

DOI 10.56618/20712693_2022_14_4_57



ОЦЕНКА ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВЕНТРИКУЛОСИНУСТРАНСВЕРЗОСТОМИИ

М. С. Николаенко, Н. К. Самочерных, М. Р. Маматханов, А. П. Герасимов,
Э. Т. Назаралиева, К. А. Самочерных

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 197341

РЕЗЮМЕ. Проведен анализ результатов имплантации шунтирующей системы между боковым желудочком и поперечным синусом с гидроцефалией у детей, при лечении которых использование других ликворошунтирующих операций оказалось неэффективным или нецелесообразным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. 54 больным, в возрасте от 4 месяцев до 17 лет, с декомпенсированной гидроцефалией была выполнена вентрикулосинустрансверзостомия, посредством имплантации клапанной системы низкого давления или программируемой системой с низкими значениями параметров клапана. Результат операции определен путем оценки динамики количественных клинико-интраскопических проявлений гидроцефалии и гипертензионного синдрома.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Во всех случаях речь шла о выраженной вентрикуломегалии и гипертензионном синдроме. Во всех случаях применение вентрикулоатриостомии и вентрикулоперитонеостомии оказалось неэффективным или нецелесообразным. В результате лечения стабилизация состояния больных и регресс проявлений декомпенсированной гидроцефалии достигнут у 90,7 % детей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Вентрикулосинустрансверзостомия является методом выбора для лечения декомпенсированной гидроцефалии в тех случаях, когда применение классических операций нецелесообразно. Считаем целесообразным интраоперационное проведение оценки венозного давления в синусе, а также корреляция с внутрижелудочковым давлением для достижения контроля над гидроцефалией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидроцефалия, краниоспинальная система, вентрикулосинустрансверзостомия, ком-плайнс.

Для цитирования: Николаенко М. С., Самочерных Н. К., Маматханов М. Р., Герасимов А. П., Назаралиева Э. Т., Самочерных К. А. Оценка цереброваскулярного сопряжения при вентрикулосинустрансверзостомии. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022;14(4):57–63. DOI 10.56618/20712693_2022_14_4_57

EVALUATION OF CEREBROVASCULAR CONJUGATION IN VENTRICULOSYNSTRANSVERZOSTOMY

M. S. Nikolaenko, N. K. Samochernykh, M. R. Mamathanov, A. P. Gerasimov,
E. T. Nazaralieva, K. A. Samochernykh

Almazov National Medical Research Centre, 2 Akkuratova st., Saint-Petersburg, Russia, 197341

SUMMARY. The analysis of the results of the implantation of a shunt system between the lateral ventricle and the transverse sinus in hydrocephalus in children, the treatment of which the use of other CSF-shunting operations proved ineffective or impractical.

MATERIALS AND METHODS. 54 patients aged from 4 months to 17 years, with decompensated hydrocephalus was performed anastomosis between the lateral ventricle and the transverse sinus, through the implantation of the valve low-pressure system or a programmable system with low values of the valve settings. The result of operations is determined by evaluating the dynamics of quantitative clinical and manifestations of hydrocephaly and hypertensive syndrome.

RESULTS. In all cases, it was a severe ventriculomegaly and hypertensive syndrome. In all cases, the use of ventriculoatriostomy and ventriculoperitoneostomy proved ineffective or impractical. As a result of the treatment, stabilization of the patients, and the manifestations of decompensated hydrocephalus regression was achieved in 90,7 % children.

CONCLUSION. Ventriculosinus transversal shunt may be the method of choice for the treatment of decompensated hydrocephalus in cases where the application of classical operations is not advisable. We consider it appropriate intraoperative assessment of venous pressure in the sinus, as well as the correlation with intraventricular pressure.

KEY WORDS: hydrocephalus, ventriculosinus transversal shunt, CSF-shunting operations.

For citation: Nikolaenko M. S., Samochernykh N. K., Mamathanov M. R., Gerasimov A. P., Nazaralieva E. T., Samochernykh K. A. Evaluation of cerebrovascular conjugation in ventriculosynstransverzostomy. Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2022;14(4):57–63. DOI 10.56618/20712693_2022_14_4_57

Введение. Ликворошунтирующие операции применяются для коррекции стойких нарушений ликвороциркуляции при невозможности использования этиотропного лечения декомпенсированной гидроцефалии.

