Medical
Research
Journal

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ, НЕЙРОСОНОГРАФИЧЕСКИХ И ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ЛИКВОРОДИНАМИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВАХ У ДЕТЕЙ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ, НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИОННЫЕ МАРКЕРЫ И ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

Ибрагимова Шахзода Умидовна
Резидент магистратуры 2-го курса кафедры неврологии СамГМУ
Эргашев Сухроб Сайидович
PhD, доцент кафедры неврологии СамГМУ

Аннотация

Актуальность. Ликвородинамические расстройства у детей представляют собой гетерогенную группу патологических состояний, характеризующихся нарушением циркуляции, распределения и резорбции цереброспинальной жидкости. Особое место среди них занимает гидроцефалия, сопровождающаяся прогрессирующим расширением желудочковой системы и возможным нарушением внутричерепного комплаенса, церебральной перфузии и нейропсихического развития. Диагностика осложняется возрастной изменчивостью клинических проявлений, ограниченной специфичностью отдельных нейровизуализационных показателей и необходимостью разграничения истинной гидроцефалии с вентрикуломегалией, возникающей вследствие уменьшения объёма мозговой ткани.

Цель исследования. Провести сравнительный анализ диагностического значения клинических проявлений, нейросонографических показателей и компьютерно-томографических и магнитно-резонансных характеристик при ликвородинамических нарушениях у детей, а также разработать структурированную модель мультимодальной оценки состояния ликворной системы.

Материалы и методы. Выполнен аналитический обзор клинических исследований, систематических обзоров и международных рекомендаций по диагностике детской гидроцефалии, постгеморрагической вентрикулярной дилатации и дисфункции ликворошунтирующих систем. Рассмотрены клинические симптомы внутричерепной гипертензии, количественные ультразвуковые индексы, стандартная и быстрая магнитно-резонансная томография, компьютерная томография и фазово-контрастные методы исследования ликворотока.

Результаты. Систематизированы преимущества и ограничения клинических, нейросонографических и томографических методов в различных возрастных группах. Разработана авторская концептуальная модель PED-CSF-DIAG, предусматривающая последовательную оценку клинической стабильности, динамики размеров желудочков, анатомических препятствий ликвороциркуляции и признаков вторичного повреждения мозговой ткани.

Заключение. Наиболее обоснованной диагностической стратегией при ликвородинамических расстройствах является возрастно-ориентированное сочетание клинического наблюдения, количественной нейросонографии и целевой томографической оценки. Прогрессирование размеров желудочковой системы должно рассматриваться совместно с клиническими проявлениями, анатомическими характеристиками и результатами последовательных исследований.

Ключевые слова: ликвородинамические нарушения, гидроцефалия, вентрикуломегалия, детская неврология, нейросонография, компьютерная томография,

магнитно-резонансная томография, желудочковый индекс, внутричерепная гипертензия, ликвороциркуляция.

BOLALARDA LIKVORODINAMIK BUZILISHLARDA KLINIK, NEYROSONOGRAFIK VA TOMOGRAFIK MA'LUMOTLARNING QIYOSIY TAHLILI: DIAGNOSTIK MEZONLAR, NEYROVIZUALIZATSION MARKERLAR VA PROGNOSTIK YONDASHUVLAR

Ibragimova Shahzoda Umidovna
SamDTU Nevrologiya kafedrasining 2-bosqich magistratura rezidenti
Ergashev Suxrob Sayidovich
PhD, SamDTU Nevrologiya kafedrasi dotsenti

Annotatsiya

Dolzarbligi. Bolalarda likvorodinamik buzilishlar orqa miya suyuqligining aylanishi, taqsimlanishi va so‘rilishining izdan chiqishi bilan xarakterlanadigan turli patologik holatlarni birlashtiradi. Ular orasida gidrosefaliya alohida o‘rin tutadi. Gidrosefaliya bosh miya qorinchalarining kengayishi, kalla ichi bosimi va serebral perfuziya o‘zgarishlari hamda neyrorivojlanish buzilishlari bilan kechishi mumkin. Tashxislash yoshga bog‘liq klinik belgilar, ayrim neyrovizualizatsion ko‘rsatkichlarning yetarli spetsifik emasligi va haqiqiy gidrosefaliyani miya to‘qimasi hajmining kamayishi bilan bog‘liq ventrikulomegaliyadan farqlash zarurati tufayli murakkablashadi.

Tadqiqot maqsadi. Bolalarda likvorodinamik buzilishlarda klinik simptomlar, neyrosonografik ko‘rsatkichlar, kompyuter tomografiya va magnit-rezonans tomografiya natijalarining diagnostik ahamiyatini qiyosiy tahlil qilish hamda likvor tizimini kompleks baholash modelini ishlab chiqish.

Materiallar va usullar. Bolalar gidrosefaliyasi, postgemorragik ventrikulyar dilatatsiya va likvor shuntlari disfunksiyasiga bag‘ishlangan klinik tadqiqotlar, tizimli sharhlar va xalqaro tavsiyalar tahlil qilindi. Kalla ichi gipertenziyasi simptomlari, ultratovush indekslari, standart va tezkor MRT, KT hamda likvor oqimini baholashning faza-kontrast usullari o‘rganildi.

Natijalar. Turli yosh guruhlarida klinik, neyrosonografik va tomografik tekshiruvlarning afzalliklari va cheklovlari tizimlashtirildi. Klinik holat, qorinchalar o‘lchamining dinamikasi, likvor aylanishiga anatomik to‘siqlar va miya to‘qimasining ikkilamchi zararlanish belgilarini birlashtiruvchi PED-CSF-DIAG konseptual modeli taklif etildi.

Xulosa. Bolalarda likvorodinamik buzilishlarni tashxislash klinik kuzatuv, miqdoriy neyrosonografiya va maqsadli tomografik tekshiruvlarning yoshga mos kombinatsiyasiga asoslanishi kerak. Qorinchalar kengayishining dinamikasi klinik holat va anatomik ma’lumotlar bilan birgalikda baholanishi zarur.

Kalit so‘zlar: likvorodinamik buzilishlar, gidrosefaliya, ventrikulomegaliya, bolalar nevrologiyasi, neyrosonografiya, kompyuter tomografiya, magnit-rezonans tomografiya, kalla ichi gipertenziyasi.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CLINICAL, NEUROSONOGRAPHIC, AND TOMOGRAPHIC FINDINGS IN PEDIATRIC CEREBROSPINAL FLUID DYNAMIC DISORDERS: DIAGNOSTIC CRITERIA, NEUROIMAGING MARKERS, AND PROGNOSTIC APPROACHES

Ibragimova Shakhzoda Umidovna
Second-year Master's Program Resident, Department of Neurology, SamSMU
Ergashev Sukhrob Sayidovich
PhD, Associate Professor, Department of Neurology, SamSMU

Abstract

Background. Cerebrospinal fluid dynamic disorders in children represent a heterogeneous group of conditions involving altered cerebrospinal fluid circulation, distribution, and absorption. Hydrocephalus is particularly important because progressive ventricular enlargement may be associated with changes in intracranial compliance, cerebral perfusion, and neurodevelopment. Diagnosis is complicated by age-dependent clinical manifestations, limited specificity of isolated imaging markers, and the need to distinguish active hydrocephalus from ventricular enlargement secondary to cerebral tissue loss.

Objective. To compare the diagnostic contribution of clinical manifestations, neurosonographic measurements, computed tomography, and magnetic resonance imaging in pediatric cerebrospinal fluid dynamic disorders and to develop a structured multimodal diagnostic framework.

Materials and Methods. A narrative analytical review of clinical studies, systematic reviews, and international recommendations was conducted. The analysis focused on pediatric hydrocephalus, posthemorrhagic ventricular dilatation, shunt malfunction, quantitative cranial ultrasonography, conventional and rapid magnetic resonance imaging, computed tomography, and phase-contrast cerebrospinal fluid flow imaging.

