

EDN: OHDSPY

УДК 616.134.9–007.271–07–089

DOI: 10.56618/2071–2693_2024_16_2_23



ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОПЦИИ ПРИ ГИДРОЦЕФАЛИИ У НЕДОНОШЕННЫХ ДЕТЕЙ. КРИТЕРИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОЗГОВОГО ПЛАЦА

Олег Владимирович Волкодав¹✉oleg_vlad.volk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9662-5731>, SPIN-код: 2147-7674**Светлана Артуровна Зинченко**¹zinchenkosveta@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5222-2110>, SPIN-код: 9823-7758**Константин Александрович Самочерных**²neurobaby12@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5295-4912, SPIN-код: 4188-9657**Вильям Арамович Хачатрян**²wakhns@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1635-6621, SPIN-код: 7555-8039

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Медицинская академия (бульвар Ленина, д. 5/7, г. Симферополь, Россия, 295051)

² Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Маяковского, д. 12, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191025)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Современная оценка состояния мозга и ликворных коммуникаций при гидроцефалии у недоношенных детей должна включать в себя характеристики оттока – всасывания ликвора и реактивности ткани мозга на повышение давления при нарастающем внутричерепном объеме.

ЦЕЛЬ. Изучение гидроцефалии у недоношенных детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Рассмотрено использование авторской методики краниоцеребральной эластограммы (КЦЭ) с тестами инфузионной гидродинамической нагрузки (ИГН) у 143 недоношенных детей с гидроцефалией за период с 2008 г. (патент РФ № 2786321). Оценивалась эффективность восстановления внутричерепного давления (ВЧД) с учетом объема быстрых (12–18 мл/мин) и медленных (18–27 мл/ч) перемещений ликвора через Сильвиевый водопровод.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Повышение ВЧД более 50 % от возрастного отражало отсутствие восстановления оттока ликвора из желудочков (при проведении вентрикулярного теста ИГН) и резистентное всасывание (при проведении люмбального теста ИГН) с обоснованием показаний к вентрикуло-перитонеальному шунтированию. При снижении КЦЭ до 3 см³/мм вод. ст. отмечалось остаточное расширение желудочковой системы с индексом желудочков больше 0,5, а ниже 1 см³/мм вод. ст. – необратимые изменения в ткани мозга без восстановления толщины мозгового плаща.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные данные позволяют использовать опции КЦЭ и ИГН в диагностике гидроцефалии у недоношенных детей, расширяют возможности оценки состояния мозга с характеристикой эффективности оттока и всасывания ликвора.

Ключевые слова: недоношенные дети, гидроцефалия, диагностика

Для цитирования: Волкодав О. В., Зинченко С. А., Самочерных К. А., Хачатрян В. А. Диагностические опции при гидроцефалии у недоношенных детей. Критерии восстановления мозгового плаща Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 2. С. 23–31. DOI: 10.56618/2071–2693_2024_16_2_23.

DIAGNOSTIC OPTIONS IN PREMATURE INFANTS WITH HYDROCEPHALUS. CRITERIA FOR RESTORING THE BRAIN MANTLE

Oleg V. Volkodav¹✉oleg_vlad.volk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9662-5731>, SPIN-code: 2147-7674**Svetlana A. Zinchenko**¹zinchenkosveta@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5222-2110>, SPIN-code: 9823-7758

Konstantin A. Samochnykh²

neurobaby12@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5295-4912, SPIN-code: 4188-9657

William A. Khachatryan²

wakhns@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1635-6621, SPIN-code: 7555-8039

¹ Crimean Federal University (5/7 Lenin Boulevard, Simferopol, Russian Federation, 295051)

² Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (12 Mayakovskogo street, St. Petersburg, Russian Federation, 191025)

Abstract

INTRODUCTION. A modern assessment of the state of the brain and cerebrospinal fluid (CSF) communications in hydrocephalus in premature infants should include characteristics of outflow – absorption of CSF and the reactivity of brain tissue to pressure increase with increasing intracranial and cerebrospinal volume.

AIM. To study hydrocephalus in premature infants.

MATERIALS AND METHODS. The use of craniocerebral elastogram (CCE) with infusion hydrodynamic load (IHL) tests in 143 premature infants with hydrocephalus since 2008 has been studied. The effectiveness of restoring intracranial pressure (ICP) was evaluated, taking into account the volume of rapid (12–18 ml/min) and slow (18–27 ml/hour) movements of the CSF.