Несмотря на существующие методы лечения, в последние десятилетия сохраняется большое количество детей с постгеморрагической и поствоспалительной гидроцефалией, при этом особой группой риска в случаях внутрижелудочковых кровоизлияний являются недоношенные дети [3, 4, 10].

Частота выявления поствоспалительной и постгеморрагической гидроцефалии у детей достигает 55–60 % среди всех видов гидроцефалии, и этот показатель увеличивается с каждым годом на 0,3 % [11].

Ликворошунтирующие операции являются методом выбора для коррекции стойких нарушений ликвороциркуляции при невозможности или нецелесообразности применения патогенетического лечения гидроцефалии. Эти вмешательства весьма распространены, в России за год осуществляется более 200 тысяч различных видов шунтирующих операций [1, 3, 8].

В настоящее время применяемым методом коррекции гидроцефалии являются ликворошунтирующие операции — вентрикулоперитонеостомия, вентрикулоатриостомия, люмбоперитонеостомия. Однако, в ряде случаев при наличии противопоказаний, лечение больных с гидроцефалией требует применения альтернативных методов вывода избыточной цереброспинальной жидкости, что на современном этапе является важной и не до конца решенной проблемой [3, 4, 12].

Одним из альтернативных методов ликворошунтирующих операций является вентрикулосинустрансверзостомия, при которой избыточное количество цереброспинальной жидкости выводится в венозную систему. Использование данной методики ликворошунтирующей операции в целом позволяет повторить физиологический ток цереброспинальной жидкости, когда основная часть ликвора, путем резорбции пахионовыми грануляциями, поступает в систему синусов головного мозга [6, 9, 15]. Однако, несмотря на достаточно длительный период применения метода, сохраняется высокий удельный вес послеоперационных осложнений, в том числе гиподренажное состояние [2, 3, 8, 13].

Клинико-нейровизуализационные критерии, а также их взаимоотношение с показателями биомеханических свойств краниоспинальной системы и цереброваскулярного сопряжения, определяющие эффективность хирургического лечения гидроцефалии у детей, изучены недостаточно, а их значение при планировании нейрохирургического вмешательства часто недооценивается [3, 13, 14, 17].

Решение этих важных задач подразумевает исследование аспектов заболевания с учётом проявления индивидуальных особенностей ребёнка как для разработки патогенетически обоснованной системы

диагностики, так и персонализации метода хирургического лечения гидроцефалии у детей.

В клинике нейрохирургии детского возраста усовершенствована и применяется вентрикулосинустрансверзостомия, при которой избыточный объём цереброспинальной жидкости отводится в поперечный синус твердой мозговой оболочки.

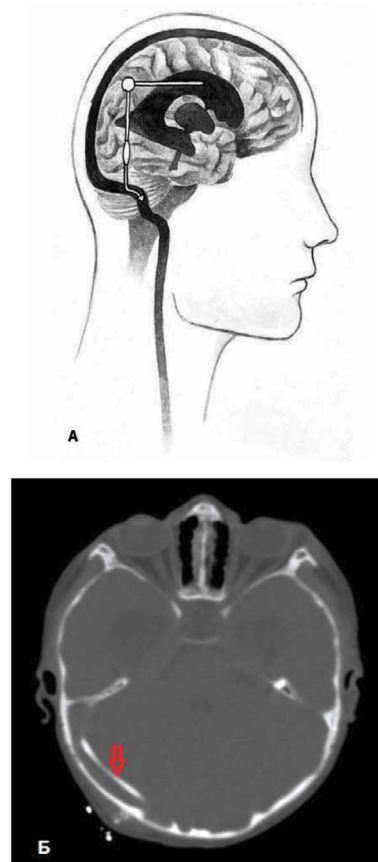


Рис. 1. Вентрикулосинустрансверзостомия: а — схема локализации шунтирующей системы при имплантации ВСТС; б — КТ головного мозга после вентрикулосинустрансверзостомии, стрелкой указана дистальная часть системы локализованная в поперечном синусе.

Fig. 1. Ventriculosinustransverzostomy: a — picture of localization of the shunting system during implantation of ventriculosinustransverzostomy; b — CT of the brain after ventriculosinustransverzostomy, the arrow indicates the distal part of the system localized in the transverse sinus.