Results. The clinical applications and limitations of major diagnostic approaches were systematically evaluated. An original conceptual framework, PED-CSF-DIAG, was developed to integrate clinical stability, longitudinal ventricular measurements, anatomical obstruction, secondary brain injury, and treatment-related factors.

Conclusion. Accurate diagnosis of pediatric cerebrospinal fluid dynamic disorders requires age-adapted integration of neurological examination, quantitative neurosonography, and targeted tomographic investigations. Longitudinal changes in ventricular size should be interpreted in conjunction with clinical manifestations, anatomical findings, and previous imaging.

Keywords: cerebrospinal fluid dynamics, pediatric hydrocephalus, ventriculomegaly, neurosonography, computed tomography, magnetic resonance imaging, ventricular index, intracranial hypertension, cerebrospinal fluid flow.

Введение. Ликвородинамические нарушения у детей относятся к числу наиболее сложных проблем детской неврологии и нейрохирургии вследствие разнообразия этиологических механизмов, возрастной специфики клинических проявлений и потенциального влияния на созревание центральной нервной системы. Цереброспинальная жидкость (ЦСЖ) участвует в поддержании внутричерепного гомеостаза, механической защите нервной ткани, распределении растворённых веществ и обеспечении обменных процессов. Нарушение её нормальной циркуляции и резорбции может сопровождаться расширением желудочковой системы, изменением механических свойств мозговой ткани и развитием вторичных неврологических осложнений. Современные представления рассматривают гидроцефалию не только как результат механической блокады ликворных путей, но и как патологию сложной системы ликворного, интерстициального и сосудистого обмена [1, 2, 3]. Важнейшим клиническим проявлением ликвородинамической патологии является гидроцефалия, которая характеризуется нарушением ликворного гомеостаза с патологическим увеличением объёма желудочковой системы. Однако понятия «гидроцефалия» и «вентрикуломегалия» не являются полностью синонимичными. Вентрикуломегалия представляет собой нейровизуализационный признак расширения мозговых желудочков и может наблюдаться как при активном нарушении ликвороциркуляции, так и при уменьшении объёма церебральной паренхимы [1, 29].

В детском возрасте клиническая картина заболевания существенно зависит от степени зрелости черепа, состояния родничков и швов, этиологии нарушения и скорости прогрессирования патологического процесса. У младенцев преобладают увеличение окружности головы, выбухание большого родничка, расхождение черепных швов, нарушения кормления и изменение поведения. У детей старшего возраста чаще наблюдаются головная боль, рвота, сонливость, нарушения зрения, координации и походки. Подобные возрастные различия отражены в современных критериях Американского колледжа

радиологии по диагностике гидроцефалии у детей [4]. Согласно рекомендациям Канадской ассоциации радиологов, выбор метода нейровизуализации должен определяться клинической стабильностью ребёнка, возрастом, диагностической задачей и доступностью исследования. У стабильных пациентов предпочтение обычно отдаётся магнитно-резонансной томографии, тогда как в экстренной ситуации при выраженном неврологическом ухудшении компьютерная томография может обеспечивать более быстрое выявление потенциально жизнеугрожающих изменений [5].

Нейросонография сохраняет особое значение у новорождённых и детей раннего грудного возраста благодаря возможности исследования через открытый большой родничок. Её основными преимуществами являются отсутствие ионизирующего излучения, доступность прикроватного обследования, возможность многократного мониторинга и количественного измерения желудочковой системы. Levene предложил ультразвуковой желудочковый индекс, обеспечивший основу объективной оценки размеров боковых желудочков у недоношенных детей [6]. Shackelford одним из первых подробно систематизировал возможности нейросонографии при гидроцефалии грудного возраста, включая выявление расширения желудочковой системы, оценку анатомических изменений и динамическое наблюдение за пациентами [7].

Современный обзор Liu и Nie подчёркивает значение количественных нейросонографических показателей при постгеморрагической вентрикулярной дилатации. Наиболее широко используются желудочковый индекс, ширина переднего рога бокового желудочка и таламо-затылочное расстояние [8]. Однако диагностическая надёжность ультразвуковых измерений зависит от квалификации специалиста и воспроизводимости методики. В исследовании Leijser и соавторов продемонстрированы различия межэкспертной согласованности отдельных желудочковых индексов. Более высокая воспроизводимость отмечалась для желудочкового индекса и ширины передних рогов при выполнении измерений подготовленными исследователями [9]. Особое место в структуре детской гидроцефалии занимает постгеморрагическая вентрикулярная дилатация у недоношенных новорождённых. После внутрижелудочкового кровоизлияния продукты распада крови, воспалительные изменения и механическая обструкция могут нарушать ликвороциркуляцию. El-Dib и соавторы подчёркивают, что у данной категории пациентов необходимо разграничивать первичное повреждение мозга, токсическое воздействие продуктов крови и вторичные последствия прогрессирующей вентрикуломегалии [10]. В исследовании Cizmeci и соавторов, проведённом в рамках программы ELVIS, показано значение времени вмешательства в зависимости от выраженности желудочковой дилатации. Авторы установили, что ранние количественные нейросонографические показатели могут иметь важное значение для предупреждения вторичного повреждения развивающегося головного мозга [11].

Последующее наблюдение участников исследования ELVIS позволило сопоставить ранние и поздние пороги вмешательства с результатами нейроразвития в возрасте двух лет. Эти данные подтвердили клиническую значимость динамического измерения желудочков, но одновременно продемонстрировали необходимость осторожной интерпретации различий между не скорректированным и скорректированным статистическим анализом [12]. Байесовский повторный анализ результатов ELVIS, опубликованный в 2026 году, дополнительно оценил вероятность неблагоприятных исходов при отсроченном вмешательстве. Полученные результаты усиливают аргументы в пользу своевременного мониторинга вентрикулярной дилатации, хотя основаны на повторном анализе ранее исследованной когорты, а не на независимом новом рандомизированном испытании [13].

Дополнительные перспективы связаны с объёмной ультразвуковой оценкой желудочковой системы. Benavente-Fernández и соавторы показали, что ультразвуковая оценка объёма желудочков может предоставлять информацию, дополняющую линейные измерения, при наблюдении за недоношенными детьми с постгеморрагической дилатацией [14]. Международные нейрохирургические рекомендации подчёркивают необходимость индивидуального выбора тактики лечения постгеморрагической гидроцефалии, поскольку

универсальные пороговые значения, основанные исключительно на массе тела, отдельных ликворных показателях или одном нейровизуализационном признаке, не обладают достаточной доказательной надёжностью [15].

В исследовании Keene и соавторов, опубликованном в 2026 году, рассмотрены возможности стандартизированного клинического маршрута раннего вмешательства при постгеморрагической вентрикулярной дилатации. Подобные программы подчёркивают важность согласованного взаимодействия неонатологов, неврологов, специалистов ультразвуковой диагностики и нейрохирургов [16]. У детей с установленными ликворошунтирующими системами диагностическая задача изменяется. При подозрении на дисфункцию шунта необходимо определить не только размеры желудочковой системы, но и наличие клинически значимого нарушения ликвороотведения. В сравнительном исследовании Boyle и соавторов быстрая магнитно-резонансная томография продемонстрировала диагностическую точность, сопоставимую с компьютерной томографией при определении шунтовой дисфункции по установленным исследователями критериям [17].

