



Лекция / Lecture

Возможности магнитно-резонансной диагностики идиопатической нормотензивной гидроцефалии. Обзор научной литературы

Богомякова О.Б.[✉], Станкевич Ю.А., Тулупов А.А.

Международный томографический центр СО РАН, ул. Институтская, д. 3а, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, ул. Пирогова, д. 1, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация

Резюме

Среди пожилых пациентов социально значимой и пока не решенной проблемой современной медицины является нормотензивная гидроцефалия (НТГ), диагностика которой существенно осложняется схожестью клинических проявлений с нейродегенеративными и сосудистыми заболеваниями (сосудистая деменция, болезнь Альцгеймера, прогрессирующий надъядерный паралич).

Цель обзора. Представить нейрорадиологические маркеры, обычно ассоциирующиеся с нормотензивной гидроцефалией, а также современную шкалу оценки вероятности НТГ (Radscale), ее преимущества и недостатки. Данная шкала позволяет стандартизовать оценку радиологических признаков при подозрении на НТГ и может использоваться в качестве диагностического скринингового инструмента.

Ключевые слова: центральная нервная система, цереброспинальная жидкость, нормотензивная гидроцефалия, магнитно-резонансная томография

Для цитирования: Богомякова О.Б., Станкевич Ю.А., Тулупов А.А. Возможности магнитно-резонансной диагностики идиопатической нормотензивной гидроцефалии. Обзор научной литературы. *Сибнейро*. 2026;2(1):12–23. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.1.12-23>

Вклад авторов

Богомякова О.Б. – разработка концепции, создание черновика рукописи, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Станкевич Ю.А. – проведение исследования, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Тулупов А.А. – научное руководство, администрирование проекта.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено без привлечения финансовой поддержки.

Благодарности: Мы благодарим Министерство науки и высшего образования Российской Федерации за доступ к МРТ-оборудованию.

Использование ИИ. При написании статьи технологии искусственного интеллекта не использовались.

Доступность данных. Данные доступны по запросу к автору статьи, ответственному за переписку.

Поступила: 10.01.2026

Принята к печати: 12.02.2026

Опубликована: 15.03.2026

Magnetic resonance imaging for idiopathic normal-pressure hydrocephalus: A review of the scientific literature

Olga B. Bogomyakova[✉], Yuliya A. Stankevich, Andrey A. Tulupov

The Institute International Tomography Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya str., 3A, Novosibirsk, 630090, Russian Federation
Novosibirsk State University, Pirogova str., 1, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Abstract

Among elderly patients, normal pressure hydrocephalus (NPH) is a socially significant and as yet unresolved problem in modern medicine. Its diagnosis is significantly complicated by the similarity of its clinical manifestations to those of neurodegenerative and vascular diseases (vascular dementia, Alzheimer's disease, progressive supranuclear palsy).

The aim. To present the neuroradiological markers commonly associated with normal pressure hydrocephalus, as well as the current radiological scale for assessing the probability of NPH (Radscale), its advantages, and disadvantages. This scale allows for the standardization of the assessment of radiological signs when NPH is suspected and can be used as a diagnostic screening tool.

Keywords: central nervous system, cerebrospinal fluid, normal pressure hydrocephalus, magnetic resonance imaging

For citation: Bogomyakova O.B., Stankevich Yu.A., Tulupov A.A. Magnetic resonance imaging for idiopathic normal-pressure hydrocephalus: A review of the scientific literature. *Subneuro*. 2026; 2(1): 12–23. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.1.12-23>

Authors' contribution

Bogomyakova O.B. – conceptualization, writing – original draft, writing – review & editing.

Stankevich Yu.A. – investigation, writing – review & editing.

Tulupov A.A. – supervision, project administration.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure. The study was carried out without any financial support.

Acknowledgements. We thank the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for access to MRI equipment.

Use of AI. No AI technologies were used in the writing of this article.

Data availability. The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Received: 10.01.2026

Accepted: 12.02.2026

Published: 15.03.2026

Введение

Гидроцефалия является сложной системной патологией, характеризующейся увеличением объема цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) в интракраниальных ликворных пространствах с расширением желудочков головного мозга, которая может приводить к структурному повреждению головного мозга [1–3].

Различные формы гидроцефалии составляют немалый процент среди патологических состояний, сопровождающихся нарушениями ликвородинамики. По данным разных авторов, их распространенность варьирует от 100 до 350 случаев на 100 тыс. человек [4, 5]. Среди пожилых пациентов социально значимой и пока не решенной проблемой современной медицины является нормотензивная гидроцефалия (НТГ), диагностика которой существенно осложняется схожестью клинических проявлений с нейродегенеративными и сосудистыми заболеваниями, например, сосудистой деменцией, болезнью Альцгеймера, прогрессирующим надъядерным параличом. Процент встречаемости данной патологии в развитых странах у лиц старше 60 лет составляет от 0,5 до 1,5%, а в возрасте 70–80 лет – до 4%, увеличиваясь у лиц старше 80 лет до 6% [6–8]. Рядом исследований представлена возможность ее возникновения и в более раннем возрасте [9, 10], а также вероятность существенной гиподиагностики – вплоть до 80% [11, 12].

Данная форма гидроцефалии была впервые описана шведским нейрохирургом С. Хакимом в 1957 г., а термин «нормотензивная гидроцефалия» ввел в англоязычную литературу американский нейрохирург Р. Адамс в 1965 г. [13, 14]. Ее можно отнести к формам

сообщающейся (необструктивной) гидроцефалии, а исследования последних лет выделяют следующие типы [15–17]:

– первичная (идиопатическая) DESH/non-DESH;

– вторичная (как следствие субарахноидального кровоизлияния, черепно-мозговой травмы, менингита, проведенной химиотерапии, клиническая разновидность длительной открытой вентрикуломегалии у взрослых);

– семейные/врожденные формы.

Данная форма гидроцефалии характеризуется отсутствием нарушения тока ЦСЖ на уровне желудочков, нормальным или минимально повышенным внутричерепным давлением (60–240 мм вод. ст.). Однако не известно, сколько должно пройти времени до развития клинических симптомов.

Клинические проявления НТГ, представляющие наибольшую важность [18–24]:

1. Нарушение походки: уменьшение длины шага, высоты подъема ноги; замедление скорости ходьбы; неустойчивость походки; тенденция к падению назад; может присутствовать «магнитная» походка. Клинически данный симптом не сопровождается расстройством чувствительности, мозжечковой атаксией или гиперкинезами, зато характеризуется нарушением коркового анализа и синтеза информации от глубоких и вестибулярных рецепторов о положении тела и его частей в пространстве.