Материалы и методы. В исследование вошли 54 пациента детского возраста, с верифицированными клинико-интраскопическими ликвородинамическими исследованиями, находившихся на лечении в ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» в возрасте от 4 месяцев до 17 лет с диагнозом «гидроцефалия».

Всех их объединили критерии отбора: наличие декомпенсированной гидроцефалии с деформацией ликворопроводящих путей, больших полушарий и ствола головного мозга, гипертензионного синдрома, ремитирующее или прогрессирующее течение заболевания.

Проводимые исследования позволили комплексно оценить выраженность гидроцефалии, динамику клинических проявлений заболевания, выделить предикторы и подобрать оптимальную тактику лечения пациента, оценить исход оперативного вмешательства и определить дальнейшую тактику ведения и критерии динамической оценки. Характер и выраженность нарушения ликворообращения уточняли при помощи ликвородинамических исследований, которые были направлены на измерение сопротивления резорбции ликвора, скорости ликворопродукции и измерении индекса «давление-объем» — соотношения краниоспинальной системы (PVI).

Результаты исследования. В нашем исследовании среди возрастных групп преимущественно преобладали дети в возрасте до 1 года — 22 (40,7 %) наблюдения, в то время как остальные пациенты в возрастных группах располагались в обратной корреляции с возрастом.

Преобладали пациенты с поствоспалительной, смешанной и врожденной гидроцефалией, среди которых у 20 (37 %) больных отмечена смешанная форма, равную долю составили поствоспалительная

и врожденная гидроцефалии — по 13 (24,1 %) больных, наименьшее количество больных было с постгеморрагической гидроцефалией — 8 (14,8 %) больных (рисунок 2).

При госпитализации в клинику 30 (55,6 %) больных детского возраста имели тяжелое состояние, 23 (42,6 %) — со средней степенью тяжести и 1 (1,8 %) пациент был госпитализирован в компенсированном состоянии. При поступлении наиболее тяжелые дети были с врожденной ГЦ и смешанного генеза (30 % и 33,3 % соответственно).

С прогрессивным течением заболевания было госпитализировано 37 (68,5 %) детей, из них подавляющее большинство составили пациенты из возрастной группы до 1 года — 16 (43,3,8 %) детей.

Мониторинг венозного давления и определение оптимального венозного «сопротивления», диктовали имплантацию дистальной части периферического катетера в просвет сигмовидного синуса у 21 (38,9 %) больного, у 20 (37 %) — в проекции поперечного синуса, у 9 (16,7 %) детей в полость правого предсердия и 4 (7,4 %) больных во внутреннюю яремную вену ($p < 0,05$) (рисунок 3).

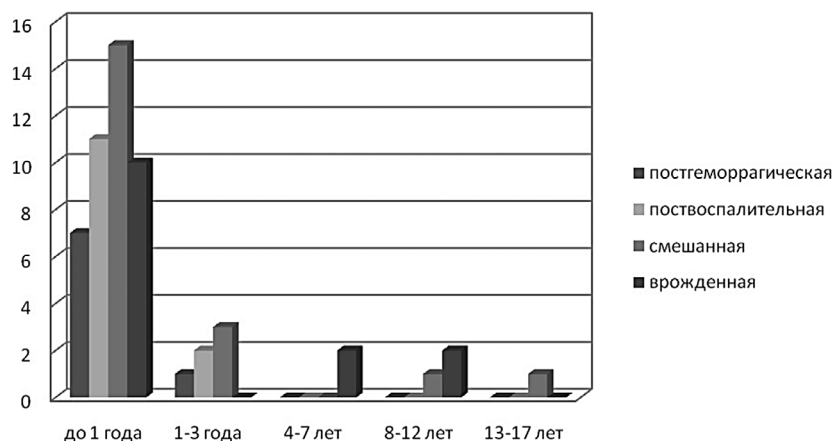


Рис. 2. Распределение больных по возрасту манифестации заболевания и генезу гидроцефалии.

Fig. 2. Distribution of patients by age of manifestation of the disease and the genesis of hydrocephalus.

