением КТСВ и ВСС	Число детей	
	Абс.	%
КТСВ (иглами 14G) в комплексе с люмбальными пункциями	143	100
Дренирование желудочков системой ВСС в комплексе с ВСГД	94	65,7
Интеграция системы ВСС с перитонеальным сегментом шунта	35	24,5

**Примечание.** КТСВ – коронаротранслямбдовидная субарахновентрикулостомия; ВСС – вентрикулосубарахноидальное стентирование; ВСГД – вентрикулосубгалеальное дренирование.

© Волкодав О.В., Хачатрян В.А., 2021

Адрес для корреспонденции: Волкодав Олег Владимирович – к.м.н., доц. кафедры нервных болезней и нейрохирургии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, ORCID: 0000-0001-9662-5731  
e-mail: oleg\_vlad.volk@mail.ru

295051 Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Хачатрян Вильям Арамович – засл. деятель науки РФ, д.м.н., проф., рук. отделения нейрохирургии детского возраста Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова, ORCID: 0000-0001-9662-5731

191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12

нии игл в субарахноидальное пространство с формированием дренирующих каналов, коллатеральным оттоком ликвора и устранением окклюзии. Повторяют процедуру 3-кратно с интервалом 4 дня, чередуя с санацией краниоспинальных ликворных путей люмбальными пункциями, до стабилизации ликвородинамики с восстановлением оттока и всасывания ликвора. К преимуществам способа можно отнести простоту технического выполнения (ребенок в кювете), эффективность санации желудочков от сгустков крови с минимальным аспирационным давлением и перепадом внутричерепного давления с контролем объема вводимой и выводимой жидкостей, что снижает риск повторных кровоизлияний, сокращает время санации краниоспинальных ликворных пространств.

Гидроцефалия на этом этапе манифестировала повышением внутричерепного давления, ликворной гипертензией, менингеальными знаками на фоне субарахноидального кровоизлияния с раздражением коры и судорогами. Длительность коронаротранслямбовидной вентрикулостомии в комплексе с люмбальными пункциями составляла 2 нед.

Совместно с неонатологами и детскими неврологами решали задачи минимизации воздействия внутричерепного кровоизлияния и избыточного давления на головной мозг. Система вентрикуло-субарахноидального стентирования обеспечивала возможность непрямого дренирования ликвора из желудочков через вентрикулярный дренаж в помпу и затем через перфорации основания помпы в субарахноидальное пространство. Для этого после погружения вентрикулярного дренажа в желудочек с контролем поступления ликвора помпа устанавливается во фрезевом отверстии диаметром до 10 мм с расправлением фиксирующей манжеты в субарахноидальном пространстве и фиксацией подшиванием по краям трепанации. Дополнительно осуществляется временный отток ликвора из помпы через фрагмент дистального дренажа в субгалеальный карман, что позволяет сгладить перепады внутричерепного давления в послеоперационном периоде с разгрузкой и санацией ликворных путей. Пунктируется купол помпы и вводится изотонический раствор натрия хлорида с контролем его оттока в субарахноидальное пространство и желудочки. Повторное введение изотонического раствора натрия хлорида через помпу с активной санацией субарахноидального пространства и желудочков и пассивным выведением ликвора через субгалеальный карман в комплексе с люмбальными пункциями проводится на 3–5, 7, 10 и 14-е сутки и в конце 3, 4, 5 и 6 нед после операции. При сохранении диспропорции между нарастающим возрастным объемом продукции ликвора и его всасыванием после 6-й недели выполняли интеграцию системы вентрикуло-субарахноидального стентирования с перитонеальным сегментом шунта на сред-

нее давление через дистальный дренаж. Длительность вентрикуло-субарахноидального стентирования в комплексе с люмбальными пункциями составляла от 3 до 6 нед.

Совместно с неонатологами и детскими неврологами на этом этапе решали задачи своевременной и адекватной коррекции прогрессирующей вентрикулодилатации и повышенного внутричерепного давления с минимизацией их воздействия на головной мозг, компенсацией постгеморрагической гидроцефалии.

При обработке данных использовали прикладную программу Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Для сравнения процентных долей в двух группах применяли точный критерий Фишера. Достоверными изменениями показателей считали такие, при которых вероятность нулевой гипотезы была  $p < 0,05$ .