2. Деменция: у большинства – легкий или умеренный когнитивный дефицит; снижение скорости мыслительных процессов (брадифрения); апатия; амотивация; снижение критики; нарушение краткосрочной памяти; психомоторная заторможенность. Когнитивные нарушения чаще связаны с префронтальными структурами, что сближает НТГ

и лобно-теменную деменцию, и обычно касаются планирования действий и извлечения воспоминаний, хотя узнавание знакомых мест, лиц, образов интактно.

3. Недержание мочи: учащенное мочеиспускание, никтурия; позже – императивные позывы и недержание мочи, что связано с подкорково-лобным разобщением.

4. Полная триада Хакима – Адамса, сочетающая в себе все три клинических компонента.

Однако развитие заболевания в пожилом возрасте обуславливает неспецифичность клинической триады, когда нарушения когнитивных функций, походки и функции тазовых органов являются распространенными и мультифакторными. Таким образом, дифференциальный ряд при НТГ позволяет включить широкий круг заболеваний головного мозга нейродегенеративного и сосудистого характера [25, 26]. Важность выявления и правильной диагностики пациентов с НТГ обусловлена тем, что их самочувствие улучшается после выполнения вентрикулперитонеального шунтирования, по данным разных групп исследователей, в 70–80% случаев [27, 28].

Современные гипотезы патогенеза НТГ подразделяются на несколько основных течений [20, 27, 29–34]:

1. Нарушение ликвородинамики с дисбалансом между продукцией и абсорбцией ЦСЖ.

2. Нарушение мозгового кровотока, когда формируются ишемические изменения перивентрикулярного белого вещества.

3. Нарушение венозного оттока, когда происходит повышение давления в корковых венах и, соответственно, в верхнем сагиттальном синусе, что приводит к выравниванию градиента давления между субарахноидальным пространством и верхним сагиттальным синусом. Подобные изменения снижают резорбцию ЦСЖ, нарушают характер распространения пульсовой волны в паренхиме мозга со снижением ее пластичности [35].

4. Теория пульсационного стресса, когда расширение желудочков происходит из-за гипердинамической пульсации сосудов микроциркуляторного русла и снижения податливости мозговой паренхимы. Расширение желудочков головного мозга в этом случае связывают с динамическим нарушением пластичности мозговой ткани: ее способности увеличиваться в объеме пропорционально систолическому артериальному притоку, что компенсируется оттоком

венозной крови и перемещениями ЦСЖ на уровне большого затылочного отверстия. Повышение жесткости сосудистой стенки будет приводить к истощению податливости мозга [36], что, в свою очередь, будет ограничивать его способность к восстановлению формы и повышению чувствительности к механическому воздействию, а также может способствовать расширению желудочков [19, 37, 38].

5. Изменения в работе лимфатической системы, когда нарушаются обменные и метаболические процессы на фоне изменения эластичности стенок сосудов микроциркуляторного русла. Инверсия градиента давления между желудочками и перивентрикулярной областью приводит к ее отеком изменениям с повышением ригидности и застоем интерстициальной жидкости. В таких условиях нарушается трансэндимальный отток метаболитов в желудочки, увеличивается тканевое гидростатическое давление, что ухудшает фильтрацию плазмы через гематоэнцефалический барьер. Данные процессы усугубляют ишемию и нарушают деятельность лимфатической системы. В паренхиме накапливаются токсичные метаболиты, вызывающие повреждение нейронов и вазоспазм, и амилоид-бета – белок, накопление которого ассоциировано с болезнью Альцгеймера. По этой причине альцгеймеровская и НТГ-деменции зачастую проявляются сочетано, усиливая друг друга [20].

Анализ литературных источников свидетельствует о неполном понимании механизмов патогенеза и, вероятно, о неполном понимании изменения ликвородинамики и компенсаторных механизмов, характеризующих эту форму гидроцефалии, что затрудняет ее диагностику и выбор тактики ведения пациентов. На наш взгляд данная патология является многокомпонентной и включает несколько патогенетических факторов, усугубляющих друг друга.

Нейровизуализационные маркеры

При визуализации гидроцефалии основными маркерами обычно являются: увеличение размеров желудочков головного мозга; пролабирование дна III желудочка до или ниже диафрагмы турецкого седла; зоны гиперинтенсивности белого вещества по контуру боковых желудочков [39–42].

Однако вентрикуломегалия может развиваться в процессе возрастных изменений,

а также при нейродегенеративных процессах и церебральном сосудистом поражении, поэтому данный признак является неспецифическим, а чувствительность диагностики только на основании МР-картины составляет около 46% [43].

Для нормотензивной гидроцефалии неоднократно проводились исследования для определения томографических характеристик и их значимости.

Основным проявлением НТГ в первую очередь является увеличение боковых и третьего желудочков при отсутствии признаков обструкции потока ЦСЖ. Оценка желудочковой дилатации, как правило, проводится с измерением индекса Эванса, как отношение наибольшего поперечного расстояния между наружным контуром передних рогов боковых желудочков к максимальному поперечному внутреннему диаметру черепа в одном и том же поперечном срезе (Рисунок 1А). Величина индекса Эванса в норме находится в диапазоне от 0,24 до 0,30, а его увеличение более 0,3 указывает на патологическое увеличение желудочковой системы. Увеличение индекса более 0,42 считается выраженной гидроцефалией [12, 31, 44–46]. Несмотря на простоту измерений, данный показатель неспецифичен в отношении причины гидроцефалии. Исследование D. Jaraj и соавт. показало средний индекс чувствительности у пожилых людей в бессимптомной группе – 0,27 и 0,36 у пациентов с рентгенологическими признаками НТГ [47].