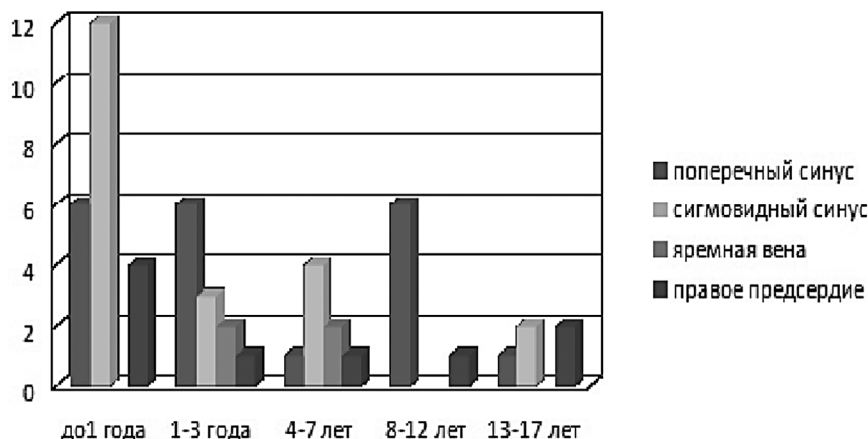


Рис. 3. Распределение возраста пациентов к месту локализации дистального конца катетера шунтирующей системы.

Fig. 3. Distribution of the age of patients to the location of the distal end of the catheter of the bypass system.

Наиболее часто адекватные параметры сопротивления оттоку ликвора из шунта в возрастной группе до 1 года были определены лишь в полости сигмовидного синуса — 54,5 % наблюдений, равно как и в возрасте от 4 до 7 лет — у 50 % больных, в то время как в возрастных группах от 1 года до 3 лет и от 8 до 12 лет достаточно было расположить дистальную часть периферического катетера уже в поперечном синусе — 50 % и 85,7 % соответственно ($p < 0,05$).

Отличительной особенностью было наибольшее количество имплантаций в венозную систему дистального катетера также в возрастной группе до 1 года — 40,7 % из всех исследуемых, что косвенно подтверждает данные о несостоятельности компенсаторных механизмов краниоспинального пространства у детей самой младшей возрастной группы ($p < 0,04$).

Анализ наблюдений показал, что среди всех возрастных групп наиболее часто использовалось классическое расположение дистальной части шунта (в системе синусов мозга) — 75,9 %, позволившее достичь контроля за гидроцефально-гипертензионным синдромом. Лишь в 24,1 % наблюдений потребовалось расположение венозного катетера за преде-

лами краниальной системы. Важным оказалось достаточно частое выявление «доминантности» синуса при проведении операции, что создаёт определённые преимущества для работы хирурга. В 2 раза чаще было выявлено значительное превалирование в размерах и проходимости системы синусов правой половины (70,4 % наблюдений) над левыми ($p < 0,03$).

Особое внимание нашего исследования было уделено определению места расположения дистальной части венозного катетера. Манометрические исследования должны были указать на допустимость адекватного расположения, позволяющего ЦСЖ свободно преодолеть сопротивление венозного русла. Очевидной корреляции между формой гидроцефалии и зоной расположения венозного катетера не было отмечено, хотя некоторое превалирование количества пациентов в группе с интракраниальным расположением венозного катетера с окклюзионной формой над сообщающейся прослеживается — 81,5 % и 70,4 % соответственно, а в группе с экстракраниальным расположением дистальной части венозного катетера — наоборот, некоторое превалирование пациентов с сообщающейся формой гидроцефалии — 29,6 % и 18,5 % соответственно ($p < 0,05$).

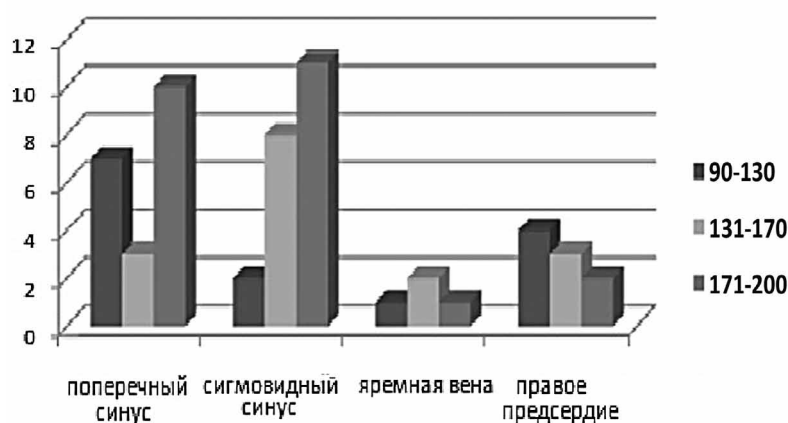


Рис. 4. Распределение локализации венозного катетера и ликворного давления.