## Результаты

Компенсация гидроцефалии со стабилизацией ликвородинамики на начальном этапе лечения по стандартному протоколу в 1-й группе после люмбальных пункций отмечена у 33 из 184 детей, что позволило исключить дренирующие операции в 17,9% случаев (табл. 3). При включении в комплекс лечения гидроцефалии коронаротранслямбовидной субарахновентрикулостомии во 2-й группе компенсация гидроцефалии отмечена у 49 из 143 детей, что позволило исключить дренирующие операции в 34,3% случаев ( $p = 0,046$ ). Уменьшение выхода в дренирование обеспечивалось эффективной разгрузкой желудочков от сгустков крови и ликвора иглами 14G, промыванием желудочков и субарахноидального пространства изотоническим раствором натрия хлорида, устранением окклюзии и сокращением времени санации краниоспинальных ликворных путей. Время санации ликвора от крови сокращалось до 2 нед.

Таблица 3. Сравнительный анализ компенсации гидроцефалии по группам

Table 3. Comparative analysis of hydrocephalus compensation by groups

Компенсация гидроцефалии	Число детей		$p^*$
	абс.	%	
После ЛП и ВП (по «стан. протоколу»)	33	17,9	0,046
После включения КТСВ (в комплексе с ЛП)	49	34,3	
После ВСГД (по «стан. протоколу»)	19	12,6	<0,001
После включения ВСС (в комплексе с ВСГД и ЛП)	59	62,8	

Примечание. \* — по точному критерию Фишера. КТСВ — коронаротранслямбовидная субарахновентрикулостомия; ВСС — вентрикуло-субарахноидальное стентирование; ЛП — люмбальные пункции; ВП — вентрикулярные пункции; ВСГД — вентрикуло-субгалеальное дренирование.

После субгалеального дренирования в 1-й группе компенсация гидроцефалии наблюдалась у 19 (12,6%) из 151 детей, а после включения вентрикуло-субарахноидального стентирования во 2-й группе отмечена у 59 из 94 детей, что позволило исключить перитонеальное шунтирование в 62,8% ( $p < 0,001$ ). Включение лечебной опции вентрикуло-субарахноидального стентирования обеспечивало пролонгированную санацию и стабилизацию гидроцефалии даже с учетом высокого содержания белка в ликворе (более 5 г/л). Суммарный положительный результат с компенсацией гидроцефалии без перитонеального шунтирования после этапной коррекции с включением в лечебный комплекс коронаротранслямбдовидной субарахновентрикулостомии и вентрикуло-субарахноидального стентирования достигнут в 75,4% наблюдений против 28,2% при стандартном протоколе ( $p < 0,001$ ). Для повышения эффективности стентирования предложен самораскрывающийся вентрикуло-субарахноидальный стент [19] с дополнительной герметизирующей манжетой для установки во фрезевом отверстии без подшивания и исключения угрозы ликворреи.

**Клинический пример.** Ребенок А., от вторых родов у женщины с отягощенным акушерско-гинекологическим анамнезом, родился на сроке гестации 24 нед с экстремально низкой массой тела 580 г, с оценкой по шкале Апгар 1–2 балла, переведен на искусственную вентиляцию легких (ИВЛ). Диагностированы: респираторный дистресс-синдром, врожденная пневмония, дыхательная недостаточность 3-й степени, недостаточность кровообращения 2А степени, неонатальная желтуха, анемия тяжелой степени, тромбоцитопения, церебральная ишемия 3-й степени, пери-интравентрикулярное кровоизлияние 3-й степени, субарахноидальное кровоизлияние, прогрессирующее расширение желудочковой системы по данным нейровизуализации с блоком субарахноидального пространства. Коронаротранслямбдовидная субарахновентрикулостомиа с люмбальными пункциями позволила стабилизировать ликвородинамику. На 30-й неделе отмечено прогрессирование гидроцефалии. Проведено оперативное лечение с непрямым дренированием желудочков в субарахноидальное пространство системой вентрикуло-субарахноидального стентирования по описанной методике в комплексе с субгалеальным дренированием и люмбальными пункциями. К 37-й неделе отмечено восстановление ликвородинамики с компенсацией гидроцефалии. Катамнез на протяжении первого года жизни — без гипертензионной симптоматики с верификацией по данным НСГ, КТ, МРТ.