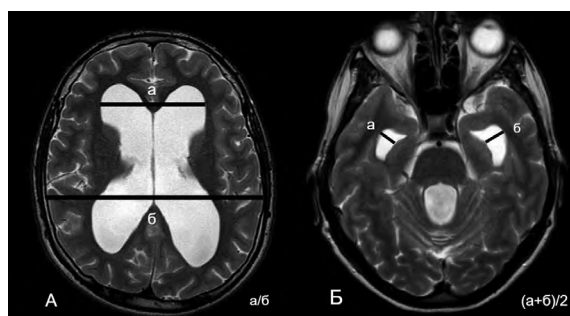


Рисунок 1. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии: А – измерение индекса Эванса (по шкале от 0 до 2); Б – измерение максимальной ширины височных рогов (по шкале от 0 до 2); а – наибольшая ширина передних рогов боковых желудочков; б – наибольший внутренний диаметр черепа (расстояние между внутренними пластинками костей свода черепа). Источник: составлено авторами

Figure 1. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus: А – measurement of the Evans index (on a scale from 0 to 2); Б – measurement of the maximum width of the temporal horns (on a scale from 0 to 2); а – the maximum width of the frontal horns of the lateral ventricles; б – the maximum internal diameter of the skull (the distance between the inner tables of the calvarial bones). Source: created by the authors

Расширение боковых желудочков при гидроцефалии сопровождается увеличением и округлением височных рогов. Однако лишь в исследованиях последних лет уделено внимание объективизации данного параметра (Рисунок 1Б). Согласно ROC-анализу, проведенному К. Коским и соавт., пороговое значение диаметра височного рога в 4 мм соответствовало чувствительности 0,92 и специфичности 0,78 для НТГ, минимизируя риск ложноотрицательных результатов. При 6 мм чувствительность составляла 0,32, а специфичность – 0,98, что максимизировало шансы выявления истинно положительных случаев [48].

Расширение желудочков, как правило, сопровождается наличием зон перивентрикулярного повышения сигнала от белого вещества (Рисунок 2), истончением и оттеснением мозолистого тела кверху с формированием острого мозолистого угла (Рисунок 3) [49, 50]. При НТГ расширение боковых желудочков в направлении оси Z вызывает сильное сжатие мозолистого тела, что приводит к его истончению и V-образной деформации. Причиной такой деформации может являться то, что мозолистое тело оттесняется кверху и деформируется жестким серпом, разделяющим полушария головного мозга [51]. Чувствительность данного параметра составляет 97%, специфичность – 88% для дифференциации пациентов с НТГ от пожилых пациентов с болезнью Альцгеймера [49].

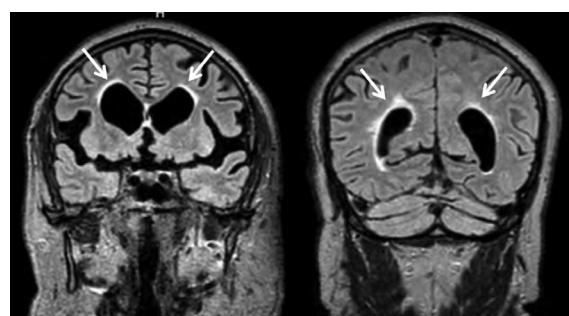


Рисунок 2. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии: перивентрикулярное повышение интенсивности сигнала от белого вещества за счет трансэпендимальной миграции ликвора (показано стрелками на рисунках). Источник: составлено авторами.

Figure 2. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus: periventricular increase in white matter signal intensity due to transependymal CSF migration (indicated with arrows). Source: created by the authors

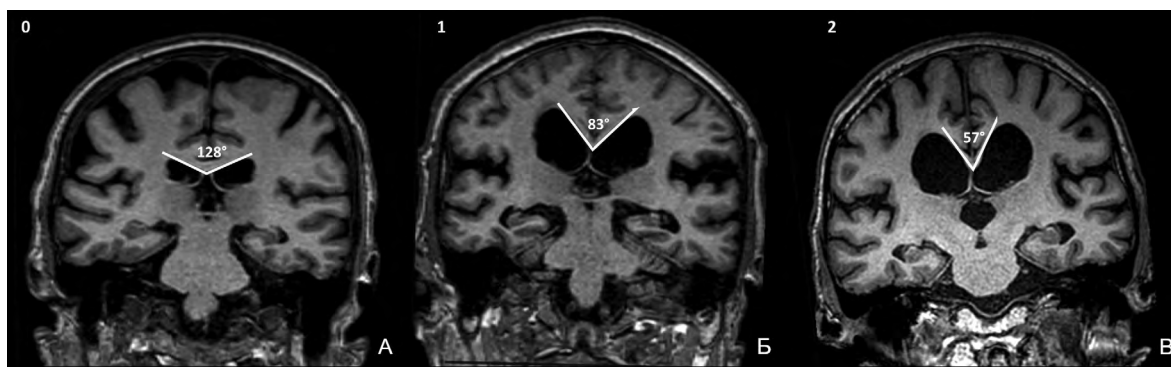


Рисунок 3. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии: измерение мозолистого угла по шкале от 0 до 2: А – здоровый доброволец пожилого возраста; Б, В – пациенты с НТГ. Источник: составлено авторами

Figure 3. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus: measurement of the callosal angle on a scale from 0 to 2: А – healthy elderly volunteer; В, С – patients with NPH. Source: created by the authors

В качестве одного из наиболее специфических магнитно-резонансных (МР) критериев НТГ, по данным ряда исследований [45, 51–53], в настоящее время является диспропорциональное увеличение субарахноидального пространства (DESH, disproportionally enlarged subarachnoid-space hydrocephalus; Рисунок 4). Оно характеризуется локальным расширением Сильвиевых (боковых) щелей с двух сторон при отсутствии расширения или суже-

нии остальных супратенториальных борозд [54]. Данная диспропорциональность расширения субарахноидального пространства на инфра- и супратенториальных уровнях оказалась очень характерной чертой для НТГ; чувствительность данного критерия составляет 71 %, специфичность – 97 %. Степень облитерации конвексительных/парафальцинарных борозд оценивается на аксиальных T1-взвешенных изображениях (ВИ). Признак считается положительным,