Fig. 4. Distribution of venous catheter localization and CSF pressure.

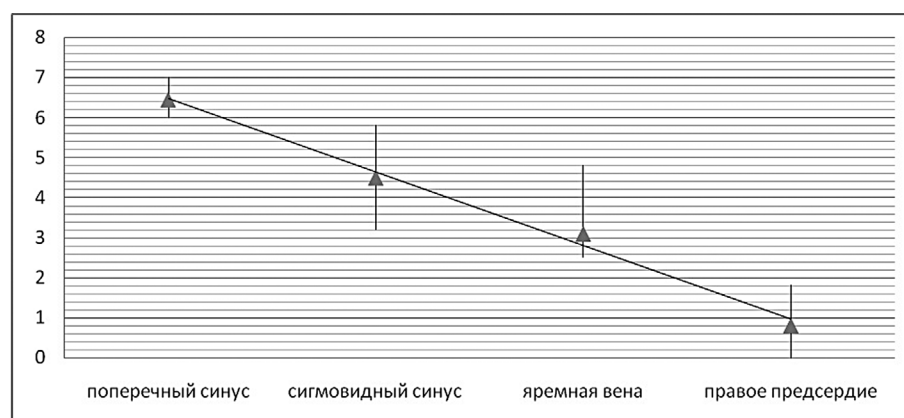


Рис. 5. Распределение венозного давления в системе «синус — правое предсердие».

Fig. 5. Distribution of venous pressure in the «sinus — right atrium» system.

Всем пациентам ($n=54$), проводился интраоперационный мониторинг ликворного давления; у 14 (25,9 %) зарегистрировано ликворное давление 90–130 мм водного столба, у 16 (29,6 %) — в диапазоне 131–170 мм водного столба и у 24 (44,5 %) регистрировалось давление в диапазоне 171–200 мм водного столба. При анализе соотношения локализации венозного катетера и параметров давления в желудочковой системе достоверно чаще отмечены пациенты с расположением катетера в системе синусов мозга (интракраниально) при высоком внутричерепном (ликворном) давлении — 59,3 % наблюдений, в то время как при умеренном повышении ликворного давления и низком комплайнсе мозга — вынуждены были позиционировать дистальный катетер в системе яремной вены — правое предсердие — 18,5 % наблюдений (рисунок 4).

Всем пациентам перед имплантацией шунтирующей системы проводился интраоперационный мониторинг венозного давления в системе «синус — правое предсердие». У пациентов при расположении венозного катетера в поперечном синусе — венозное давление регистрировалось в диапазоне от 6 до 7 мм рт.ст., при имплантации катетера в сигмовидный синус — зарегистрировано давление от 3,2 до 6 мм рт.ст., давление в яремной вене отмечалось в диапазоне — 2,9–4,8 мм рт.ст., в правом предсердии — 0–1,3 мм рт.ст. (рисунок 5), что в ряде наблюдений согласуется с данными литературы [7, 13, 14, 16, 17].

При высоком ликворном давлении (более 171 мм водн. ст.) дистальная часть шунтирующей системы имплантировалась в 11 (45,8 %) случаях в просвет сигмовидного синуса, в 10 (41,7 %) в поперечный синус, в 2 (8,3 %) случаях в правое предсердие и 1 (4,2 %) пациенту во внутреннюю яремную вену ($p<0,05$).

При значении ликворного давления от 131 до 170 мм водного столба, у 8 (50 %) детей катетер имплантирован в сигмовидный синус, у 3 (18,8 %) в просвет поперечного синуса, у 2 (12,4 %) в просвет яремной вены и 3 (18,8 %) детям в полость правого предсердия ($p<0,05$).

При ликворном давлении менее 130 мм водного столба дистальная часть системы лоцирована у 7 (50 %) детей в поперечном синусе, у 4 (28,6 %) в полости правого предсердия, у 2 (14,3 %) — в сигмо-

видном синусе и у 1 (7,1 %) ребенка во внутренней яремной вене ($p<0,05$).