Results. An increase in ICP of more than 50 % reflected the lack of recovery of CSF outflow from the ventricles (after the ventricular IHL test) and resistant absorption (after the lumbar IHL) with the justification of indications for ventricular-peritoneal bypass. With a decrease in CCE to 3 cm³/mm water pressure there was a residual expansion of the ventricular system with a ventricular index greater than 0.5, and below 1 cm³/mm water pressure irreversible changes in brain tissue without restoring the thickness of the brain mantle.

CONCLUSION. The data obtained make it possible to use the options of CCE and IHL in the diagnosis of hydrocephalus in premature infants, expand the possibilities of assessing the state of the brain and CSF communications with a characteristic of the effectiveness of outflow and absorption of CSF.

Keywords: premature infants, hydrocephalus, diagnosis

For citation: Volkodav O. V., Zinchenko S. A., Samochnykh K. A., Khachatryan W. A. Diagnostic options in premature infants with hydrocephalus. Criteria for restoring the brain mantle. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(2):23–31. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_2_23.

Введение

В современном системном подходе к диагностике и лечению гидроцефалии ключевым звеном является оценка состояния мозга и ликворных коммуникаций [1–17]. Подчеркивается, что при оценке гидроцефалии у детей должны учитываться увеличение внутричерепного объема (ВЧО) за счет растяжения родничков и швов, изменение эластичности краниоспинальной системы [5–11].

Известно, что изменение внутричерепного давления (ВЧД) при дополнительном введении в замкнутую полость черепа любого упругого объема, по М. J. Albeck et al. (1998), обозначается как упругость [5]. При гидроцефалии у детей, благодаря родничкам и открытым швам, изменяется не только ВЧД, но и размеры желудочков с ВЧО, с необходимостью интегральной характеристики состояния мозга при повышении ВЧД в изменяющемся ВЧО.

Характеристика параметров ликвородинамики включает в себя тесты на сопротивление оттоку и резорбции ликвора и оценку эффективности восстановления ВЧД [1–8].

Известен способ диагностики нарушений оттока ликвора по А. А. Marmarou et al. (1978), который заключается в выполнении наружного вентрикулярного дренирования с системой мониторинга ВЧД до и после единичного введения болюса физиологического раствора в желудочки, и если объем оттока меньше 0,5 мл/мин, то оценивают нарушение оттока ликвора из желудочков в субарахноидальное пространство (САП) [1]. При этом вводится большой объем физиологического раствора – до 30 мл, что изменяет ВЧД в больших пределах – до 300 %, тест длится долго – до 30 мин, с высоким риском инфицирования, характеристикой только снижения оттока ликвора без оценки нарушения всасывания.

Известен способ диагностики нарушений всасывания ликвора по М. Czosnyka et al. (2004), который заключается в выполнении люмбальной пункции с введением болюса физиологического раствора и оценке скорости всасывания ликвора по формуле:

$$I_r = (PCSF - PSS)/R,$$

где PCSF – ликворное давление; Pss – внутрисинусное давление; R – сопротивление резорбции ликвора, отражающее состояние путей резорбции, и индекса «давление – объем» (PVI) по формуле:

$$PVI = d V_6 (Lg (Pp / Po))^{-1},$$

где измеряемыми величинами являются объем вводимого болюса и ВЧД в разное время – до введения болюса (Po), сразу после введения (Pp) и через интервал времени (Pt). Инвазивность с необходимостью измерения внутрисинусного давления и оценкой только эффективности всасывания ликвора, сложность клинической оценки параметров, длительный мониторинг затрудняют его проведение у новорожденных [3].

Способ оценки продукции и всасывания ликвора рассматривается в работе M. Miyajima et al. (2015) и подразумевает выполнение вентрикулярного дренирования с системой мониторинга скорости продукции ликвора (СПЛ) в мл/мин с контролем его оттока (Rout) после однократного выведения болюса ликвора по формуле:

$$\begin{aligned} \text{СПЛ} = \text{Rout} = \\ = dV_6 (\lg(Po/Pm))^{-1} U (10g(Pt/Pm))/t = \\ = PVI * (\log(Pt/Pm))/t, \end{aligned}$$

где Po – ликворное давление до выведения объема ликвора (мм вод. ст.); Pt – ликворное давление после выведения объема ликвора (мм вод. ст.); Pt – ликворное давление через промежуток времени (мм вод. ст.); t – время, за которое произошли изменения Pt (мин); PVI – индекс «объем – давление»; dV6 – объем выводимого болюса (мл), оценкой сопротивления резорбции ликвора (СПЛ) при дискретном повторном введении болюса физиологического раствора после люмбальной пункции с мониторингом давления по формуле:

$$\begin{aligned} \text{СПЛ} = \text{Rcsf} = \\ tP_0 / (PVI(\log(Pt/Pp)((Pp-P_0)/(Pt-P_0)), \end{aligned}$$

где Po – исходное давление перед введением болюса; Pp – максимальное давление после вве-

дения болюса; Pt – давление через промежуток времени; PVI – коэффициент «давление – объем»; t – время, через которое произошло изменение давления, и при этом если Rcsf больше 12 мм рт. ст./мл/мин, то имеет место снижение всасывания ликвора [4].