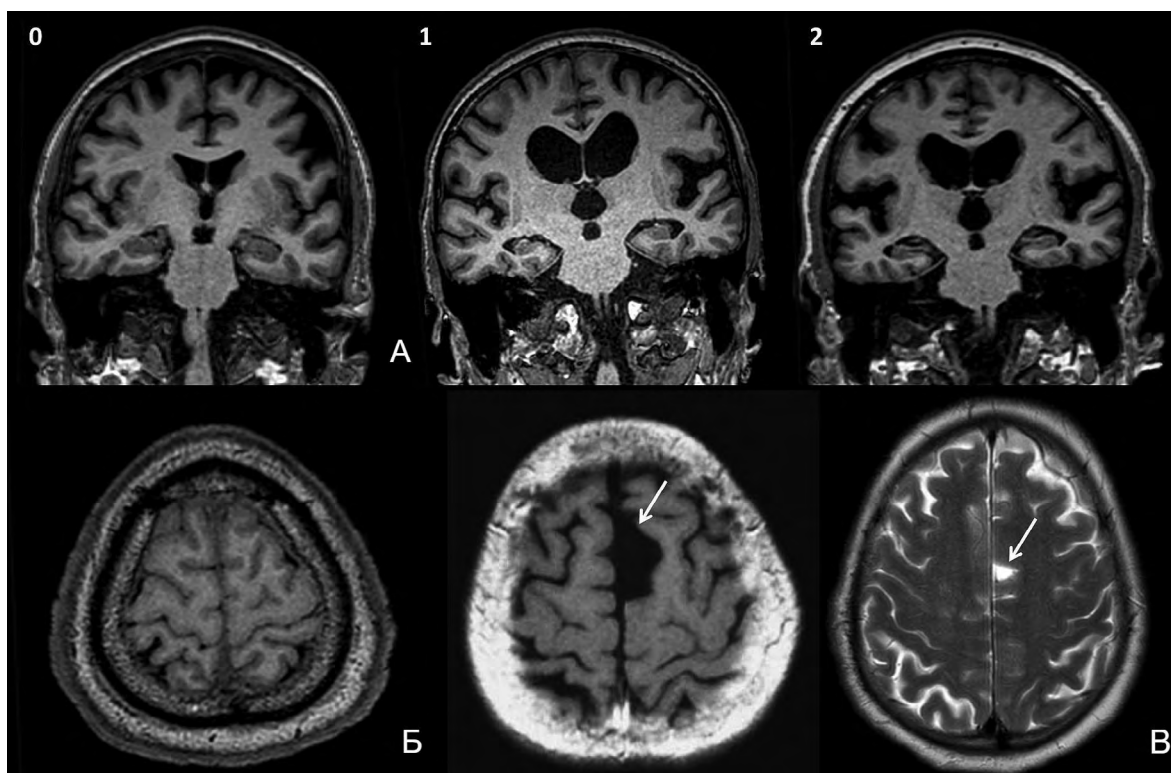


Рисунок 4. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии: А – ширина Сильвиевых щелей (по шкале от 0 до 2); Б – сужение/нивелирование борозд в теменной области; В – наличие фокального расширения конвексительных борозд. Источник: составлено авторами

Figure 4. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus: А – width of the Sylvian fissures (on a scale from 0 to 2); В – narrowing/leveling of the sulci in the parietal region; С – presence of focal widening of the convexital sulci. Source: created by the authors

если на 10 наиболее краниальных срезах не дифференцируется граница борозд [15, 51, 55]. Кроме того, оценивается наличие фокально расширенных конвекситальных борозд на фронтальных и аксиальных T1-ВИ. Признак считается положительным, если отсутствуют проявления диффузной кортикальной атрофии, расширение борозд асимметричное, а расширенные борозды не имеют связи с Сильвиевой щелью [48].

Дополнительно может оцениваться знак поясной борозды (Рисунок 5А). Признак считается положительным, если в сагиттальной плоскости передние отделы борозды шире задних. Разделителем между передней и задней частями служит линия, проведенная параллельно дну IV желудочка.

Еще один дополнительный критерий – очаговое выпячивание боковой части крыши боковых желудочков (Рисунок 5Б). Этот МР-признак описывается при НТГ в ряде работ [56, 57]. Оценка проводится в задней половине крыши желудочков в сагиттальной плоскости на срезе, включающем наиболее краниальные части желудочков. Выпячивание может быть вызвано пульсацией ЦСЖ в боковых желудочках в ослабленной спонгиозной эпендиме и отеочной перивентрикулярной паренхиме головного мозга, расположенной между перивентрикулярными венами. Однако неизвестна частота этого явления при других типах расширения желудочков, обструктивной гидроцефалии или у здоровых пожилых людей.

Накопленный опыт по нейровизуализации позволил группам исследователей предложить сборную шкалу для оценки вероятности НТГ [48, 55, 57–60] с использованием бальной оценки. Данная шкала разработана как инструмент скрининга для структурированной оценки радиологических признаков, включает обязательные и вспомогательные параметры [52, 61–64]. Предложенные параметры показали наиболее сильную корреляцию ($r = -0,55$; $p < 0,001$) с симптомами, чем каждый радиологический параметр в отдельности, и были объединены в общий балл по шкале Radscale для НТГ, варьирующий от 0 до 12. По данным исследований, оптимальный пороговый уровень для разделения лиц с подтвержденной НТГ от бессимптомных контрольных лиц составил 4, при этом чувствительность составила 100% (95%-й доверительный интервал (95% ДИ): 95,2–100), а специфичность – 96,4% (95% ДИ: 87,5–99,6), а баллы ≥ 8 указывают на высокую вероятность заболевания [65, 66].

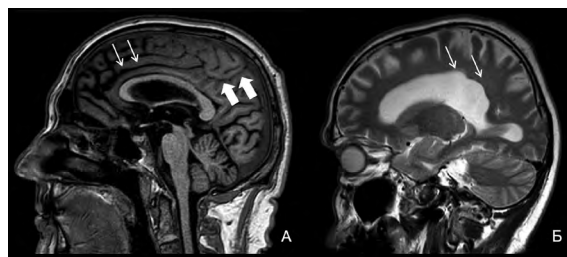


Рисунок 5. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии (дополнительные маркеры): А – знак поясной борозды; Б – очаговое выпячивание боковой части крыши боковых желудочков головного мозга. Источник: составлено авторами

Figure 5. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus (additional markers): A – cingulate groove sign; B – focal protrusion of the lateral part of the roof of the lateral ventricles of the brain. Source: created by the authors

Шкала оценки вероятности нормотензивной гидроцефалии (Radscale)

– Увеличение индекса Эванса: 0 баллов = $< 0,25$; 1 балл = $0,25-0,3$; 2 балла = $> 0,3$.

– Расширение височных рогов боковых желудочков, измеренное в аксиальной плоскости с получением усредненных значений левой и правой стороны: 0 баллов = < 4 мм; 1 балл = $4-6$ мм; 2 балла = > 6 мм.