Развитие сокращённых МР-протоколов позволило уменьшать продолжительность обследования и в отдельных случаях избегать медикаментозной седации. Рекомендации Канадского общества педиатрической радиологии 2026 года рассматривают быструю МРТ как целевой метод для определённых клинических задач, включая наблюдение за гидроцефалией, однако не предлагают использовать её как универсальную замену полноценному МР-исследованию [18]. Важным ограничением остаётся возможность шунтовой дисфункции без значительного увеличения размеров желудочков. Reynolds и соавторы продемонстрировали, что у некоторых детей с подтверждённым нарушением работы шунта размеры желудочковой системы могут оставаться практически неизменными. Следовательно, отсутствие новой вентрикуломегалии не исключает клинически опасного нарушения ликвороотведения [19].

Дополнительную актуальность радиационно-сберегающим стратегиям придаёт необходимость многократных обследований пациентов с хронической гидроцефалией. В исследовании Pearce и соавторов была выявлена ассоциация кумулятивного облучения при компьютерной томографии в детском возрасте с увеличением риска отдельных злокачественных новообразований. Несмотря на относительно небольшой абсолютный риск, эти результаты поддерживают принцип обоснованного назначения лучевых исследований [20]. Современные МР-технологии позволяют оценивать не только анатомические характеристики желудочков, но и особенности движения цереброспинальной жидкости. Фазово-контрастная магнитно-резонансная томография (phase-contrast MRI, PC-MRI) обеспечивает количественную характеристику скоростных параметров пульсирующего ликворотока. Markenroth Bloch подчёркивает перспективность метода и одновременно его зависимость от технических параметров сканирования [21]. Sahoo и соавторы продемонстрировали возможность изучения возрастных изменений ликворного и венозного кровотока с помощью фазово-контрастной МРТ в реальном времени. Полученные результаты показывают необходимость учитывать возрастные физиологические особенности при интерпретации динамических ликворных показателей [22]. Анатомическая локализация ликворного блока имеет непосредственное значение для выбора лечения. В исследованиях Kulkarni и соавторов показано, что результативность эндоскопической вентрикулостомии дна третьего желудочка зависит от возраста ребёнка, этиологии гидроцефалии и наличия ранее установленного шунта [23, 24].

Согласно рекомендациям Конгресса неврологических хирургов, эндоскопическая вентрикулостомия и ликворошунтирующие операции представляют собой варианты лечения определённых форм детской гидроцефалии, однако выбор зависит от анатомии и клинической ситуации [25]. Особый диагностический интерес представляет врождённая вентрикуломегалия. Рекомендации Общества медицины матери и плода предусматривают обязательное уточнение сопутствующих структурных, генетических и инфекционных причин расширения желудочковой системы плода [26].

Katz и соавторы продемонстрировали дополнительную диагностическую информативность пренатальной магнитно-резонансной томографии в случаях вентрикуломегалии, первоначально выявленной ультразвуковым методом [27]. В систематическом обзоре Lewis и соавторов 2026 года подчёркивается, что пренатальная МРТ способна выявлять изменения, не обнаруженные при первоначальном ультразвуковом исследовании. Однако степень дополнительной информативности зависит от качества предшествующей нейросонографии, характеристик популяции и методологии исследований [28]. Li и Gao подчёркивают необходимость дифференцировать активную гидроцефалию и вентрикулярную дилатацию, обусловленную уменьшением объёма церебральной паренхимы. Данная проблема имеет особое значение у детей с последствиями гипоксически-ишемического, инфекционного и геморрагического поражения головного мозга [29]. В обзоре Agarwal и соавторов рассмотрены вопросы последующего наблюдения за детьми с пренатально установленной вентрикуломегалией. Авторы подчёркивают важность долгосрочной оценки неврологического и когнитивного развития независимо от необходимости нейрохирургического вмешательства [30].

Дальнейшее совершенствование динамической МР-диагностики связано с непосредственным измерением скорости движения жидкости в шунтирующих системах. Toliao и соавторы в 2026 году представили техническую стандартизацию фазово-контрастного измерения потока через различные катетеры. Однако данное направление требует дальнейшей клинической проверки [31].

Наблюдение за детьми с гидроцефалией должно также учитывать инфекционные осложнения ликворошунтирующих систем. Исследования сети Hydrocephalus Clinical Research Network показали значение стандартизации профилактических протоколов и необходимости раннего распознавания инфекции шунта [32, 33]. В современных многоцентровых исследованиях постгеморрагической вентрикулярной дилатации продолжают выявляться различия между центрами в сроках вмешательства и использовании количественных нейросонографических показателей. Это подтверждает необходимость унификации диагностических алгоритмов [34]. Наконец, исследования пренатальной вентрикуломегалии показывают, что выраженность расширения желудочков и наличие сопутствующих структурных нарушений имеют большее прогностическое значение, чем изолированное определение размеров желудочковой системы [35].

Материалы и методы. Настоящая работа выполнена в формате аналитического обзора научной литературы с разработкой авторской концептуальной модели диагностики ликвородинамических нарушений у детей. Информационную основу составили научные исследования, международные клинические рекомендации, систематические обзоры, проспективные и ретроспективные когортные исследования, посвящённые детской гидроцефалии, постгеморрагической вентрикулярной дилатации, нейросонографии и томографическим методам оценки ликворной системы.

Диагностические характеристики анализировались отдельно для новорождённых, грудных детей и пациентов старшего детского возраста. В неонатальной группе основное внимание уделялось нейросонографическому мониторингу, постгеморрагической вентрикулярной дилатации и врождённым анатомическим нарушениям ликвороциркуляции. У детей более старшего возраста рассматривались клинические проявления внутричерепной гипертензии, выявление обструктивных процессов и диагностические подходы при подозрении на дисфункцию ликворошунтирующих систем. Проводилось качественное сопоставление клинических симптомов, структурных нейровизуализационных показателей, количественных желудочковых индексов и характеристик ликворотока. При оценке нейросонографии учитывались желудочковый индекс Левене, ширина передних рогов, таламо-затылочное расстояние и возможности динамического объёмного измерения желудочков. При анализе компьютерной и магнитно-резонансной томографии рассматривались размеры и конфигурация желудочковой системы, топография ликворного блока, состояние пери-вентрикулярной ткани, сопутствующие церебральные аномалии и признаки осложнений. Отдельно изучались диагностические возможности быстрой МРТ,

трёхмерных T2-взвешенных последовательностей и фазово-контрастной оценки движения ЦСЖ. На основании полученных данных разработана авторская концептуальная модель PED-CSF-DIAG — Pediatric Cerebrospinal Fluid Diagnostic Integration Algorithm. Модель представляет собой последовательность клинических решений, основанную на установлении диагностической срочности, определении возраста пациента, выборе наиболее информативного метода визуализации и оценке согласованности клинических и инструментальных данных. Работа имеет повествовательный аналитический характер. Формальная процедура систематического обзора по методологии PRISMA, независимый метаанализ и самостоятельная оценка статистической диагностической точности не выполнялись. Собственная клиническая выборка отсутствовала. Числовые данные из опубликованных исследований приводятся отдельно от авторских аналитических таблиц.

Результаты

Возрастные особенности клинических проявлений ликвородинамических нарушений. Сравнительный анализ литературных данных свидетельствует о принципиальных различиях между клиническими проявлениями гидроцефалии у новорождённых, грудных детей и пациентов старшего возраста. У новорождённых и младенцев черепные швы и роднички сохраняют определённую податливость, вследствие чего прогрессирующее увеличение объёма ЦСЖ может первоначально сопровождаться увеличением окружности головы без выраженных проявлений острой внутричерепной гипертензии. При осмотре могут выявляться ускоренный прирост окружности головы, выбухание большого родничка, расхождение черепных швов, расширение венозного рисунка кожи головы, изменение положения глазных яблок, нарушения кормления и повышенная раздражительность. Вместе с тем отсутствие указанных признаков не позволяет исключить прогрессирующую вентрикулярную дилатацию, особенно у глубоко недоношенных детей. У пациентов старшего возраста уменьшение податливости черепа приводит к более типичному развитию синдрома внутричерепной гипертензии. В клинической картине могут преобладать головная боль, рвота, сонливость, нарушения зрения, диплопия, снижение школьной успеваемости, изменения походки и координации.