Отмечаются сложность технического выполнения и оценки параметров, выведение ликвора с нарастающим дискретным введением в краниоспинальную систему до 30 мл болюса физиологического раствора, что приводит к перепаду ВЧД в диапазоне до 400 мм вод. ст., необходимости непрерывного мониторинга давления на всех этапах выведения и введения болюса для оценки индекса «давление – объем» и индекса сопротивления резорбции ликвора.

Подчеркивается, что мониторинг ВЧД у недоношенных детей затруднен, что обусловлено тяжестью состояния ребенка и сложностью технического обеспечения [9, 10]. Таким образом, при гидроцефалии у недоношенных детей проблемой является осуществление оценки нарушения оттока и всасывания ликвора с необходимостью снижения болюса и времени, учетом объема быстрых и медленных перемещений ликвора через Сильвиевский водопровод, возрастного количества ликвора.

Цель исследования – изучение гидроцефалии у недоношенных детей.

Материалы и методы исследования

Изучено использование авторской методики [11] краниocereбральной эластограммы (КЦЭ) с инфузионной гидродинамической нагрузкой (ИГН) у 143 недоношенных детей с гидроцефалией за период с 2008 г. Исследование одобрено Этическим комитетом КФУ (протокол № 53 от 6 декабря 2018 г.). Опции нагрузочных тестов проводились при прогрессировании гидроцефалии (опережающий прирост окружности головы с диастазом по швам, усилением пульсации большого родничка, положительный симптом Грефе, нарастающая вентрикулодилатация по данным нейросонографии (НСГ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ), начиная с 3–5-х суток после ВЖК 2-3 (классификация РМА-ПО). Оценивалось состояние мозга и ликворных коммуникаций у недоношенных детей

с критериями восстановления мозгового плаща при критической гидроцефалии.

Оценивалась КЦЭ по авторской формуле:

$$\text{КЦЭ} = \text{ИЖ} \cdot \text{ВЧО} / \text{ВЧД} \text{ (см}^3\text{/мм вод. ст.)},$$

где повышение ВЧД обратно пропорционально индексу желудочков (ИЖ) и внутричерепному объему (ВЧО), определяемому по окружности головы (ОГ). Тест ИГН при вентрикулярной (В) пункции проводился для оценки эффективности оттока ликвора из желудочков [11]. Для этого в боковой желудочек вводили болюс физиологического раствора в перерасчете на возрастной объем ликвора по индексу массы тела с контролем восстановления ВЧД. Индекс массы тела отражен в работе W. Whiteley (2006) [6]. Так, масса мозга по отношению к массе тела у новорожденных составляет 12,5 % (у взрослых – 2,5 %) с соотношением внутричерепных составляющих в следующей пропорции: мозг – 80 %, ликвор – 10 %, кровь (артериальная и венозная) – 10 %. Это позволяет определить возрастной объем ликвора. Масса тела 500 г – масса мозга 50 г – объем ликвора 5 мл. Масса тела 600 г – масса мозга 60 г – объем ликвора 6 мл. Масса тела 700 г – масса мозга 70 г – объем ликвора 7 мл. Масса тела 800 г – масса мозга 80 г – объем ликвора 8 мл. Масса тела 900 г – масса мозга 90 г – объем ликвора 9 мл. Масса тела 1000 г – масса мозга 100 г – объем ликвора 10 мл. Объемная скорость быстрых перемещений ликвора через Сильвиев водопровод в систолу, 12–18 мл/мин, отражена в работе M. Miyajima (2015) [4]. Поэтому объем вводимого болюса физиологического раствора не превышал 10 мл, что позволяло оценить восстановление оттока из желудочков за 1 мин (табл. 1).