– Перивентрикулярное повышение интенсивности сигнала от белого вещества за счет трансэпендимальной миграции ликвора: 0 баллов – норма (включая «тонкую, как карандаш, оболочку» вдоль стенки желудочка и небольшие «колпачки» вокруг лобных рогов); 1 балл – умеренное (присутствие перивентрикулярной гиперинтенсивности в виде «шапочек» и линейных зон); 2 балла – диффузная линейная перивентрикулярная гиперинтенсивность.

– Расширение Сильвиевых щелей: 0 баллов – норма/узкие; 1 балл – умеренное расширение; 2 балла – выраженное расширение. Оценка выполняется на коронарных изображениях, реконструированных на уровне центральной части ствола головного мозга и наклоненных вдоль ствола головного мозга.

– Сужение борозд: 0 баллов – норма; 1 балл – незначительное сдавление парафальцинарных/конвекситальных борозд; 2 балла – явное сдавление парафальцинарных/конвекситальных борозд в области макушки.

– Фокальное асимметричное расширение борозд: 0 баллов – нет; 1 балл – есть.

Суммарно DESH-гидроцефалия считается положительной, если одновременно при-

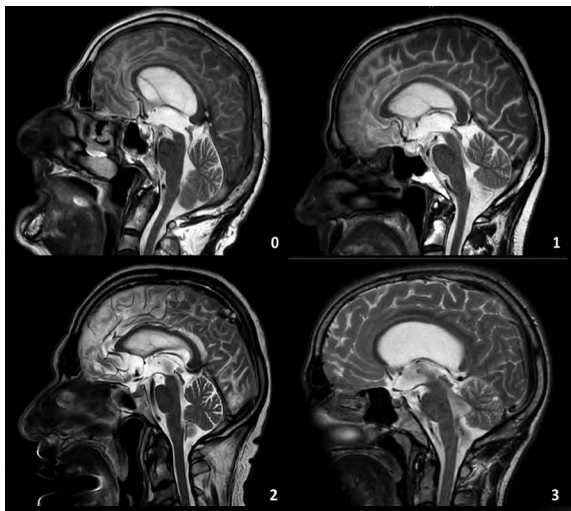


Рисунок 6. Оценка вероятности нормотензивной гидроцефалии (дополнительный маркер): симптом «потери сигнала» от ликвора в области III, IV желудочков, водопровода мозга (по шкале от 0 до 3). Источник: составлено авторами

Figure 6. Assessment of the probability of normal pressure hydrocephalus (additional marker): the symptom of “signal loss” from the cerebrospinal fluid in the region of the III, IV and IV ventricles, the cerebral aqueduct (on a scale from 0 to 3). Source: created by the authors

сутствует сужение конвексительных борозд и степень расширения Сильвиевых щелей ≥ 1 балла.

– Мозолистый угол, измеренный на уровне задней комиссуры во фронтальной плоскости, перпендикулярно плоскости передне-задней комиссуры, между медиальными верхними границами боковых желудочков: 0 баллов = $> 90^\circ$; 1 балл = $90-60^\circ$; 2 балла = $<60^\circ$.

Дополнительным признаком является симптом «потери сигнала» от ликвора в области III, IV желудочков, водопровода мозга [57] (Рисунок 6). Данный феномен оценивается с использованием порядковой шкалы в зависимости от степени снижения сигнала на T2-ВИ: 0 – отсутствие симптома; 1 – минимальный (отсутствие потока только в водопроводе мозга); 2 – умеренный (отсутствие потока в водопроводе, каудальных отделах третьего и верхней половине четвертого желудочка); 3 – выраженный (отсутствие потока, распространяющееся на каудальную часть четвертого желудочка).

Суммарное количество 8 баллов и более свидетельствует о высокой вероятности при наличии клиники; 5–7 баллов – о возможной НТГ, необходимости дополнительного исследования в зависимости от симптомов и сопутствующих заболеваний; менее 4 баллов – о маловероятном/сомнительном диагнозе НТГ.

Обсуждение

Данная шкала, с одной стороны, позволяет объективизировать оценку МР-изображений, однако широко обсуждается чувствительность и специфичность каждого из маркеров. Так, индекс Эванса является неспецифическим показателем, поскольку увеличивается у пациентов с различными видами гидроцефалии, а также у отдельных индивидуумов в когорте здоровых (около 10–15%) [49, 67].

Величина мозолистого угла активно обсуждается в литературе в качестве диагностического критерия НТГ [48, 57, 67, 68], однако крайне мало указаний о ценности данного параметра для дифференциальной диагностики пациентов с другими формами хронической сообщающейся гидроцефалии.

Симптом «потери сигнала» от ЦСЖ в области водопровода мозга и смежных отделах III и IV желудочков является распространенным показателем, однако в качестве отдельного критерия обладает низкой специфичностью. Данный параметр указывает на наличие гипердинамической пульсации ЦСЖ в просвете водопровода, что не всегда коррелирует с увеличением скоростных характеристик потока [69, 70].

Одной из гипотез непропорционального и локализованного расширения субарахноидального пространства (DESH) может являться повышенное сопротивление глимфатическому потоку, которое заставляет ЦСЖ следовать по путям наименьшего сопротивления, в том числе вокруг крупных лептоменингеальных артерий [71]. Данный показатель неоднократно обсуждался в литературе в качестве достоверного диагностического критерия НТГ, а также в качестве предиктора эффективности оперативного вмешательства [72, 73]. Однако частота его встречаемости различна, данные исследования противоречивы, и есть указание на формы идиопатической НТГ без наличия DESH, а также на отсутствие корреляции между данным показателем, пред- и послеоперационной клинической картиной [55, 59, 67]. Таким образом, данный показатель не может использоваться в качестве единственного обязательного диагностического критерия.

Шкала НТГ включает оценку наличия зон перивентрикулярного повышения сигнала у пациентов. Обсуждаются два основных механизма формирования таких зон: за счет наличия градиента давления и трансэндимального вытеснения ЦСЖ через стенку желудочка; формирование интерстициального

отека за счет вырабатываемой паренхимой ЦСЖ, которая не может попасть в желудочки из повышенного в них давления [38, 74]. С течением времени желудочки увеличиваются в размерах, чтобы приспособиться к возросшему внутрижелудочковому давлению, и градиент давления может уменьшиться, уменьшая степень интерстициального отека, вплоть до нормализации среднего внутрижелудочковому давлению. В этом случае гидроцефалию называют «компенсированной» или «остановленной». Именно поэтому трансэндимальная миграция ликвора практически не отмечается у компенсированных пациентов с вентрикуломегалией. Однако сложности интерпретации данного параметра заключаются в наличии у пожилых пациентов, сопутствующих сосудистых ишемических изменений глубокого белого вещества.