При быстро прогрессирующей окклюзии ликворных путей возможно развитие острой внутричерепной гипертензии с угнетением сознания.

Особого внимания требуют дети с ранее имплантированными шунтами. У них новое появление головной боли, повторной рвоты, сонливости или других признаков ухудшения требует оценки функции ликвороотводящей системы даже при отсутствии заметного увеличения желудочков на нейровизуализации.

Таблица 1. Сравнительная характеристика клинических проявлений ликвородинамических расстройств в различных возрастных группах

Клинический признак	**Новорождённые**	**Грудные дети**	**Дети старшего возраста**
Ускоренный рост окружности головы	Возможен, особенно при прогрессировании	Один из важных признаков	Обычно менее информативен
Выбухание родничка	Возможное проявление	Возможное проявление при открытом родничке	Обычно неприменимо
Нарушения кормления	Частые неспецифические проявления	Возможны	Менее характерны
Раздражительность	Возможна	Возможна	Может проявляться изменением поведения
Головная боль	Не может быть вербализована	Оценивается косвенно	Важный клинический симптом

Рвота	Возможна, неспецифична	Возможна	В сочетании с неврологическими симптомами требует исключения внутричерепной гипертензии
Нарушения зрения	Оцениваются по косвенным признакам	Возможны	Возможны диплопия, снижение зрения, отёк дисков зрительных нервов
Угнетение сознания	Признак тяжёлого состояния	Признак тяжёлого состояния	Признак потенциально критической внутричерепной патологии
Нарушения походки	Неприменимо	Зависит от моторного развития	Возможны
Регресс развития	Возможен	Важный дополнительный признак	Возможны когнитивные и поведенческие изменения

Нейросонографические критерии вентрикулярной дилатации. Нейросонография позволяет оценивать конфигурацию боковых и третьего желудочков, выявлять внутрижелудочковые кровоизлияния, отдельные структурные аномалии и динамику желудочковой дилатации. При исследовании постгеморрагической вентрикулярной дилатации важнейшими количественными показателями являются желудочковый индекс, ширина переднего рога и таламо-затылочное расстояние. Желудочковый индекс Левене определяется как расстояние от серпа большого мозга до латеральной стенки переднего рога бокового желудочка на соответствующем корональном срезе. Ширина переднего рога отражает степень его расширения и может характеризовать изменение конфигурации желудочковой системы. Таламо-затылочное расстояние позволяет количественно оценивать расширение задних отделов бокового желудочка, которое не всегда полностью отражается показателями передних рогов. При выполнении серийных исследований большое значение имеют одинаковое положение датчика, воспроизводимость анатомического среза и единообразная методика измерения. Для недоношенных детей показатели должны оцениваться с учётом постменструального возраста и соответствующих нормативных центильных кривых.

Таблица 2. Основные количественные нейросонографические показатели при вентрикулярной дилатации

Показатель	**Анатомическое определение**	**Диагностическое значение**	**Основное ограничение**
Желудочковый индекс Левене (VI)	Расстояние от серпа большого мозга до латеральной стенки переднего рога	Динамическая оценка дилатации	Требует возрастных нормативов и стандартизированного среза
Ширина переднего рога (AHW)	Максимальная ширина переднего рога в установленной плоскости	Выявление расширения передних отделов	Зависит от техники измерения

Таламо-затылочное расстояние (TOD)	Размер заднего отдела бокового желудочка в парасагиттальной плоскости	Оценка дилатации затылочных отделов	Может изменяться не синхронно с передними отделами
Фронто-окципитальное отношение (FOR)	Отношение суммы соответствующих размеров рогов к поперечному размеру черепа	Дополнительная количественная характеристика размеров желудочков	Не является самостоятельным индикатором внутричерепного давления
Объём желудочковой системы	Трёхмерное измерение желудочковых полостей	Перспективная оценка прогрессирования	Требует специальной обработки и стандартизации
Допплерографический индекс резистентности	Отношение разности систолической и конечной диастолической скоростей к систолической скорости	Вспомогательная характеристика церебральной гемодинамики	Неспецифичен в отношении внутричерепного давления

Примечание. VI — ventricular index; AHW — anterior horn width; TOD — thalamo-occipital distance; FOR — frontal-occipital horn ratio. Интерпретация проводится по возрастным нормативам и динамике исследований.

Сопоставление нейросонографии и томографии. Ключевое различие между нейросонографией, компьютерной томографией и магнитно-резонансной томографией заключается не только в разрешающей способности, но и в характере диагностической информации. Нейросонография является удобным методом динамического наблюдения за желудочковой системой через открытый родничок. Компьютерная томография обеспечивает быструю оценку размеров желудочков, внутричерепных кровоизлияний и грубых структурных изменений. Её преимущества особенно важны при критическом состоянии пациента и необходимости немедленного принятия решения. Магнитно-резонансная томография позволяет детально оценивать структуры задней черепной ямки, водопровод мозга, отверстия желудочковой системы, состояние белого вещества и возможные причины обструкции. При необходимости уточнения характера ликворного блока могут применяться тонкосрезовые трёхмерные T2-взвешенные последовательности и фазово-контрастное исследование ликворотока. Быстрая МРТ имеет преимущество при многократном наблюдении за уже известной гидроцефалией, однако не всегда обеспечивает достаточную информацию для первичной этиологической диагностики.

Таблица 3. Сравнительная диагностическая характеристика нейросонографии, КТ и МРТ

Критерий	**Нейросонография**	**Компьютерная томография**	**Стандартная МРТ**	**Быстрая МРТ**
Ионизирующее излучение	Отсутствует	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Основная возрастная группа	Преимущественно младенцы с открытым родничком	Все возрастные группы по показаниям	Все возрастные группы	Преимущественно дети, подходящие для короткого исследования

Доступность прикроватно	Высокая	Обычно отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Измерение размеров желудочков	Хорошая возможность	Хорошая возможность	Хорошая возможность	Хорошая при соответствующем протоколе
Определение причины обструкции	Ограниченное	Умеренное	Высокая информативность	Ограниченная по сравнению с полной МРТ
Оценка задней черепной ямки	Ограниченная	Возможна, но имеются ограничения	Высокая	Зависит от протокола
Оценка мозговой паренхимы	Ограниченная	Умеренная	Высокая	Ограниченная
Оценка ликворотока	В основном косвенная	Не является стандартной задачей	Возможна при специальных последовательностях	Обычно не предусмотрена
Динамическое наблюдение	Особенно удобно	Ограничивается необходимостью обоснования лучевой нагрузки	Информативно	Удобно при целевых задачах
Главное ограничение	Возрастное акустическое окно	Радиационная нагрузка	Продолжительность, доступность и возможная седация	Снижение полноты анатомической информации

Томографические признаки обструктивных ликвородинамических нарушений. При подозрении на окклюзионную гидроцефалию диагностическая задача состоит в установлении локализации препятствия ликвороциркуляции и оценке вторичных изменений желудочковой системы. Стеноз водопровода среднего мозга может сопровождаться преимущественным расширением боковых и третьего желудочков при относительно сохранённых размерах четвёртого желудочка. Обструкция выходных отверстий четвёртого желудочка, объёмные образования задней черепной ямки и врождённые аномалии могут формировать иные варианты расширения желудочковой системы. Важными дополнительными признаками являются изменение конфигурации дна третьего желудочка, перивентрикулярные изменения сигнала, деформация смежных структур и наличие анатомических препятствий ликворотоку. Перивентрикулярная гиперинтенсивность на T2/FLAIR-последовательностях может отражать повышенное содержание жидкости и нарушения трансэндимиального обмена. Однако у недоношенных детей аналогичные изменения способны возникать вследствие незрелости и повреждения белого вещества. Следовательно, интерпретация перивентрикулярного сигнала должна учитывать возраст, анамнез и сопутствующие патологические изменения.