Люмбальные пункции с тестом ИГН (Л) проводились при условии сообщающейся гидроцефалии [11]. При отсутствии оттока ликвора из желудочков (повышение ВЧД более 50 % от нормы) проводились повторные вентрикулярные пункции иглами диаметром 14 G, что позволяло восстановить вентрикуло-субарахноидальную коммуникацию за счет формирования дренажного порэнцефалического канала. При обосновании мы отталкивались от возможности проведения повторных люмбальных и вентрикулярных пункций, что отражено в работе A. Whitelaw (2017) [12]. Эффективность всасывания ликвора оценивалась через 60 мин после введения болюса физиологического раствора, равного возрастному объему ликвора (не более 10 мл). Обоснованием времени экспозиции и болюса является объемная скорость медленных перемещений ликвора, обусловленных секрецией и всасыванием ликвора, что составляет 18–27 мл/ч с половиной его оттока в спинальное субарахноидальное пространство (САП), т. е. обеспечивает полное всасывание введенного болюса [4].

При наличии давления в соответствии с возрастной физиологической нормой судят о полном восстановлении оттока из желудочков и сохранении всасывания, при повышении давления на 30–50 % диагностируют неполное восстановление оттока и неполное всасывание, а при повышении более 50 % от возрастной нормы судят об отсутствии восстановления оттока и резистентном всасывании.

Результаты исследования

Выборка исследования отражала характер изменения КЦЭ при гидроцефалии у 143 недоношенных детей (от глубоко недоношенных до

Таблица 1. Показатели нарушения оттока и всасывания ликвора

Table 1. Indicators of impaired outflow and absorption of cerebrospinal fluid

Показатель	Способ оценки	Болюс	Время	Внутричерепное давление (ВЧД)
Выполнено за период с 2008 г. (n=143)	Тест ИГН (В) на сопротивление оттоку	Введение болюса (до 10 мл)	Экспресс-оценка ВЧД на 1-й минуте	Нет повышения; повышение до 30–50 %; повышение больше 50 % (отсутствие оттока)
	Тест ИГН (Л) на сопротивление всасыванию	Введение болюса (до 10 мл)	Оценка ВЧД при повторной пункции (на 60-й минуте)	Нет повышения; повышение на 30–50 % (неполное всасывание); повышение больше 50 % (резистентное всасывание)

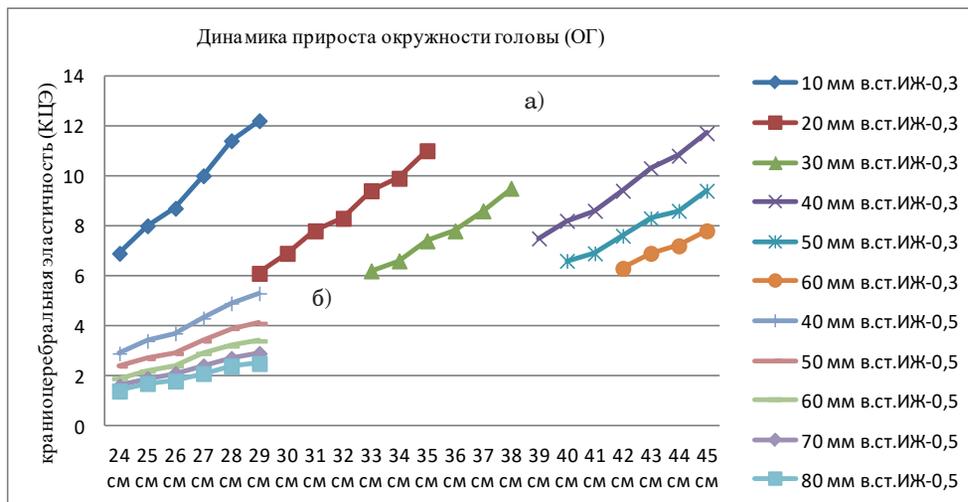


Рис. 1. Показатели КЦЭ в норме (а) и при гидроцефалии (б) у недоношенных детей
 Fig. 1. Indicators of CSE are normal (a) and in hydrocephalus (b) in premature infants

33 недели гестации), из них 75 (52,4 %) мальчиков и 68 (47,6 %) девочек, по сравнению с возрастной нормой (физиологический прирост размеров головы первых месяцев).

Отмечено, что в норме у недоношенных детей с ОГ 24 см и ВЧД 10 мм вод. ст. КЦЭ составляет 6,9 см³/мм вод. ст. У доношенных детей с ОГ 33–34 см и ВЧД 20 мм вод. ст. КЦЭ – в диапазоне 9,4–9,9 см³/мм вод. ст. (прогрессия эластичности). К концу первого месяца при ОГ 36–37 см и ВЧД 30 мм вод. ст. показатели КЦЭ – в диапазоне 7,8–8,6 см³/мм вод. ст. (физиологическая регрессия эластичности). К шестому месяцу при ОГ 44–45 см и ВЧД 60 мм вод. ст. КЦЭ оставалась в диапазоне 7,2–7,8 см³/мм вод. ст. Таким образом, при физиологическом

приросте окружности головы и ВЧД с ИЖ 0,3 КЦЭ оставалась в диапазоне от 6 до 12 см³/мм вод. ст. (рис. 1).