Таким образом, представленные нейровизуализационные маркеры являются неспецифическими по отдельности, но все вместе способствуют структурированной обобщенной оценке результатов визуализации и формированию единообразного диагностического подхода у рентгенологов и клиницистов.

На сегодняшний день основанные на данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) критерии диагностики данного состояния включены в японские и международные рекомендации и могут использоваться в качестве одного из стандартных диагностических подходов [51, 59, 75].

Нерешенные вопросы

Одним из таких вопросов остается определение прогностически значимых МРТ-критериев, поскольку данные исследований, оценивающих связь между МРТ-маркерами и послеоперационным улучшением, разнятся [55, 64, 76, 77]. Открытым остается вопрос

о возможности использования обобщенной шкалы НТГ для прогнозирования исхода хирургического вмешательства, особенно с учетом возраста, сопутствующих заболеваний и других прогностических факторов у пациентов [60, 78].

Кроме того, в будущих исследованиях следует оценить возможности использования шкалы для дифференциальной диагностики НТГ и других состояний, сопровождающихся нарушением походки и когнитивных функций, таких как болезнь Альцгеймера и прогрессирующий надъядерный паралич.

Для поиска дополнительных прогностически значимых маркеров целесообразно сосредоточиться на использовании методов расширенной МР-диагностики с использованием подходов, основанных на диффузии и перфузии, а также на комбинации методов МРТ и биохимических методов. В этой области необходимы дальнейшие исследования.

Заключение

Радиологическая шкала НТГ может стать ценным диагностическим инструментом, позволяющим проводить структурированную и объективную радиологическую оценку. Данная шкала может использоваться при МР-исследовании при подозрении на НТГ или при случайном обнаружении вентрикуломегалии, а также у пациентов с наличием клинической симптоматики компонентов триады Хакима – Адамса. Сочетание высокого балла по шкале и выраженных симптомов является весьма вероятным признаком НТГ.

Предложенный подход позволяет расширить возможности диагностики НТГ, однако, учитывая неспецифичность отдельных маркеров, подтверждение диагноза все-таки требует комплексного подхода с учетом клинических данных, нейровизуализации, лабораторных и инвазивных методов.

Литература / References

1. Agarwal A, Bathla G, Kanekar S. Imaging of communicating hydrocephalus. *Semin Ultrasound CT MRI*. 2016; 37(2): 100-108. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2016.02.007>
2. Solanki K, Singh J, Gupta T. Role of MRI in evaluation of hydrocephalus. *Eur Chem Bull*. 2023; 12: 1175-1183.
3. Bouzerar R, Ambarki K, Balédent O, Kongolo G, Picot JC, Meyer ME. Ventricular dilation as an instability of intracranial dynamics. *Physical Review E*. 2005; 72(5 Pt 1):051912. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.051912>
4. Martín-Láez R, Caballero-Arzapalo H, López-Menéndez LÁ, Arango-Lasprilla JC, Vázquez-Barquero A. Epidemiology of idiopathic normal pressure hydrocephalus: A systematic review of the literature. *World Neurosurg*. 2015; 84(6): 2002-2009. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.07.005>
5. Grahnke K, Jusue-Torres I, Szujewski C, Joyce C, Schneck M, Prabhu VC, et al. The quest for predicting sustained shunt response in normal-pressure hydrocephalus: An analysis of the callosal angle's utility. *World Neurosurg*. 2018; 115: e717-e722. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.04.150>
6. Klassen BT, Ahlskog JE. Normal pressure hydrocephalus: How often does the diagnosis hold water? *Neurology*. 2011; 77(12): 1119-1125. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31822f02f5>