Дифференциальная диагностика гидроцефалии и вентрикуломегалии без активной ликворной обструкции. Не всякое расширение мозговых желудочков сопровождается патологическим увеличением внутричерепного давления. При выраженной потере церебральной паренхимы расширение желудочковой системы может происходить по компенсаторному механизму, известному как вентрикуломегалия ex vacuo. Подобные изменения встречаются у детей после тяжёлого гипоксически-ишемического повреждения, обширных церебральных инфарктов, воспалительных заболеваний и при отдельных

нарушениях формирования головного мозга. Дополнительную дифференциальную задачу представляет доброкачественное расширение наружных субарахноидальных пространств грудного возраста, которое может сопровождаться макроцефалией без признаков прогрессирующей внутренней гидроцефалии. Для разграничения этих состояний необходимо учитывать соотношение размеров желудочков, объёма мозговой паренхимы, ширины субарахноидальных пространств и клинической динамики.

Таблица 4. Дифференциальная диагностика основных вариантов расширения желудочковой системы

Состояние	**Клинические особенности**	**Нейросонографические признаки**	**Томографические признаки**
Прогрессирующая гидроцефалия	Возрастно-зависимые признаки нарушения ликвороциркуляции	Увеличение желудочковых индексов в динамике	Прогрессирующая дилатация, возможные признаки обструкции и вторичного тканевого воздействия
Постгеморрагическая вентрикулярная дилатация	Часто возникает после внутрижелудочкового кровоизлияния у недоношенных	Прогрессирование VI, AHW, TOD	Расширение желудочков, последствия кровоизлияния и возможное повреждение белого вещества
Обструктивная гидроцефалия	Возможное быстрое развитие внутричерепной гипертензии	Дилатация соответствующих отделов системы	Анатомическое препятствие, характерный уровень расширения
Вентрикуломегалия ex vacuo	Зависит от причины утраты мозговой ткани	Расширение желудочков, сопутствующие изменения паренхимы	Снижение объёма ткани, возможное расширение борозд и ликворных пространств
Доброкачественное расширение субарахноидальных пространств	Часто макроцефалия без выраженного неврологического дефицита	Увеличение наружных ликворных пространств	Преимущественное наружное расширение ликворных пространств
Дисфункция шунта	Новые или прогрессирующие неврологические симптомы	Размеры желудочков могут изменяться или оставаться прежними	Увеличение желудочков возможно, но не обязательно

Результаты опубликованных исследований диагностической и прогностической информативности. Сопоставление опубликованных данных демонстрирует различия между диагностической точностью методов, их воспроизводимостью и способностью прогнозировать клинические исходы. В исследовании Boyle и соавторов, включавшем 698 обращений в отделение экстренной помощи, точность быстрой МРТ и КТ при установленном исследователями определении шунтовой дисфункции составила соответственно 81,8% и

82,4%. В исследовании Leijser и соавторов межэкспертная согласованность желудочковых индексов различалась в зависимости от квалификации исследователя и типа измерения. Наиболее воспроизводимыми среди опытных специалистов оказались желудочковый индекс и ширина передних рогов. В исследовании ELVIS двухлетний комбинированный неблагоприятный исход был зарегистрирован у 35% детей в группе более раннего вмешательства и у 51% в группе позднего вмешательства. При этом не скорректированное различие не достигало общепринятого уровня статистической значимости. В последующем байесовском анализе той же исследованной популяции была получена высокая апостериорная вероятность неблагоприятного эффекта отсрочки вмешательства.

Таблица 5. Сравнение ключевых результатов опубликованных исследований

Исследование	Дизайн и выборка	Основная оценка	Ключевой результат
Boyle и соавт., 2014	698 обращений, 286 пациентов	Быстрая МРТ против КТ при подозрении на дисфункцию шунта	Точность 81,8% против 82,4%
Leijser и соавт., 2021	139 недоношенных детей	Воспроизводимость ультразвуковых индексов	Надёжность VI и AHW повышалась при достаточном опыте исследователя
Cizmeci и соавт., 2020	126 рандомизированных детей, исходы доступны у 113	Ранний и поздний пороги вмешательства при PHVD	Неблагоприятный исход 35% против 51%; нескорректированное p=0,07
Cizmeci и соавт., 2026	Повторный анализ 126 участников ELVIS	Байесовская оценка раннего и позднего вмешательства	Вероятность вреда при отсрочке 91,1–99,7% в зависимости от априорной модели
Benavente-Fernández и соавт., 2023	59 детей, анализ серийных ультразвуковых исследований	Объёмная оценка желудочков	Выявлена связь объёмных характеристик с последующей потребностью в шунтировании
Toliao и соавт., 2026	Техническое исследование нескольких МР-систем	Измерение потока через шунтовые катетеры	Показана техническая воспроизводимость после коррекции систематических ошибок

Авторская модель PED-CSF-DIAG. На основании анализа диагностических возможностей разработана концептуальная модель PED-CSF-DIAG, предусматривающая последовательную оценку клинических, нейросонографических и томографических параметров. Первым этапом является определение клинической срочности. При прогрессирующем угнетении сознания, выраженных признаках внутричерепной гипертензии или подозрении на острую обструкцию ликворных путей необходима неотложная нейрохирургическая оценка с оперативным выбором доступного метода визуализации. Второй этап включает возрастную стратификацию. При открытом родничке количественная нейросонография позволяет выполнять повторные измерения без лучевой нагрузки. У детей старшего возраста основное место занимает томографическая диагностика. Третий этап предусматривает установление характера желудочковой дилатации, включая её прогрессирование, асимметрию и связь с состоянием церебральной паренхимы. Четвёртый этап направлен на выявление анатомической причины

ликвородинамического нарушения. Пятый этап предусматривает определение необходимости дополнительной динамической оценки ликворотока, особенно при планировании эндоскопического лечения. Шестой этап основан на повторном сопоставлении клинических и инструментальных данных с учётом результатов предыдущих обследований и проводимого лечения.

Таблица 6. Авторская концептуальная модель PED-CSF-DIAG

Диагностический этап	**Основной вопрос**	**Предпочтительное направление оценки**
Клиническая срочность	Имеются ли признаки жизнеугрожающего нарушения ликвороциркуляции?	Неотложный осмотр и визуализация без задержки специализированной помощи
Возрастная характеристика	Возможно ли информативное исследование через родничок?	Нейросонография либо томографический метод
Количественная оценка	Прогрессирует ли расширение желудочковой системы?	Серийные VI, AHW, TOD или сопоставимые томографические измерения
Анатомическая диагностика	Существует ли препятствие ликворотоку?	МРТ с оценкой водопровода, желудочковых отверстий и задней черепной ямки
Функциональная диагностика	Требуется ли уточнение характера движения ЦСЖ?	Специализированные МР-последовательности по показаниям
Дифференциальная оценка	Не является ли дилатация следствием утраты мозговой ткани?	Сопоставление желудочков, паренхимы и наружных ликворных пространств
Оценка лечения	Возможна ли дисфункция шунта или эндоскопической стомы?	Клиническая оценка, сравнение с исходной визуализацией, специализированные исследования
Длительное наблюдение	Сохраняется ли риск вторичных неврологических нарушений?	Неврологический осмотр, оценка развития и целевой контроль визуализации