Гипертензионное расширение желудочков у недоношенных детей (рис. 1) сопровождалось достоверным снижением КЦЭ (p<0,05), без различий по полу, с обоснованием повторных вентрикулярных пункций (ВП), вентрикуло-субарахноидального стентирования (ВСС) и перитонеального шунтирования (ПШ). При умеренной декомпенсации отмечено КЦЭ 3–5 см³/мм вод. ст. со снижением перивентрикулярной плотности мозга (ППМ) до 15–18 едН, при полной декомпенсации отмечалась КЦЭ ниже 3 см³/мм вод. ст. (ППМ 10–14 едН), что отражено в табл. 2.

Таблица 2. Диагностические опции при гидроцефалии у недоношенных детей

Table 2. Diagnostic options for hydrocephalus in premature infants

Показатель	Гипертензионное расширение желудочков	
	умеренная декомпенсация	полная декомпенсация
КЦЭ	3–5 см ³ /мм вод. ст.	Ниже 3 см ³ /мм вод. ст.
ППМ	Снижение ППМ до 15–18 едН	Снижение ППМ до 10–14 едН
ВЧД	↑ в 5–10 раз и более от возрастных значений (10–20 мм вод. ст.)	
Тест ИГН (В) (на сопротивление оттоку ликвора)	ВП (игла 20–22 G) – нет восстановления оттока; ВП (игла 14 G из 1 доступа) – неполное восстановление оттока; ВП (игла 14 G из 2 доступов) – полное восстановление оттока ликвора	
Тест ИГН (Л) (на сопротивление всасыванию ликвора)	– сохранено (нет ↑ ВЧД); – неполное (↑ ВЧД 30–50 %) – выход в ВСС; – резистентное (↑ ВЧД >50 %) – выход в интеграцию ВСС с ПШ	

Примечание: КЦЭ – краниоцеребральная эластограмма; ППМ – перивентрикулярная плотность мозга; ВЧД – внутричерепное давление; ИГН – инфузионная гидродинамическая нагрузка; ВП – вентрикулярные пункции; ВСС – вентрикуло-субарахноидальное стентирование; ПШ – перитонеальное шунтирование.

При выполнении теста ИГН (В) иглой 20–22 G отмечалось повышение ВЧД больше 50 % от возрастного, что расценивалось нами как нарушение оттока ликвора из желудочков и являлось обоснованием для повторных вентрикулярных пункций иглами большего диаметра. При вентрикулопункции иглой 14 G в ряде случаев отмечено неполное восстановление оттока, а при комбинированном транскоронарном и транслямбдовидном доступе в большинстве случаев отмечалось полное восстановление вентрикуло-субарахноидальной коммуникации. Это позволяло расширить показания для люмбальных пункций с тестом ИГН (Л), определяющим выход в ВСС (при неполном) и ПШ-шунтирование (при резистентном всасывании ликвора).

Это иллюстрируется следующими клиническими примерами.

Клиническое наблюдение 1. Ребенок С., 32 недели гестации, масса тела – 1600 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 160 г, объем ликвора – 16 мл. КЦЭ – 4,2 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 80 мм вод. ст.), ППМ – 17–18 едН. При ИГН (В) объем введенного болюса физиологического раствора составил 10 мл, внутричерепное давление через 1 мин соответствует возрастной норме, что характеризует сохранение оттока. При выполнении теста ИГН (Л) отмечено повышение давления на 40 % (неполное всасывание). Субарахноидальное дренирование с пролонгированной санацией субарахноидальных пространств. На 6-й неделе после операции ИГН (Л) – без повышения давления (всасывание восстановлено), компенсация гидроцефалии с ИЖ 0,4.

Клиническое наблюдение 2. Ребенок А., 26 недель гестации, масса тела – 500 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 50 г, объем ликвора – 5 мл. КЦЭ – 1,7 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 140 мм вод. ст.), ППМ – 10–12 едН. Объем введенного болюса физиологического раствора составил 5 мл. ИГН (В) иглой 22 G – повышение ВЧД 70 % от возрастного (нет восстановления оттока ликвора). ИГН (В) иглой 14 G из коронарного и транслямбдовидного доступа – нет повышения ВЧД с полным

восстановлением оттока ликвора. ИГН (Л) без повышения давления (всасывание ликвора сохранено). Отмечена стабилизация ликвородинамики с компенсацией гидроцефалии (ИЖ 0,68).