Из 54 пациентов у 19 (35,2 %) детей в раннем послеоперационном периоде наблюдались сохраняющиеся проявления гипертензионного синдрома за счёт гиподренажного состояния — 18 (33,3 %) наблюдений. Наиболее часто гиподренажное состояние отмечено при имплантации дистальной части системы в поперечный и сигмовидный синусы, что составило 8 (44,5 %) и 7 (38,9 %) пациентов, соответственно. При доведении катетера до яремной вены, гиподренажное состояние выявлено у 2 (11,1 %) детей, а при имплантации в правое предсердие — у 1 (5,6 %) ребенка.

Распределение детей, у которых был достигнут контроль за гидроцефалией с полной адаптацией состояния в раннем послеоперационном периоде, было приблизительно равное между сообщающейся и окклюзионной формами — 26 и 23 ребёнка соответственно.

Сохранение неврологических симптомов, несмотря на корректно проведенную операцию, были отмечены в раннем послеоперационном периоде в 9,3 % наблюдений. Как показал анамнез, все эти 5 детей поступили в стационар с заведомо неблагоприятным прогнозом после ранее неоднократно проведенных ликворошунтирующих вмешательств. Длительный подбор параметров клапанной системы и проведение восстановительного лечения позволили в отдалённом периоде достичь полной адаптации их состояния.

Анализ взаимоотношения возраста больных при поступлении и исхода заболевания показал, что полная адаптация в раннем послеоперационном периоде наиболее часто была достигнута в возрастной группе от 1 до 3 лет — 66,7 % наблюдений, в то время как неврологические симптомы сохранялись после вентрикулосинустрансверзостомии в 60 % в группе детей до 1 года ($p<0,05$).

Как и следовало ожидать, в группе детей, где после проведения ЛШО полная адаптация и полный регресс гипертензионного синдрома были достигнуты уже впервые сутки после операции при расположении венозного катетера в дистальной части сигмовидного синуса, яремной вены или правом предсердии — 47,6 %, 50 %, 77,8 % соответственно ($p<0,03$).

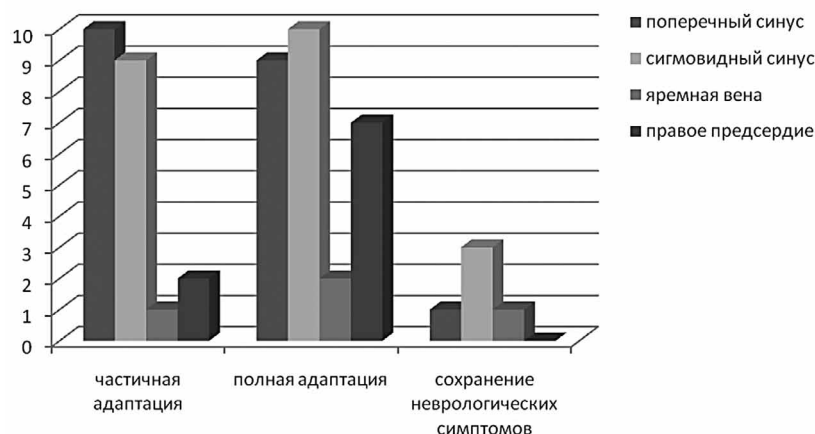


Рис. 6. Соотношение исхода заболевания и локализации дистальной части шунтирующей системы.

Fig. 6. Distribution of the outcome of the disease and localization of the distal part of the shunting system.

Обсуждение.

Оптимизированный метод вентрикулосинустрансверзостомии заключался не только в мониторинге показателей биомеханических свойств краниоспинальной системы путём оценки получаемых параметров при проведении инфузионно-нагрузочного теста, по результатам которого в последующем определяется пропускное давление имплантируемого клапана, но и мониторингирование показателя давления в зоне расположения венозной части периферического катетера системы для адекватного её последующего функционирования. То есть, при проведении измерения давления в венозной системе и получении высоких показателей в поперечном синусе выполняли дальнейшую транспозицию дистальной части венозного катетера до фиксирования оптимальных показателей сопротивления, позволяющих получить дальнейшее адекватное функционирование всей ликворосунтирующей системы.