В остальных случаях система вентрикуло-субарахноидального стентирования интегрировалась с перитонеальным сегментом шунта. При этом у детей 2-й группы обеспечивалась санация желудочков и субарахноидального пространства изотониче-

ским раствором натрия хлорида через помпу стента, что позволяло исключить дисфункцию вентрикулярного сегмента и помпы (отмечена в 31% случаев в 1-й группе), гипердренирования у детей 2-й группы не отмечалось (18% в 1-й группе).

### Обсуждение

Повышение эффективности лечения постгеморрагической гидроцефалии в остром и подостром периодах при коронаротранслямбдовидной субарахновентрикулостомии достигается за счет использования большего диаметра мозговых игл и зон пункционных доступов с формированием между желудочками и субарахноидальным пространством дренирующих каналов, устранением окклюзии, расширением показаний к люмбальным пункциям. Обеспечивается санация желудочков от сгустков крови, а краниоспинальных ликворных пространств — от продуктов ее распада, уменьшается риск развития спаечного процесса. Необходимость пролонгированной санации с исключением сброса крови в базальные цистерны были сдерживающими факторами эндоскопической вентрикулостомии [9].

Отмечено сокращение времени санации ликвора от крови до 2 нед с повышением процента стабилизации гидроцефалии без операции, что особенно актуально для недоношенных детей на этапе лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных с ИВЛ и мониторингом жизненно важных показателей. На этом этапе обеспечивалась поддержка  $\text{SaO}_2$  выше 90% с контролем газов крови. Комплекс интенсивной терапии включал режим кювеза с обеспечением температурных показателей, влажности и звукоизоляции, зондовым и парентеральным питанием. Для профилактики сурфактантной недостаточности вводили курсуф по принятым стандартам, осуществляли коррекцию дыхательных расстройств, выключение гемодинамически значимого открытого артериального протока, профилактическое введение витамина K1, синдромальную коррекцию.

При прогрессировании гидроцефалии поражение ЦНС имело диффузный характер, а очаговая неврологическая симптоматика выявлялась редко, что отражено в литературе [1, 2]. Объективными показателями служили угасание рефлексов периода новорожденности с нарастанием внутричерепного давления и вентрикулодилатации, взбуханием большого родничка, расхождением швов с увеличением окружности головы, симптом Грефе («заходящего солнца»), часто с парезом VI пары нервов, гипертонусом мышц разгибателей туловища и конечностей, спастическими сухожильными рефлексам, миоклониями [2].

Преобладала тривентрикулярная гидроцефалия (76%), моноventрикулярная отмечалась в 12%, тетра- — в 8% и бивентрикулярная — в 4% случаев. Число изолированных желудочков влияло на вари-



ант клинического течения: от мягко прогрессивного (сегментированный боковой желудочек, односторонняя блокада отверстия Монро) с нарастанием внутричерепной гипертензии в течение 2–3 нед, до средне- и быстропрогрессивного течения (полная блокада 2 желудочков и более) с декомпенсацией в течение 5–7 дней.

Прогрессирование гидроцефалии сопровождалось спонтанным рефлексом Моро, тремором конечностей, нижней челюсти, клонусом стоп, голеней, миоклоническими подергиваниями при резких звуках; была характерна тоническая поза с флексией верхних и экстензией нижних конечностей, судорожной активностью. В связи с растормаживанием подкорковых образований ствола мозга наблюдались приступообразные явления орального автоматизма, тонические декортикационная и децеребрационная позы при тактильных, болевых и проприоцептивных раздражениях. Характерно, что при изменении положения конечности тоническое напряжение в ней уменьшалось, чего не отмечается при истинных судорогах [2].

При диагностике судорог мы использовали классификацию J.J. Volpe (2008): фокальные клонические судороги; мультифокальные клонические судороги, тонические судороги, миоклонические судороги, «минимальные» приступы. Фокальные клонические судороги наблюдались при локальном повреждении полушария (гемотампонада бокового желудочка с прорывом крови в паренхиму, геморрагический инсульт или геморрагическая трансформация зоны инфаркта), часто с гемипарезом. Мультифокальные клонические судороги наблюдались у недоношенных детей на сроках гестации 29–31 нед и менее в виде ритмичных подергиваний правых и левых конечностей, мимической мускулатуры, что свидетельствовало о поражении обоих полушарий при прогрессировании гидроцефалии. Тонические судороги чаще наблюдались у недоношенных детей на сроках гестации более 32 нед и предполагали наличие очага судорожной активности в стволовых отделах и достаточную степень созревания моторной коры для их реализации. Миоклонические судороги были характерны для стремительного нарастания размеров желудочков при прогрессировании гидроцефалии, независимо от степени недоношенности ребенка. Сочетание с мультифокальными клоническими судорогами в виде внезапных, неритмичных, захватывающих различные мышечные группы вздрагиваний в конечностях указывало на сопутствующую церебральную ишемию. «Минимальные» приступы или судорожные эквиваленты проявлялись в виде глазных пароксизмальных феноменов (тоническая или вертикальная девиация глазных яблок с нистагмом или без него, открывание глаз, пароксизмальное расширение зрачков), подергивание век, явлений орального автоматизма (сосание, жевание, высовывание и дрожание языка), общего замирания, изме-