Клиническое наблюдение 3. Ребенок К., 27 недель гестации, масса тела – 600 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 60 г, объем ликвора – 6 мл. КЦЭ – 3,6 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 110 мм вод. ст.), ППМ – 13–14 едН. Объем введенного болюса физиологического раствора составил 6 мл. ИГН (В) иглой 22 G – повышение ВЧД 30 % от возрастного (неполное восстановление оттока). ИГН (В) иглой 14 G из транслямбдовидного доступа – нет повышения ВЧД с полным восстановлением оттока ликвора из желудочков. ИГН (Л) – отмечено повышение давления 80 % от нормы, что характеризует резистентное всасывание с выходом в перитонеальное шунтирование. Компенсация гидроцефалии с остаточным расширением желудочков (ИЖ 0,45).

Клиническое наблюдение 4. Ребенок Е., 28 недель гестации, масса тела – 700 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 70 г, объем ликвора – 7 мл. КЦЭ – 4,3 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 90 мм вод. ст.), ППМ – 15–16 едН. Объем введенного болюса физиологического раствора составил 7 мл. При выполнении теста ИГН (В) внутричерепное давление через 1 мин соответствует норме, что характеризует сохранение оттока ликвора из желудочков. ИГН (Л) – повышение ВЧД на 30 % (неполное всасывание), субарахноидальное дренирование с пролонгированной санацией. На 6-й неделе после операции – без повышения ВЧД. Компенсация гидроцефалии без перитонеального шунтирования. Остаточное расширение желудочков с ИЖ 0,38.

Клиническое наблюдение 5. Ребенок Р., 29 недель гестации, масса тела – 800 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 80 г, объем ликвора – 8 мл. КЦЭ – 4,8 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 100 мм вод. ст.), ППМ – 6–17 едН. Объем введенного болюса физиологического раствора составил 8 мл. ИГН (В) иглой 22 G –

повышение ВЧД 40 % от возрастного (неполное восстановление оттока ликвора). ИГН (В) иглой 14 G из коронарного доступа – нет повышения ВЧД (полное восстановление оттока ликвора с формированием дренажного порэнцефалического канала). При выполнении теста ИГН (Л) – без повышения давления, всасывание ликвора сохранено. Отмечена стабилизация ликвородинамики с компенсацией гидроцефалии (ИЖ 0,36).

Клиническое наблюдение 6. Ребенок В., 30 недель гестации, масса тела – 900 г, гидроцефалия.

По индексу массы тела масса мозга составляет 90 г, объем ликвора – 9 мл. КЦЭ – 2,5 см³/мм вод. ст. (ВЧД – 180 мм вод. ст.), ППМ – 10–12 едН. Объем введенного болюса физиологического раствора составил 9 мл. ИГН (В) иглой 22 G – повышение ВЧД 90 % от нормы (нет восстановления оттока ликвора). ИГН (В) иглой 14 G из коронарного и транслямбдовидного доступа – повышение ВЧД 40 % от возрастного, что характеризует неполное восстановление оттока. ИГН (Л) – повышение давления 60 % от нормы, что характеризует резистентное всасывание ликвора. Выявленный характер нарушений ликвородинамики позволил обосновать показания к перитонеальному шунтированию. Отмечена стабилизация ликвородинамики с компенсацией гидроцефалии (ИЖ 0,62).

Обсуждение

Объективная оценка состояния мозга и ликворных коммуникаций является ключевым звеном в современном системном подходе к диагностике и лечению гидроцефалии у недоношенных детей. При этом критерии оценки показателей ликвородинамики при гидроцефалии у недоношенных детей затруднены [9, 10].

В связи с этим, нами было рассмотрено выполнение инфузионных нагрузочных тестов. Диагностический экспресс-тест ИГН (В) позволяет оценить эффективность оттока ликвора из желудочков, с учетом объема быстрых и медленных перемещений ликвора через Сильвиевский водопровод и возрастного количества ликвора [1–8].

Отмечено, что объем вводимого болюса физиологического раствора не должен превышать

10 мл, что позволяет оценить восстановление оттока из желудочков за 1 мин. Подчеркивается, что люмбальные пункции могут проводиться только при условии сообщающейся гидроцефалии (полное восстановление оттока из желудочков или неполное с повышением ВЧД до 30–50 % от возрастной нормы).