Во всех наблюдениях, при выраженном гипертензионном синдроме и выраженном расширении желудочковой системы регистрировалось венозное давление выше нормальных возрастных показателей в среднем на 35–40 %. В этих случаях, нами достоверно доказано, что транспозиция венозного катетера в дистальные отделы сигмовидного синуса, яремную вену или правое предсердие позволило достичь контроля над гидроцефалией и стабилизировать состояние больных в 96,2 % случаев ($p < 0,05$). То есть эта операция, по нашим данным, позволяет как скомпенсировать состояние больных, так и сбалансировать ликворообращение и краниocereбральное соотношение. Эти данные хорошо согласуются с результатами других исследователей [12, 16].

Именно направленное выведение цереброспинальной жидкости в венозное русло является более физиологичным из искусственных механизмов коррекции избыточного интракраниального скопления жидкости, а количественная оценка объёма ликворосодержащих полостей, параметров ликворообращения и биомеханических свойств краниоспинальной системы, клинических проявлений заболевания отражает конкретные аспекты диагностики и лечения детей с гидроцефалией, делая её персонализированной, отвечающей современным тенденциям персонализированной медицины.

Выводы.

1. Оценка цереброваскулярного сопряжения позволило оптимизировать вентрикулосинустрансверзостомию в 90,7 % наблюдений уже в ближайшем периоде. Достичь контроля над проявлением краниocereбральной диспропорции и стабилизировать состояние больных удалось в 95,3 % и 98,2 % наблюдений соответственно, однако состояние детей осталось дренажезависимым ($p < 0,05$).

2. Персонализированные интраоперационные показатели, относящиеся к краниоспинальной и венозной системе, влияющие на применяемый метод, включают в себя определение сопротивления резорб-

ции ликвора и выраженности краниocereбральной диспропорции, количественную оценку состояния кровотока в системе «синус-яремная вена», а именно гипорезорбция ЦСЖ, снижение PVI, снижение комплайнса мозга, гипертензионный или декомпенсированный тип кривой ИНТ, показатель сопротивления оттоку ЦСЖ в системе «синус-яремная вена».

3. Рациональная тактика диагностики подразумевает установление индивидуальных относительных значений биомеханических свойств краниоспинальной системы, показателей нарушения ликворообращения и краниocereбральной диспропорции, а также регистрации параметров венозного давления в синусах головного мозга для транспозиции венозного катетера до достижения оптимального венозного сопротивления при выборе патогенетически обоснованного алгоритма лечения детей с гидроцефалией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest. Работа выполнена в рамках государственного задания № 121031100314–1 «Разработка малоинвазивной системы непрерывной оценки биомеханических свойств краниоспинальной системы ликворообращения и корковой перфузии». The work was carried out within the framework of the state task № 121031100314–1 «Development of a minimally invasive system for continuous assessment of the biomechanical properties of the craniospinal system of cerebrospinal fluid circulation and cortical perfusion».

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. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study

ORCID авторов / ORCID of authors

Николаенко Михаил Сергеевич /
Nikolaenko Mikhail Sergeevich
<http://orcid.org/0000-0003-0758-067X>

Самочерных Никита Константинович /
Samochnykh Nikita Konstantinovich
<http://orcid.org/0000-0002-6138-3055>

Маматханов Магомед Рамазанович /
Mamathanov Magomed Ramazanovich
<http://orcid.org/0000-0001-7170-7415>

Герасимов Александр Павлович /
Gerasimov Alexander Pavlovich
<http://orcid.org/0000-0001-9787-8132>

Назаралиева Элеонора Тууганбаевна /
Nazaralieva Eleonora Tuuganbaevna
<http://orcid.org/0000-0001-6165-9544>

Самочерных Константин Александрович /
Samochnykh Konstantin Alexandrovich
<http://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Литература/References