нения ритма дыхания (апноэ, тахипноэ). При этом сохранялись реакции на внешние раздражители в виде гримасы плача и движений в конечностях. Противосудорожная терапия была малоэффективной без оперативного лечения постгеморрагической гидроцефалии.

Эффективность хирургического лечения при прогрессировании постгеморрагической гидроцефалии в подостром и хроническом периодах достигается за счет восстановления циркуляции и всасывания ликвора после операции вентрикулосубарахноидального стентирования, пролонгированной санации краниоспинальных ликворных пространств изотоническим раствором натрия хлорида от продуктов распада крови и высокого белка с уменьшением ирритации коры, в комплексе с субгалеальным дренированием и люмбальными пункциями.

Улучшение показателей перивентрикулярной плотности мозга рассматривалось нами как дополнительная опция восстановления ликвородинамики в комплексе с открытием субарахноидального пространства после уменьшения размеров желудочков по данным нейровизуализации (НСГ, КТ, МРТ). Клинические признаки свидетельствовали о стабилизации внутричерепного давления (отсутствие напряжения большого родничка и диастаза, увеличение окружности головы не более 4 мм за 2 сут).

Отмечено, что динамика восстановления показателей перивентрикулярной плотности мозга зависела от сопутствующей церебральной ишемии и морфофункциональной зрелости ребенка. При снижении перивентрикулярной плотности мозга до 17–18 едН после 37-й недели гестации (норма 26,3 едН) отмечались единичные перивентрикулярные кисты с хорошей динамикой восстановления мышечного тонуса, рефлексов и двигательной активности ребенка. У детей до 37-й недели гестации с перивентрикулярной плотностью 15–16 едН отмечалась кистозная трансформация перивентрикулярных структур. После стабилизации ликвородинамики наблюдался регресс гиперкинезов и миоклоний с медленным восстановлением сегментарных и позотонических рефлексов. Снижение перивентрикулярной плотности мозга до 13–14 едН сопровождалось обширной кистозной трансформацией перивентрикулярных структур. Раннее восстановление ликвородинамики с устранением вентрикулярного застоя первые 2 нед после операции обеспечивало улучшение показателей перивентрикулярной плотности до 15–16 едН без распространения процесса на субкортикальные отделы. Сочетание гидроцефалии с церебральной ишемией ухудшало прогноз и не позволяло улучшить показатели перивентрикулярной плотности мозга после стабилизации ликвородинамики выше 1–2 едН. Полной декомпенсации с критическим снижением перивентрикулярной плотности до 10–12 едН, как правило, сопутствовала церебральная ишемия 2–3-й степени

с перивентрикулярно-субкортикальными ликворными кистами, судорожной готовностью. В течение 2–3 мес у таких детей отмечались атрофические изменения с компенсаторной вентрикуломегалией [2].

Основной причиной сохранения нарушения ликвородинамики после стентирования была диспропорция между продукцией и всасыванием ликвора, связанная с патофизиологическими и физиологическими факторами. Патофизиологическим фактором служит снижение резорбтивной емкости субарахноидального пространства на фоне спаечного процесса. Физиологические факторы включают кроссинг вектора ликвородинамики к 6–12-му месяцам жизни ребенка на фоне закрытия большого родничка, физиологический прирост размеров головы и объема продукции ликвора, возрастного внутричерепного давления [2, 11].