При отсутствии оттока из желудочков (повышение ВЧД более 50 % от возрастной нормы) обоснованы повторные вентрикулярные пункции иглами диаметром 14 G. Это позволяет восстановить вентрикуло-субарахноидальную коммуникацию за счет формирования дренажного порэнцефалического канала. Обоснование повторных вентрикулярных и люмбальных пункций отражено в работе А. Whitelaw (2017) [12].

Диагностический экспресс-тест ИГН (Л) позволяет оценить полное, неполное или резистентное всасывание ликвора. Отмечено, что объем вводимого болюса физиологического раствора не должен превышать 10 мл с контролем восстановления ВЧД через 60 мин при повторной люмбальной пункции. Неполное нарушение всасывания ликвора определяло причину выхода в субарахноидальное дренирование, при резистентном всасывании отмечался выход в перитонеальное шунтирование.

Определение показателей КЦЭ позволяет оценить реактивность ткани мозга на повышение ВЧД в изменяющемся внутричерепном и ликворном объеме, расширить возможности диагностики и прогноза лечения гидроцефалии [18]. Так, при умеренной декомпенсации гидроцефалии с ВЧД более чем в 5 раз от возрастного отмечалось снижение КЦЭ до 3–5 см³/мм вод. ст. с остаточным расширением боковых желудочков (ИЖ до 0,5). При полной декомпенсации гидроцефалии с КЦЭ ниже 3 см³/мм вод. ст. отмечался ИЖ более 0,5. При КЦЭ ниже 1 см³/мм вод. ст. отмечалось разрушение перивентрикулярного эластичного каркаса, что объясняет неблагоприятный прогноз при критической гидроцефалии без восстановления толщины мозгового плаща.

Заключение

Доказана эффективность оценки оттока и всасывания ликвора при гидроцефалии у не-

доношенных детей по вентрикулярному и люмбальному тестам инфузионной гидродинамической нагрузки. Обосновано введение болюса физ. раствора в перерасчете на возрастное количество ликвора по индексу массы тела и времени восстановления ВЧД с учетом объема быстрых (12–18 мл/мин) и медленных (18–27 мл/ч) перемещений ликвора через Сильвиевый водопровод.

Восстановление ВЧД в соответствии с возрастной нормой характеризовало сохранение оттока и всасывания. Повышение ВЧД более 50 % отражало отсутствие оттока с обоснованием повторных вентрикулярных пункций иглами диаметром 14 G и резистентное всасывание после люмбальной пункции, выполняемой при условии восстановлении оттока из желудочков, с обоснованием показаний к вентрикулоперитонеальному шунтированию. При снижении КЦЭ до 3 см³/мм вод. ст. отмечалось оста-

точное расширение желудочков с ИЖ больше 0,5, а ниже 1 см³/мм вод. ст. – необратимые изменения в ткани мозга без восстановления мозгового плаща.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