7. Lemcke J, Stengel D, Stockhammer F, Güthoff C, Rohde V, Meier U. Nationwide incidence of normal pressure hydrocephalus (NPH) assessed by insurance claim data in Germany. *Open Neurol J.* 2016; 10: 15-24. <https://doi.org/10.2174/1874205X01610010015>
8. Das JM, Biagioni MC. *Normal pressure hydrocephalus.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
9. Williams H. A unifying hypothesis for hydrocephalus and the Chiari malformations part two: The hydrocephalus filling mechanism. *Med Hypotheses.* 2016; 94: 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2016.06.013>
10. Oliveira LM, Nitrini R, Román GC. Normal-pressure hydrocephalus: A critical review. *Dement Neuro-psychol.* 2019; 13(2): 133-143. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-020001>
11. Nikaido Y, Urakami H, Akisue T, Okada Y, Katsuta N, Kawami Y, et al. Associations among falls, gait variability, and balance function in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Clin Neurol Neuro-surg.* 2019; 183: 105385. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.105385>
12. Yamada S, Mase M. Cerebrospinal fluid production and absorption and ventricular enlargement mechanisms in hydrocephalus. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2023; 63(4): 141-151. <https://doi.org/10.2176/jns-nmc.2022-0331>
13. Hakim S, Venegas JG, Burton JD. The physics of the cranial cavity, hydrocephalus and normal pressure hydrocephalus: Mechanical interpretation and mathematical model. *Surg Neurol.* 1976; 5(3): 187-210.
14. Bradley WG. Normal pressure hydrocephalus: New concepts on etiology and diagnosis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000; 21(9): 1586-1590.
15. Nakajima M, Yamada S, Miyajima M, Ishii K, Kuriyama N, Kazui H, et al.; Research Committee of Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus. Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus (Third Edition): Endorsed by the Japanese Society of Normal Pressure Hydrocephalus. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2021; 61(2): 63-97. <https://doi.org/10.2176/nmc.st.2020-0292>
16. Greenberg ABW, Mehta NH, Mekbib KY, Kiziltug E, Smith HR, Hyman BT, et al. Cases of familial idiopathic normal pressure hydrocephalus implicate genetic factors in disease pathogenesis. *Cereb Cortex.* 2023; 33(23): 11400-11407. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhad374>
17. Relkin NR. Is normal pressure hydrocephalus a complex genetic disorder? *Neurology.* 2024; 103(5): e209784. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000209784>
18. Ghosh S, Lippa C. Diagnosis and prognosis in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Am J Alzheimers Dis Other Demen.* 2014; 29(7): 583-589. <https://doi.org/10.1177/1533317514523485>
19. Bradley WG Jr. Magnetic resonance imaging of normal pressure hydrocephalus. *Semin Ultrasound CT MR.* 2016; 37(2): 120-128. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2016.01.005>
20. Keong NC, Pena A, Price SJ, Czosnyka M, Czosnyka Z, Pickard JD. Imaging normal pressure hydrocephalus: Theories, techniques, and challenges. *Neurosurg Focus.* 2016; 41(3): E11. <https://doi.org/10.3171/2016.7.FOCUS16194>
21. Yin LK, Zheng JJ, Zhao L, Hao XZ, Zhang XX, Tian JQ, et al. Reversed aqueductal cerebrospinal fluid net flow in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017; 136(5): 434-439. <https://doi.org/10.1111/ane.12750>
22. Andersson J, Rosell M, Kockum K, Söderström L, Laurell K. Challenges in diagnosing normal pressure hydrocephalus: Evaluation of the diagnostic guidelines. *eNeurological Sci.* 2017; 7: 27-31. <https://doi.org/10.1016/j.ensci.2017.04.002>
23. Лобзин ВЮ, Ализаде МР, Лапина АВ, Лобзин СВ, Колмакова КА, Гаврилов ГВ, и др. Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия и болезнь Альцгеймера в клинической практике: коморбидность и дифференциация. *Медицинский алфавит.* 2020; (22): 36-43. [Lobzin VYu, Alizade MR, Lapina AV, Lobzin SV, Kolmakova KA, Gavrilov GV, et al. Idiopathic normal pressure hydrocephalus and Alzheimer's disease in clinical practice: comorbidity and differentiation. *Medical Alphabet.* 2020; (22): 36-43. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-22-36-43>
24. Tipton PW, Elder BD, Cogswell PM, Graff-Radford N. Normal pressure hydrocephalus, or Hakim syndrome: Review and update. *Neurol Neurochir Pol.* 2024; 58(1): 8-20. <https://doi.org/10.5603/pjnns.97343>
25. Кротенкова МВ, Кремнева ЕИ, Ахметзянов БМ, Добрынина ЛА. Изменение венозного кровотока при возраст-зависимой церебральной микроангиопатии по данным магнитно-резонансной томографии. *REJR.* 2020; 10(2): 61-70. [Krotenkova MV, Kremneva EI, Akhmetzyanov BM, Dobryni-na LA. Venous blood flow changes in age-related cerebral small vessel disease as assessed by MRI. *REJR.* 2020; 10(2): 61-70. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-2-61-70>
26. Менделевич ЕГ. Нормотензивная гидроцефалия и церебральная амилоидная ангиопатия: комбинация заболеваний или единство патогенеза? *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2020; 12(6): 104-109. [Mendelevich EG. Normal pressure hydrocephalus and cerebral amyloid angiopathy: A set of diseases or the unity of pathogenesis? *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2020; 12(6): 104-109. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2020-6-104-109>
27. Гаврилов ГВ, Станишевский АВ, Гайдар БВ, Свистов ДВ. Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия. Ретроспектива гипотез патогенеза и современные теории. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2020; 64(3): 146-155. [Gavrilov GV, Stanishevsky AV, Gaidar BV, Svistov DV. Idiopathic normal pressure hydrocephalus. Retrospective review of pathogenesis and modern theories. *Pathological Physiology and Experimental Therapy.* 2020; 64(3): 146-155. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25557/0031-2991.2020.03.146-155>
28. de Guilhem de Lataillade A, Boutoleau-Bretonnière C, Aguilar-Garcia J, Pallardy A, Bigot-Corbel E, Roualdes V, et al. Idiopathic normal pressure hydrocephalus and frontotemporal dementia: An un-