Для устранения диспропорции между нарастающим возрастным объемом продукции ликвора и его всасыванием предложена резервная интеграция системы вентрикулосубарахноидального стентирования с перитонеальным сегментом шунта. Предпосылкой к восстановлению ликвородинамики в этом случае служит активное формирование арахноидальных ворсин и грануляций в проекции верхнего сагиттального синуса. В этот период отмечается переключение нисходящего вектора ликвородинамики (80–90% объема всасывания ликвора первых месяцев в спинальном субарахноидальном пространстве) на восходящий вектор (нарастающая резорбция ликвора в конвексимальном субарах-

ноидальном пространстве к 6–12-му месяцам). Это определяет необходимость минимизации риска развития спаечного процесса с сохранением и восстановлением резорбтивной емкости краниоспинальных ликворных пространств.

## Заключение

Показана эффективность этапного включения коронаротраслямбодовидной субарахновентрикулостомии и вентрикулосубарахноидального стентирования в алгоритм лечения при декомпенсации гидроцефалии у новорожденных, что позволило повысить частоту компенсации гидроцефалии без перитонеального шунтирования до 75,4% против 28,2% при «стандартном» протоколе ( $p < 0,001$ ) за счет восстановления циркуляции и всасывания ликвора. Структура Перинатального центра позволяла обеспечить полный объем оказания нейрохирургической помощи.

Компенсация гидроцефалии сопровождалась регрессом гипертензионной симптоматики с верификацией стабилизации размеров желудочков и субарахноидального пространства по данным нейровизуализации (НСГ, КТ, МРТ). Отмечено сокращение времени пребывания ребенка в стационаре после операции до 3–6 нед с осуществлением динамического наблюдения после выписки в кабинете катамнеза. Полученные данные расширяют возможности для ранней реабилитации и восстановительного лечения этого сложного контингента больных совместно с детскими неврологами и врачами смежных специальностей.

## ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Барашнев Ю.И. Перинатальная неврология. М., 2001; 640. [Barashnev Yu.I. Perinatal neurology. Moscow, 2001; 640. (In Russ.)]
2. Volpe J.J. Neurology of the newborn, 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia, 2008
3. Внутривентрикулярные кровоизлияния, постгеморрагическая гидроцефалия у новорожденных детей, принципы оказания медицинской помощи. Методические рекомендации. Под ред. Н.Н. Володина, С.К. Горелышева, В.Е. Попова. М., 2014; 28. [Intraventricular hemorrhage, posthemorrhagic hydrocephalus in newborns, principles of medical care. Methodical recommendations. N.N. Volodin, S.K. Gorelyshev, V.E. Popov (eds). Moscow, 2014; 28. (in Russ.)]
4. Крюков Е.Ю., Иова А.С., Андрущенко Н.В., Крюкова И.А., Усенко И.Н. Персонализация лечения постгеморрагической гидроцефалии у новорожденных. Нейрохирургия и неврология детского возраста 2017; 3(17): 58–62. [Kryukov E.Yu., Iova A.S., Andrushchenko N.V., Kryukova I.A., Usenko I.N. Personalization of treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in newborns. *Neirokhirurgiya i nevrologiya detskogo vozrasta* 2017; 3(17): 58–62. (in Russ.)]
5. Зиненко Д.Ю., Владимиров М.Ю. Новый подход к диагностике и лечению постгеморрагической гидроцефалии у недоношенных детей. Вопросы практической педиатрии 2008; 3(3): 5–10. [Zinenko D.Yu., Vladimirov M.Yu. New approach to the diagnosis and treatment of post-hemorrhagic hydrocephalus in premature infants. *Voprosy prakticheskoi pediatrii* 2008; 3(3): 5–10. (in Russ.)]
6. Whitelaw A., Lee-Kelland R. Repeated lumbar or ventricular punctures in newborns with intraventricular haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 6; 4: CD000216. DOI: 10.1002/14651858.CD000216.pub2
7. Zaben M., Finnigan A., Bhatti M. I., Leach P. The initial neurosurgical interventions for the treatment of posthaemorrhagic hydrocephalus in preterm infants: A focused review. *Br J Neurosurg* 2016; 30(1): 7–10. DOI: 10.3109/02688697.2015.1096911
8. Wellons J.C., Shannon C.N., Holubkov R. Hydrocephalus Clinical Research Network. Shunting outcomes in posthemorrhagic hydrocephalus: results of a Hydrocephalus Clinical Research Network prospective cohort study. *J Neurosurg Pediatr* 2017; 20(1): 19–29. DOI: http://dx.doi.org/10.3171/2017.1.PEDS16496
9. Kulkarni A.V., Sgouros S., Leitner Y. International Infant Hydrocephalus Study (IIHS): 5-year health outcome results of a prospective, multicenter comparison of endoscopic third ventriculostomy (ETV) and shunt for infant hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 2018; 34(12): 2391–2397. DOI: 10.1007/s00381-018-3896-5
10. Хачатрян В.А., Самочерных К.А., Ким А.В., Николаенко М.С., Сысоев К.В., Дон О.А. и др. Вентрикуло-синустрасверзостомия в лечении декомпенсированной гидроцефалии у детей (результаты клинической апробации метода). Трансляционная медицина 2017; 4(1): 20–28. [Khachatryan V.A., Samochernyh K.A., Kim A.V., Nikolaenko M.S., Sysoev K.V., Don O.A. et al. Ventriculo-sinuostomy in the treatment of decompensated hydrocephalus in children (results of clinical trial of the method). *Translational medicine* 2017; 4(1): 20–28. (In Russ.)]