- Marmarou A. A., Shulman K., Rosende R. M. Nonlinear Analysis of the Cerebrospinal Fluid System and Intracranial Pressure Dynamics. *J Neurosurg.* 1978;(48):332–344. Doi: 10.3171/jns.1978.48.3.0332.
- Davson H., Welch K., Segal M. B. The physiology and pathophysiology of cerebrospinal fluid. Churchill Livingstone. N.Y.; 1987. Doi: 10.1177/088307388800300414.
- Czosnyka M., Czosnyka Z. H., Whitfield P. C., Pickard J. D. Cerebrospinal Fluid Dynamics. *Pediatric Hydrocephalus*; eds by W. J. Maixner, C. Sainte-Rose. Springer-Verlag Italia, Milano; 2004, pp. 47–63. Doi: 10.1088/0967-3334/25/5/r01.
- Miyajima M., Arai H. Evaluation of the Production and Absorption of Cerebrospinal Fluid. *Neurol Med Chir.* 2015;55(8):647–656. Doi: 10.2176/nmc.ra.2015-0003.
- Albeck M. J., Skak C., Nielsen P. R. et al. Age dependency of resistance to cerebrospinal fluid outflow. *J Neurosurg.* 1998;89(2):275–278. Doi: 10.3171/jns.1998.89.2.0275.
- Whiteley W., Al-Shahi R., Warlow C. P. CSF opening pressure: reference interval and the effect of body mass index. *Neurology.* 2006;(67):1690–1691. Doi: 10.1212/01.wnl.0000242704.60275.e9.
- Stoquart-ElSankari S., Baludent O., Gondry-Jouet C. et al. Aging effects on cerebral blood and cerebrospinal fluid flows *J Cereb Blood Flow Metab.* 2007;27(9):1563–1572. Doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600462.
- Symss N. P., O’S. Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus: historical trend. *J Neurosurg Pediatr.* 2013;11(2):170–177. Doi: 10.3171/2012.3.PEDS0934.
- Волкодав О. В., Зинченко С. А., Хачатрян В. А. Краниocereбральная эластичность и тест инфузионной нагрузки у недоношенных детей при декомпенсации гидроцефалии // *Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова.* 2022. Т. 14, № 1–1. С. 17–20. [Volkodav O. V., Zinchenko S. A., Khachatryan V. A. Craniocerebral elasticity and infusion load test in premature infants with decompensation of hydrocephalus. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov.* 2022;14(1–1):17–20. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 48217854.
- Robinson S. Neonatal posthemorrhagic hydrocephalus from prematurity: pathophysiology and current treatment concepts. *J Neurosurg Pediatr.* 2012;9(3):242–258. Doi: 10.3171/2011.12.PEDS11136.
- Патент № 2786321. RU. Способ диагностики нарушений ликвородинамики у недоношенных детей / Волкодав О. В. Опубл. 20.12.2022. Бюл. № 35. URL: <https://patenton.ru> > patent > RU2786321C1 (дата обращения: 18.02.2024). [Patent No. 2786321. RU. Method for the diagnosis of the CSF dynamic disorder in premature infants; Volkodav O. V. Publ. 20.12.2022. Bul. № 35. (In Russ.). Available from: <https://patenton.ru> > patent > RU2786321C1 [Accessed 18. February 2024].
- Whitelaw A., Lee-Kelland R. Repeated lumbar or ventricular punctures in newborns with intraventricular haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;(6):4. Doi: 10.1002/14651858.CD000216.pub2.
- Атисков Ю. А., Самочерных К. А., Хачатрян В. А. Оценка краниоспинального комплайнса // *Нейрохирургия.* 2017. № 4. С. 42–49. [Atiskov Yu. A., Samochernykh K. A., Khachatryan V. A. Estimation of craniospinal compliance. *Russian journal of neurosurgery.* 2017;(4):42–49. (In Russ.)]. Doi: <https://doi.org/www.therjn.com>.
- Самочерных Н. К., Абрамов К. Б., Николаенко М. С. и др. Лечение больных с постгеморрагической гидроцефалией // *Рос. вестн. перинатол. и педиатрии.* 2021. Т. 66, № 5. С. 97–104. [Samochernykh N. K., Abramov K. B., Nikolaenko M. S., Sakhno L. V., Samochernykh K. A., Potemkina E. G. The treatment of patients with posthemorrhagic hydrocephalus. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Peditrii.* 2021;66(5):97–104. (In Russ.)]. Doi: 10.21508/1027–4065–2021–66–5–97–104.
- Mazzola C. A., Choudhri A. F., Auguste K. I. et al. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. P. 2: Management of posthemorrhagic hydrocephalus in premature infants. *J Neurosurg Pediatr.* 2014;14(1):8–23. Doi: 10.3171/2014.7.PEDS14322.

16. Melo J. R. T., Passos R. K., Carvalho M. L. C. Cerebrospinal fluid drainage options for posthemorrhagic hydrocephalus in premature neonates. *Arq Neurops.* 2017;75(7):433–438. Doi: 10.1590/0004-282X20170060.
17. Tan A. P., Surckova 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.
18. Детская нейрохирургия: Национальное руководство / под ред. К. А. Самочерных. СПб.: ПЗР, 2024. 576 с. [Pediatric neurosurgery: National guidelines; eds by K. A. Samochernykh. SPb.: PZR; 2024. 576 p. (In Russ.)].

Сведения об авторах

Олег Владимирович Волкодав – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нервных болезней и нейрохирургии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь, Россия);

Светлана Артуровна Зинченко – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь, Россия);

Константин Александрович Самочерных – доктор медицинских наук, профессор Российской академии наук, врач-нейрохирург высшей квалификационной категории отделения нейрохирургии для детей № 7, директор Российского научно-исследовательского

нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

Вильям Арамович Хачатрян – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ нейрохирургии детского возраста Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия).

Information about the authors

Oleg V. Volkodav – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, Crimean Federal University (Simferopol, Russia);

Svetlana A. Zinchenko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Normal Physiology, Crimean Federal University (Simferopol, Russia);

Konstantin A. Samochernykh – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Neurosurgeon of the Highest Category at the Department of Neurosurgery

for Children No. 7, Director, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

William A. Khachatryan – Dr. of Sci. (Med.), Full Professor, Chief Researcher at the Research Institute of Pediatric Neurosurgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia).

Принята к публикации 06.05.2024

Accepted 06.05.2024