Обсуждение. Проведённый аналитический обзор свидетельствует о том, что диагностическая оценка ликвородинамических расстройств в детском возрасте должна основываться на комплексной интерпретации клинических симптомов, морфометрических показателей желудочковой системы и анатомических характеристик ликворных путей. Современный обзор Kahle и соавторов рассматривает детскую гидроцефалию как патологию сложных механизмов цереброспинального и интерстициального обмена. Это означает, что расширение желудочковой системы не может во всех случаях объясняться исключительно механическим препятствием циркуляции ликвора [1]. В более ранней работе Kahle и соавторов подчёркивается разнообразие этиологических факторов гидроцефалии, включающих врождённые аномалии, кровоизлияния, инфекции и последствия других патологических процессов [2]. Rekate и Blitz также акцентируют внимание на необходимости разграничения обструктивной и сообщающейся гидроцефалии, поскольку различия патогенеза непосредственно влияют на лечебную стратегию [3]. Важным достижением современной диагностической практики стало формирование возрастно-ориентированных рекомендаций по нейровизуализации. В критериях ACR 2026 года подчёркивается преимущество МРТ при плановом обследовании стабильных пациентов и значение КТ при необходимости срочной диагностики [4]. Рекомендации Канадской ассоциации радиологов дополнительно уточняют роль нейросонографии у младенцев, а также необходимость

рационального использования сокращённых МР-протоколов при наблюдении за уже известными ликвородинамическими нарушениями [5]. Фундаментальная работа Levene установила методологические основы количественной нейросонографии. Использование центильных значений желудочкового индекса позволило перейти от исключительно визуальной оценки дилатации к стандартизированным измерениям [6]. Shackelford продемонстрировал преимущества ультразвукового исследования через родничок для диагностики и последующего наблюдения за гидроцефалией грудного возраста [7]. Современный обзор Liu и Nie подтвердил значение сочетания желудочкового индекса, ширины переднего рога и таламо-затылочного расстояния. Их совместная оценка предоставляет более полную информацию о геометрии желудочковой системы, чем одно линейное измерение [8]. Leijser и соавторы подчеркнули, что диагностическая ценность нейросонографии зависит не только от выбора индекса, но и от воспроизводимости измерения. В исследовании 139 недоношенных детей более высокая межэкспертная согласованность наблюдалась при выполнении измерений опытными специалистами. Это указывает на необходимость стандартизации нейросонографических протоколов [9]. Особое значение количественная ультразвуковая диагностика имеет при постгеморрагической вентрикулярной дилатации. El-Dib и соавторы подчёркивают, что клинические признаки повышения внутричерепного давления у глубоко недоношенных детей могут появляться относительно поздно, вследствие чего ориентироваться исключительно на симптомы потенциально небезопасно [10]. В исследовании Cizmeci и соавторов была продемонстрирована связь более раннего вмешательства с меньшей выраженностью некоторых структурных изменений головного мозга по данным МРТ в эквивалентном доношенному сроке возрасте [11]. Последующее исследование двухлетних исходов показало неблагоприятный комбинированный результат у 35% детей в группе низкого порога вмешательства и 51% в группе высокого порога. Несмотря на отсутствие статистически значимого различия в нескорректированном анализе, после поправки на отдельные факторы была обнаружена ассоциация более раннего вмешательства с меньшей вероятностью неблагоприятного исхода [12]. Байесовский повторный анализ ELVIS в 2026 году подтвердил высокую апостериорную вероятность ухудшения прогноза при более позднем вмешательстве. Однако принципиально важно, что этот анализ использовал уже существующую рандомизированную когорту и не представлял собой независимое подтверждающее исследование [13]. Benavente-Fernández и соавторы показали перспективность трёхмерной ультразвуковой оценки объёма желудочковой системы. Подобный подход потенциально позволяет характеризовать пространственные изменения, которые не всегда полностью отражаются отдельными линейными индексами [14]. Согласно обновлённым рекомендациям Конгресса неврологических хирургов, выбор тактики постгеморрагической гидроцефалии должен учитывать индивидуальные клинические особенности. При этом доказательства не позволяют рекомендовать универсальный порог массы тела или единственный ликворный показатель для определения времени окончательного шунтирования [15].

Keene и соавторы в 2026 году рассмотрели значение стандартизированного маршрута раннего вмешательства при постгеморрагической вентрикулярной дилатации. Подобные организационные решения потенциально могут уменьшать вариабельность клинической практики, однако их влияние на отдалённые результаты требует дальнейшего изучения [16]. Существенное значение имеет рациональное использование томографических технологий. В исследовании Boyle и соавторов быстрая МРТ продемонстрировала диагностическую точность 81,8% по сравнению с 82,4% для КТ при исследовании предполагаемой дисфункции шунта. Важно учитывать, что исследование оценивало конкретную конечную точку и не доказывало равнозначность методов при выявлении всех возможных внутричерепных осложнений [17]. Рекомендации Gupta и соавторов по быстрой МРТ подчёркивают её значение как целевого радиационно-сберегающего метода. При этом сокращённые протоколы имеют ограничения по пространственному разрешению и диагностической полноте [18]. Особую клиническую проблему представляет дисфункция

шунта без изменения размеров желудочков. Reynolds и соавторы установили, что у определённой части детей при подтверждённом нарушении работы шунта желудочковая система остаётся практически неизменной. Следовательно, нормальная либо стабильная томографическая картина не должна служить единственным основанием для исключения опасного состояния [19]. Радиационная безопасность приобретает особое значение при многолетнем наблюдении детей с хронической гидроцефалией. Pearce и соавторы выявили дозозависимую ассоциацию лучевой нагрузки при КТ с риском отдельных злокачественных новообразований. Эти данные поддерживают необходимость использования МРТ и нейросонографии, когда они обеспечивают достаточную диагностическую информацию без задержки необходимой помощи [20]. Совершенствование магнитно-резонансных методов позволило перейти от исключительно морфологической оценки к характеристике движения цереброспинальной жидкости. Markenroth Bloch подробно описывает возможности фазово-контрастной МРТ и её технические ограничения, включая влияние параметров кодирования скорости и способов обработки изображений [21]. Sahoo и соавторы показали возрастные различия характеристик ликворного и венозного кровотока. Это обстоятельство подчёркивает необходимость учитывать возрастную физиологию при попытках интерпретировать количественные параметры движения ЦСЖ [22].

При этом фазово-контрастная МРТ отражает преимущественно движение жидкости в исследуемой плоскости и не является прямым измерением внутричерепного давления. Отсутствие или снижение регистрируемого потока не всегда достаточно для установления характера ликвородинамического нарушения без анатомической корреляции.

Результаты Kulkarni и соавторов подтверждают необходимость оценки возраста, этиологии и предшествующей истории шунтирования при планировании эндоскопической вентрикулостомии дна третьего желудочка [23]. Дальнейшая проверка шкалы прогнозирования успешности эндоскопической вентрикулостомии показала её определённую клиническую пригодность, но также выявила зависимость результатов от длительности наблюдения. Следовательно, прогнозирование лечения и диагностика текущей проходимости ликворных путей должны рассматриваться как разные задачи [24].

Международные рекомендации по хирургическому лечению детской гидроцефалии подтверждают возможность использования как шунтирующих операций, так и эндоскопических вмешательств у соответствующих пациентов [25]. В пренатальной диагностике вентрикуломегалии рекомендации Общества медицины матери и плода подчёркивают необходимость обследования на структурные, инфекционные и генетические причины. При этом диагностические пороговые значения ширины атриума бокового желудочка плода нельзя механически переносить на постнатальные нейросонографические измерения [26]. Katz и соавторы показали, что пренатальная МРТ может выявлять дополнительные аномалии центральной нервной системы после первоначального ультразвукового исследования. Однако величина дополнительной диагностической информативности зависит от характеристик направляемых пациентов и качества предыдущей визуализации [27]. В обзоре Lewis и соавторов 2026 года также показана неоднородность диагностических результатов пренатальной МРТ. Это подчёркивает необходимость стандартизированных протоколов ультразвукового обследования и независимой оценки дополнительных находок [28].