1. Хачатрян В. А. Анастомоз между боковым желудочком и поперечным синусом (вентрикуло-синустрансверзостомия) в лечении гидроцефалии. Проблемы детской нейрохирургии. 1985;4:126–129. [Khachatryan W.A. Anastomosis the lateral ventricle and transverse sinus (ventriculo-sinuansversostomy) in the treatment of hydrocephalus. Problems of Pediatric Neurosurgery. 1985;4:126–129. In Russ.].
2. Самочерных К. А., Ким А. В., Николаенко М. С., Хачатрян В. А. Вентрикуло-синустрансверзостомия в лечении декомпенсированной гидроцефалии у детей. Трансляционная медицина. 2017; 4(1):20–28. [Samochernykh K. A., Kim A. V., Nikolaenko M. S., Hachatryan V. A. Ventriculo-sinuansversostomy in the treatment of decompensated hydrocephalus in children. Translyatsionnaya meditsina 2017; 4(1):20–28. (in Russ.)] <http://doi.org/10.18705/2311-4495-2017-4-1-20-28>.
3. Хачатрян В. А., Самочерных К. А. Эндоскопия в детской нейрохирургии. Санкт-Петербург: Бранко, 2015. — 276с. [Hachatryan V. A., Samochernykh K. A. Endoscopy in child neurosurgery. Saint-Petersburg: Branko, 2015:276. (in Russ.)].
4. Хачатрян В. А., В. П. Берснев, Ш. М. Сафин. Гидроцефалия. Патогенез, диагностика, хирургическое лечение. СПб, 1998. 234с. [Khachatryan W. A., Bersnev V. P., Safin Sh. M. The hydrocephalus. Pathogenesis, diagnosis, surgical treatment. SPb, 1998 p. 234. In Russ.]
5. Baert E.J., F. Dewaele, J. Vandersteene, G. Hallaert. Treating hydrocephalus with retrograde ventriculosinus shunt: prospective clinical study. World Neurosurg. 2018;118:34–42. <http://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.06.097>
6. Barami K., S. Sood. The cerebral venous system and the postural regulation of intracranial pressure: implications in the management of atients with cerebrospinal fluid diversion. Childs Nerv Syst. 2016;32: 599–607. <http://doi.org/10.1007/s00381-015-3010-1>
7. Czosnyka M., Z. Czosnyka, KJ. Agarwal-Harding. Modelling of CSF dynamics: legacy of Professor Anthony Marmarou. Acta Neurochir Suppl. 2012;113:9–14. http://doi.org/10.1007/978-3-7091-0923-6_2
8. El Shafei IL. The retrograde ventriculovenous shunts: the El-Shafei retrograde ventriculovenous shunts surgical technique and long term results. PediatrNeurosurg. 2010;46:160–171. <http://doi.org/10.1159/000316639>
9. Kaveh B. Cerebral venous overdrainage: an under-recognized complication of cerebrospinal fluid diversion. Neurosurg Focus. 2016;41(3):9. <http://doi.org/10.3171/2016.6.focus16172>
10. Lee J.H., T. S. Park Ventriculo-atrial shunt via the transverse sinus for hydrocephalus. Abst. Meeting of American Association of Neurological surgeon. 1990;5:386.
11. Li X., J. Zheng. Ventriculosinus shunt as a reliable option in the treatment of failed ventriculoperitoneal shunt: report of 19 cases and review of the literature. Ann Palliat Med. 2021;10(7):7627–7633. <http://doi.org/10.21037/apm-21-1202>
12. Muir R.T., S. Wang, B. C. Warf. Global surgery for pediatric hydrocephalus in the developing world: a review of the history, challenges, and future directions. Neurosurg Focus. 2016;41(5):11. <http://doi.org/10.3171/2016.7.focus16273>
13. Oliveira MF., MJ. Teixeira, KA. Norremose. Surgical technique of retrograde ventriculosinus shunt is an option for the treatment of hydrocephalus in infants after surgical repair of myelomeningocele. Arq Neuropsiquiatr. 2015;73:1019–1025. <http://doi.org/10.1590/0004-282x20150169>
14. Pinto F.C., R. Becco, E.J.L. Alho. The retrograde ventriculo-sinus shunt in an animal experimental model of hydrocephalus. PediatrNeurosurg. 2016;51:142–148. <http://doi.org/10.1159/000443795>
15. Riva-Cambrin J. Risk factors for shunt malfunction in pediatric hydrocephalus: a multicenter prospective cohort study. J. Neurosurg Pediatr. 2016;17:382–390. <http://doi.org/10.3171/2015.6.peds14670>
16. Vandersteene J. The influence of cerebrospinal fluid on blood coagulation and the implications for ventriculovenous shunting. J Neurosurg. 2019;130:1244–1251. <http://doi.org/10.3171/2017.11.jns171510>
17. Yamada S., E. Kelly. Cerebrospinal fluid dynamics and the pathophysiology of hydrocephalus: new concepts. Ultrasound CT MR. 2016;37:84–91. <http://doi.org/10.1053/j.sult.2016.01.001>