- Nikolaenko M.S., Sysoev K.V., Don O.A. et al.* Ventriculo-sinus transversal hunt in the treatment of decompensated hydrocephalus in children (the results of clinical testing of the method). *Translyatsionnaya meditsina* 2017; 4(1): 20–28. (in Russ.)] DOI: 10.18705/2311-4495-2017-4-1-20-28
11. *Robinson S.* Neonatal posthemorrhagic hydrocephalus from prematurity: pathophysiology and current treatment concepts. *J Neurosurg Pediatr* 2012; 9(3): 242–58. DOI: 10.3171/2011.12.PEDS11136
  12. *Tan A.P., Syrcova P., Cowan F.* Intracranial hemorrhage in neonates: A review of etiologies, patterns and predicted clinical outcomes. *Eur J Paediatr Neurol* 2018; 22(4): 690–717. DOI: 10.1016/j.ejpn.2018.04.008
  13. *Melo J.R.T., Passos R.K., Carvalho M.L.C.* Cerebrospinal fluid drainage options for posthemorrhagic hydrocephalus in premature neonates. *Arq Neuropsiquiatr* 2017; 75(7): 433–438. DOI: 10.1590/0004-282X20170060
  14. *Christian E.A., Melamed E.F., Peck E.* Surgical management of hydrocephalus secondary to intraventricular hemorrhage in the preterm infant. *J Neurosurg Pediatr* 2016; 17(3): 278–284. DOI: 10.3171/2015.6.PEDS15132
  15. *Kim H.M., Kim K.H.* Clinical Experience of Infantile Posthemorrhagic Hydrocephalus Treated with Ventriculo-Peritoneal Shunt. *Korean J Neurotrauma* 2015; 11(2): 106–11. DOI: 10.13004/kjnt.2015.11.2.106
  16. Complications of CSF Shunting in Hydrocephalus: Prevention, Identification, and Management. Di Rocco C., Turgut M., Jallo G., Martínez-Lage J. (eds). Springer IP, 2015; 322
  17. *Волкодав О.В.* Патент №2715535. RU. Способ лечения постгеморрагической окклюзионной гидроцефалии у новорожденных. Оpubл. 26.02.2020. Бюлл. №7. [*Volkodav O.V.* Patent №2715535. RU. Method for the treatment of post-hemorrhagic occlusive hydrocephalus in newborns. Publ. 26.02.2020. Bul. №7. (in Russ.)]
  18. *Волкодав О.В.* Патент № 2721455. RU. Способ лечения прогрессирующей гидроцефалии у детей. Оpubл. 19.05.2020. Бюлл. №14. [*Volkodav O.V.* Patent № 2721455. RU. Method for the treatment of progressive hydrocephalus in children. Publ. 19.05.2020. Bul. №14. (in Russ.)]
  19. *Volkodav O.V., Koucky I.* Patent No. 2018/0071501 A1. US. Shunt systems and methods for removing excess cerebrospinal fluid. Pub. Date: Mar. 15, 2018. United States

Поступила: 10.04.20

Received on: 2020.04.10

**Конфликт интересов:**

*Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.*

**Conflict of interest:**

*The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.*

*Этическое одобрение: Все процедуры, выполняемые в исследованиях с участием людей, соответствовали этическим стандартам институционального и/или национального исследовательского комитета, а также Хельсинкской декларации 1964 года и ее более поздним поправкам или сопоставимым этическим стандартам. Ретроспективные исследования: “Для такого рода исследований формальное согласие не требуется.”*

*Ethical approval: All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards. Retrospective studies: “For this type of study formal consent is not required.”*