Особую проблему представляет разграничение активной гидроцефалии и компенсаторной вентрикуломегалии. Li и Gao подчёркивают, что отдельные морфометрические показатели, разработанные преимущественно для взрослых, не должны использоваться изолированно для диагностики детской гидроцефалии [29]. Agarwal и соавторы указывают на необходимость длительного неврологического наблюдения за детьми с пренатально установленной вентрикуломегалией. При этом прогноз определяется не только выраженностью расширения желудочков, но и сопутствующими аномалиями мозга [30]. В исследовании Toliao и соавторов продемонстрирована техническая возможность стандартизированного фазово-контрастного измерения потока через шунтовые катетеры с использованием различных МР-систем. Данный подход может стать

перспективным дополнением к традиционной оценке шунта, однако техническая точность метода не эквивалентна доказанной клинической точности диагностики всех вариантов его дисфункции [31]. Исследования Kestle и соавторов, а также Chu и соавторов подтверждают необходимость системного подхода к профилактике инфекционных осложнений шунтирующих операций. В диагностическом отношении важно учитывать, что инфекция шунта может сопровождаться неврологическими симптомами и нарушением ликвороотведения, не всегда имея типичную нейровизуализационную картину [32, 33]. В исследовании Bertens и соавторов 2026 года показано, что после внедрения национальных рекомендаций сохраняется вариабельность ведения постгеморрагической вентрикулярной дилатации. Это подтверждает актуальность единого количественного нейросонографического мониторинга и согласованных междисциплинарных решений [34]. Наблюдения Davutoglu и соавторов показывают, что при пренатальной вентрикуломегалии выраженность расширения желудочков и наличие сопутствующих структурных нарушений существенно влияют на клинический прогноз. Следовательно, оценка изолированного размера желудочковой системы не может заменять полноценную диагностику этиологических факторов [35]. В целом результаты анализа подтверждают, что нейросонография, КТ и МРТ обладают комплементарными диагностическими возможностями.

Нейросонография обеспечивает безопасный динамический мониторинг желудочковой системы у детей с доступным акустическим окном. Компьютерная томография сохраняет значение при необходимости срочной визуализации, а МРТ предоставляет более полную анатомическую информацию и может дополняться методами исследования ликворного движения. Основным ограничением всех методов остаётся отсутствие универсального морфометрического показателя, позволяющего самостоятельно определить внутричерепное давление, клиническую тяжесть и необходимость вмешательства. Поэтому клиническая интерпретация должна учитывать не только абсолютную величину желудочковых индексов, но и направление их изменения, возраст ребёнка, состояние мозговой паренхимы, историю заболевания и результаты предшествующего лечения. Предложенная авторская модель PED-CSF-DIAG направлена на объединение указанных параметров в единый организационный алгоритм. Особенностью модели является разграничение диагностической срочности, количественной оценки вентрикулярной дилатации, анатомического установления причины ликвородинамического нарушения и динамической оценки проведённого лечения. Вместе с тем PED-CSF-DIAG пока не является валидированным прогностическим инструментом. В настоящей работе отсутствует собственная клиническая когорта, вследствие чего невозможно рассчитывать чувствительность, специфичность, прогностическую ценность или влияние модели на результаты лечения.

Для последующей клинической проверки целесообразно провести проспективное многоцентровое исследование с отдельным анализом новорождённых с постгеморрагической вентрикулярной дилатацией, детей с впервые выявленной гидроцефалией и пациентов с ранее имплантированными ликворошунтирующими системами. Первичной конечной точкой такого исследования может стать согласованность раннего мультимодального диагностического заключения с окончательным клинико-нейрохирургическим диагнозом. Дополнительными конечными точками могут выступать время до установления диагноза, частота экстренных нейрохирургических вмешательств, частота пропущенной дисфункции шунта, динамика желудочковых индексов, общая лучевая нагрузка и функциональные исходы.

При оценке прогностической эффективности необходимо применять показатели чувствительности, специфичности, площади под характеристической кривой «чувствительность–специфичность», калибровки и межэкспертной согласованности. Особое значение должно уделяться внешней валидации модели, стандартизации нейросонографических измерений и контролю систематических ошибок, связанных с различиями возрастных групп и этиологических форм заболевания.

Заключение. Ликвородинамические нарушения в детском возрасте представляют собой гетерогенную группу патологических состояний, при которых клиническая симптоматика и нейровизуализационные изменения определяются возрастом ребёнка, этиологией заболевания, скоростью прогрессирования и особенностями внутричерепной адаптации. Клинические проявления гидроцефалии у новорождённых и детей грудного возраста отличаются от симптоматики пациентов старших возрастных групп, что требует возрастно-ориентированного диагностического подхода. Нейросонография является важным методом раннего выявления и динамического наблюдения за вентрикулярной дилатацией у детей с открытым родничком. Количественная оценка желудочкового индекса, ширины передних рогов и таламо-затылочного расстояния повышает объективность мониторинга, особенно при постгеморрагической вентрикулярной дилатации. Компьютерная томография сохраняет важное значение при необходимости срочной диагностики, тогда как магнитно-резонансная томография предоставляет наиболее полную информацию об анатомических причинах ликвородинамических нарушений и состоянии церебральной ткани. Быстрая МРТ представляет перспективный радиационно-сберегающий метод динамического наблюдения, однако не должна рассматриваться как полная замена стандартного МР-исследования. Фазово-контрастная МРТ и специализированные трёхмерные последовательности расширяют возможности изучения ликвороциркуляции и выявления анатомических препятствий. Принципиально важным является разграничение активной гидроцефалии и вентрикуломегалии, связанной с уменьшением объёма мозговой ткани. При подозрении на дисфункцию ликворошунтирующей системы отсутствие увеличения размеров желудочков не исключает клинически значимого нарушения ликвороотведения. Предложенная авторская модель PED-CSF-DIAG объединяет клинические, нейросонографические и томографические критерии в единую последовательность диагностических решений. Дальнейшая проспективная валидация модели необходима для оценки её диагностической точности, воспроизводимости и влияния на своевременность выявления ликвородинамических расстройств и результаты неврологического развития детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kahle K.T., Klinge P.M., Koschnitzky J.E., Kulkarni A.V., MacAulay N., Robinson S., Schiff S.J., Strahle J.M. Paediatric hydrocephalus. *Nature Reviews Disease Primers*. 2024;10:35. DOI: 10.1038/s41572-024-00519-9.
2. Kahle K.T., Kulkarni A.V., Limbrick D.D. Jr., Warf B.C. Hydrocephalus in children. *The Lancet*. 2016;387(10020):788–799. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60694-8.
3. Rekate H.L., Blitz A.M. Hydrocephalus in children. *Handbook of Clinical Neurology*. 2016;136:1261–1273. DOI: 10.1016/B978-0-444-53486-6.00064-8.
4. Jaimes C., Rispoli J.M., Jones J.Y., et al. ACR Appropriateness Criteria® Hydrocephalus-Child. *Journal of the American College of Radiology*. 2026;23(8):1738–1752. DOI: 10.1016/j.jacr.2026.03.007.
5. Hamel C., Avard B., Chow R., et al. Canadian Association of Radiologists Pediatric Imaging Referral Guideline. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2025;76(2). DOI: 10.1177/08465371241296820.
6. Levene M.I. Measurement of the growth of the lateral ventricles in preterm infants with real-time ultrasound. *Archives of Disease in Childhood*. 1981;56(12):900–904. DOI: 10.1136/adc.56.12.900.
7. Shackelford G.D. Neurosonography of hydrocephalus in infants. *Neuroradiology*. 1986;28(5–6):452–462. DOI: 10.1007/BF00344099.
8. Liu G., Nie C. Ultrasonic Diagnosis and Management of Posthemorrhagic Ventricular Dilatation in Premature Infants: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(24):7468. DOI: 10.3390/jcm11247468.
9. Leijser L.M., Scott J.N., Roychoudhury S., et al. Post-hemorrhagic ventricular dilatation: inter-observer reliability of ventricular size measurements in extremely preterm infants. *Pediatric Research*. 2021;90(2):403–410. DOI: 10.1038/s41390-020-01245-0.

10. El-Dib M., Limbrick D.D. Jr., Inder T., Whitelaw A., Kulkarni A.V., Warf B., Volpe J.J., de Vries L.S. Management of Post-hemorrhagic Ventricular Dilatation in the Preterm Infant. *The Journal of Pediatrics*. 2020;226:16–27.e3. DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.07.079.
11. Cizmeci M.N., Groenendaal F., Liem K.D., et al. Assessment of Brain Injury and Brain Volumes after Posthemorrhagic Ventricular Dilatation: A Nested Substudy of the Randomized Controlled ELVIS Trial. *The Journal of Pediatrics*. 2019;208:191–197.e2. DOI: 10.1016/j.jpeds.2018.12.062.
12. Cizmeci M.N., Groenendaal F., Liem K.D., et al. Randomized Controlled Early versus Late Ventricular Intervention Study in Posthemorrhagic Ventricular Dilatation: Outcome at 2 Years. *The Journal of Pediatrics*. 2020;226:28–35.e3. DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.08.014.
13. Cizmeci M.N., de Vries L.S., Whitelaw A., et al. Early versus Late Ventricular Intervention Study (ELVIS) in post-hemorrhagic ventricular dilatation: Bayesian reanalysis of brain injury and outcomes. *Pediatric Research*. Published online June 9, 2026. DOI: 10.1038/s41390-026-05172-4.
14. Benavente-Fernández I., Steggerda S.J., Liem K.D., Lubián-López S., de Vries L.S. Ultrasonographic Estimation of Ventricular Volume in Infants Born Preterm with Posthemorrhagic Ventricular Dilatation: A Nested Substudy of the Randomized Controlled Early Versus Late Ventricular Intervention Study (ELVIS) Trial. *The Journal of Pediatrics*. 2023;261:113578. DOI: 10.1016/j.jpeds.2023.113578.
15. Bauer D.F., Baird L.C., Klimo P., Mazzola C.A., Nikas D.C., Tamber M.S., Flannery A.M. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Treatment of Pediatric Hydrocephalus: Update of the 2014 Guidelines. *Neurosurgery*. 2020;87(6):1071–1075. DOI: 10.1093/neuros/nyaa434.
16. Keene J.C., Ostrander B., Hartman K., Franklin Carbaugh S., Kestle J.R.W. Implementing early posthemorrhagic ventricular dilation intervention in preterm neonates: does a standardized pathway improve outcomes? *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2026;38(2):153–163. DOI: 10.3171/2026.1.PEDS25574.
17. Boyle T.P., Paldino M.J., Kimia A.A., Fitz B.M., Madsen J.R., Monuteaux M.C., Nigrovic L.E. Comparison of Rapid Cranial MRI to CT for Ventricular Shunt Malfunction. *Pediatrics*. 2014;134(1)–e54. DOI: 10.1542/peds.2013-3739.
18. Gupta N., Rozovsky K., Hurrell C., et al. CAR/CanSPR Practice Guidelines: FAST MRI for Pediatric Neuroimaging. *Canadian Association of Radiologists Journal*. Published online June 12, 2026. DOI: 10.1177/08465371261455353.
19. Reynolds R.A., Ahluwalia R., Krishnan V., et al. Risk factors for unchanged ventricles during pediatric shunt malfunction. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2021;28(6):703–709. DOI: 10.3171/2021.6.PEDS2125.
20. Pearce M.S., Salotti J.A., Little M.P., et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *The Lancet*. 2012;380(9840):499–505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
21. Markenroth Bloch K. Quantifying CSF Flow with Phase Contrast Techniques. *Neuroimaging Clinics of North America*. 2025;35(2):239–249. DOI: 10.1016/j.nic.2024.12.006.
22. Sahoo P., Kollmeier J.M., Wenkel N., et al. CSF and venous blood flow from childhood to adulthood studied by real-time phase-contrast MRI. *Child's Nervous System*. 2024;40(5):1377–1388. DOI: 10.1007/s00381-024-06275-1.
23. Kulkarni A.V., Drake J.M., Mallucci C.L., Sgouros S., Roth J., Constantini S. Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of childhood hydrocephalus. *The Journal of Pediatrics*. 2009;155(2):254–259.e1. DOI: 10.1016/j.jpeds.2009.02.048.
24. Kulkarni A.V., Riva-Cambrin J., Browd S.R. Use of the ETV Success Score to explain the variation in reported endoscopic third ventriculostomy success rates among published case series of childhood hydrocephalus. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2011;7(2):143–146. DOI: 10.3171/2010.11.PEDS10296.
25. Congress of Neurological Surgeons. Pediatric Hydrocephalus Guidelines. Part 4: Cerebrospinal Fluid Shunt or Endoscopic Third Ventriculostomy for the Treatment of

Hydrocephalus in Children. Evidence-based guideline. URL: https://www.cns.org/guidelines/pediatric-hydrocephalus
26. Fox N.S., Monteagudo A., Kuller J.A., Craigo S., Norton M.E. Mild fetal ventriculomegaly: diagnosis, evaluation, and management. Society for Maternal-Fetal Medicine Consult Series #45. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018;219(1)–B9. DOI: 10.1016/j.ajog.2018.04.039.
27. Katz J.A., Chock V.Y., Davis A.S., et al. Utility of prenatal MRI in the evaluation and management of fetal ventriculomegaly. *Journal of Perinatology*. 2018;38:1444–1452. DOI: 10.1038/s41372-018-0208-6.
28. Lewis A., Badawi N., Hunt R., Tantsis E., Christie J., Dalrymple H. The Role of Fetal MRI in the Evaluation of Ventriculomegaly: A Scoping Review. *Children*. 2026;13(7):971. DOI: 10.3390/children13070971.
29. Li M., Gao G. Differential diagnosis of non-hydrocephalus ventricular dilation and hydrocephalus. *Frontiers in Neurology*. 2026;17:1834975. DOI: 10.3389/fneur.2026.1834975.
30. Agarwal S., Venkatesan C., Vollmer B., et al. Fetal Cerebral Ventriculomegaly: A Narrative Review and Practical Recommendations for Pediatric Neurologists. *Pediatric Neurology*. 2024;156:119–127. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2024.04.016.
31. Toliao J.M., Borzage M.T., González-Zacarías C., et al. Optimization of phase-contrast MRI shunt flow measurement across multiple scanners for the management of hydrocephalus. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. Published online October 30, 2026. DOI: 10.3171/2026.5.PEDS2683.
32. Kestle J.R.W., Holubkov R., Cochrane D., et al. A new Hydrocephalus Clinical Research Network protocol to reduce cerebrospinal fluid shunt infection. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2016;17(4):391–396.
33. Chu J., Jensen H., Holubkov R., et al. The Hydrocephalus Clinical Research Network quality improvement initiative: the role of antibiotic-impregnated catheters and vancomycin wound irrigation. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2022;29(6):711–718. DOI: 10.3171/2022.2.PEDS2214.
34. Bertens J.P.F., Woerdeman P.A., de Vries L.S., et al. Evaluation of nationwide variation in post-haemorrhagic ventricular dilatation management following national guideline implementation in the Netherlands. *Child's Nervous System*. 2026;42:375. DOI: 10.1007/s00381-026-07477-5.
35. Davutoglu E.A., et al. Clinical characteristics and perinatal outcome of fetuses with ventriculomegaly. *Archives of Gynecology and Obstetrics*. 2024;310(4):2065–2071. DOI: 10.1007/s00404-024-07599-8.