- expected association. *Brain Commun.* 2022; 4(6): fcac319. <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcac319>
29. Stoquart-ElSankari S, Balédent O, Gondry-Jouet C, Makki M, Godefroy O, Meyer ME. Aging effects on cerebral blood and cerebrospinal fluid flows. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2007; 27(9): 1563-1572. <https://doi.org/10.1038/sj.jcbfm.9600462>
 30. Maeda S, Otani T, Yamada S, Watanabe Y, Ilik SY, Wada S. Biomechanical effects of hyper-dynamic cerebrospinal fluid flow through the cerebral aqueduct in idiopathic normal pressure hydrocephalus patients. *J Biomech.* 2023; 156: 111671. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111671>
 31. Giorgio C, Marcello L, Enricomaria M, Concetta A, Antonello C, Antonino G, et al. Magnetic resonance imaging diagnosis in normal pressure hydrocephalus. *World Neurosurg.* 2024; 181: 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.10.110>
 32. Br G, Sharma PK, Polaka Y, S P, Natarajan P. The role of phase-contrast MRI in diagnosing cerebrospinal fluid flow abnormalities. *Cureus.* 2024; 16(3): e57114. <https://doi.org/10.7759/cureus.57114>
 33. Brutigam K, Vakis A, Tsitsipanis C. Pathogenesis of idiopathic normal pressure hydrocephalus: A review of knowledge. *J Clin Neurosci.* 2019; 61: 10-13. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.10.147>
 34. Aunan-Diop JS, Pedersen CB, Halle B, Jensen U, Munthe S, Harbo F, et al. Magnetic resonance elastography in normal pressure hydrocephalus – A scoping review. *Neurosurg Rev.* 2022; 45(2): 1157-1169. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01669-0>
 35. Kim DJ, Czosnyka Z, Kaspruwicz M, Smieleweski P, Baledent O, Guerguerian AM, et al. Continuous monitoring of the Monro-Kellie doctrine: Is it possible? *J Neurotrauma.* 2012; 29(7): 1354-1363. <https://doi.org/10.1089/neu.2011.2018>
 36. Qvarlander S, Ambarki K, Wåhlin A, Jacobsson J. Cerebrospinal fluid and blood flow patterns in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017; 135(5): 576-584. <https://doi.org/10.1111/ane.12636>
 37. Czosnyka M, Czosnyka ZH, Whitfield PC, Donovan T, Pickard JD. Age dependence of cerebrospinal pressure-volume compensation in patients with hydrocephalus. *J Neurosurg.* 2001; 94(3): 482-486. <https://doi.org/10.3171/jns.2001.94.3.0482>
 38. Bradley WG Jr. CSF flow in the brain in the context of normal pressure hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015; 36(5): 831-838. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4124>
 39. Володин НН, Медведев МИ, Горбунов АВ. Компьютерная томография головного мозга у новорожденных и детей раннего возраста: иллюстрированное руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Мед; 2002. [Volodin NN, Medvedev MI, Gorbunov AV. *Computed tomography of the brain in newborns and young children: Illustrated guide for doctors.* Moscow: GEOTAR-Med; 2002. (In Russ.)].
 40. Корниенко ВН, Пронин ИН. *Диагностическая нейрорадиология.* М.: ИП Андреева Т.М.; 2006. [Kornienko VN, Pronin IN. *Diagnostic neuroradiology.* Moscow: IP Andreeva T.M.; 2006. (In Russ.)].
 41. Туркин АМ, Афандиев РМ, Мельникова-Пицхелаури ТВ., Фадеева ЛМ, Соложенцева КД, Погосбеян ЭЛ, и др. Перивентрикулярные изменения при гидроцефалии: количественная оценка тканевых характеристик методом магнитно-резонансной томографии. *Журнал Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко.* 2022; 86(4): 41-49. [Turkin AM, Afandiev RM, Melnikova-Pitskhelauri TV, Fadeeva LM, Solozhentseva KD, Pogosbekyan EL, et al. Periventricular changes following hydrocephalus: quantitative MR-based assessment of tissue characteristics. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2022; 86(4): 41-49. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/neiro20228604141>
 42. Carswell C. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: Historical context and a contemporary guide. *Pract Neurol.* 2023; 23(1): 15-22. <https://doi.org/10.1136/pn-2021-003291>
 43. Marmarou A, Bergsneider M, Klinge P, Relkin N, Black P. The value of supplemental prognostic tests for the preoperative assessment of idiopathic normal-pressure hydrocephalus: INPH Guidelines, part III. *Neurosurgery.* 2005; 57(3 Suppl): S17-S28; discussion II-V. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000168184.01002.60>
 44. Афандиев РМ, Фадеева ЛМ, Соложенцева КД, Пронин ИН. Возможности магнитно-резонансной томографии в оценке гидроцефалии. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2021; 102(2): 124-133. [Afandiev RM, Fadeeva LM, Solozhentseva KD, Pronin IN. Magnetic resonance imaging in the evaluation of hydrocephalus. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2021; 102(2): 124-133. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-2-124-133>
 45. Лобзин ВЮ, Ализаде МРО, Лобзин СВ, Лапина АВ, Колмакова КА, Гаврилов ГВ. и др. Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия: современные подходы к диагностике и возможности медикаментозного лечения. *Эффективная фармакотерапия.* 2021; 17(10): 6-12. [Lobzin VYu, Alizade MRO, Lobzin SV, Lapina AV, Kolmakova KA, Gavrilov GV, et al. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: Modern approaches to diagnostic and possibilities of medicine treatment. *Effective Pharmacotherapy.* 2021; 17(10): 6-12. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2021-17-10-6-12>
 46. Brix MK, Westman E, Simmons A, Ringstad GA, Eide PK, Wagner-Larsen K, et al. The Evans' index revisited: New cut-off levels for use in radiological assessment of ventricular enlargement in the elderly. *Eur J Radiol.* 2017; 95: 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.07.013>
 47. Jaraj D, Rabiei K, Marlow T, Jensen C, Skoog I, Wikkelsø C. Estimated ventricle size using Evans index: Reference values from a population-based sample. *Eur J Neurol.* 2017; 24(3): 468-474. <https://doi.org/10.1111/ene.13226>
 48. Kockum K, Lilja-Lund O, Larsson EM, Rosell M, Söderström L, Virhammar J, et al. The idiopathic normal-pressure hydrocephalus Radscale: A radiological scale for structured evaluation. *Eur J Neurol.* 2018; 25(3): 569-576. <https://doi.org/10.1111/ene.13555>
 49. Fällmar D, Andersson O, Kilander L, Löwenmark M, Nyholm D, Virhammar J. Imaging features associated with idiopathic normal pressure hydrocephalus have high specificity even when comparing

- with vascular dementia and atypical parkinsonism. *Fluids Barriers CNS*. 2021; 18(1): 35-42. <https://doi.org/10.1186/s12987-021-00270-3>
50. Hattori T, Ohara M, Yuasa T, Azuma R, Chen Q, Hanazawa R, et al. Correlation of callosal angle at the splenium with gait and cognition in normal pressure hydrocephalus. *J Neurosurg*. 2023; 139(2): 481-491. <https://doi.org/10.3171/2022.12.JNS221825>
51. Yamada S. Neuroimaging of adult hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am*. 2025; 36(2): 183-197. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2024.11.007>
52. Sasaki M, Honda S, Yuasa T, Iwamura A, Shibata E, Ohba H. Narrow CSF space at high convexity and high midline areas in idiopathic normal pressure hydrocephalus detected by axial and coronal MRI. *Neuroradiology*. 2008; 50(2): 117-122. <https://doi.org/10.1007/s00234-007-0318-x>
53. Benedetto N, Gambacciani C, Aquila F, Di Carlo DT, Morganti R, Perrini P. A new quantitative method to assess disproportionately enlarged subarachnoid space (DESH) in patients with possible idiopathic normal pressure hydrocephalus: The SILVER index. *Clin Neurol Neurosurg*. 2017; 158: 27-32. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2017.04.015>
54. Kitagaki H, Mori E, Ishii K, Yamaji S, Hirono N, Imamura T. CSF spaces in idiopathic normal pressure hydrocephalus: Morphology and volumetry. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1998; 19(7): 1277-1284.
55. Agerskov S, Wallin M, Hellström P, Ziegelitz D, Wikkelsö C, Tullberg M. Absence of disproportionately enlarged subarachnoid space hydrocephalus, a sharp callosal angle, or other morphologic MRI markers should not be used to exclude patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus from shunt surgery. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019; 40(1): 74-79. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5910>
56. Milhorat TH, Clark RG, Hammock MK, McGrath PP. Structural, ultrastructural, and permeability changes in the ependyma and surrounding brain favoring equilibration in progressive hydrocephalus. *Arch Neurol*. 1970; 22(5): 397-407. <https://doi.org/10.1001/archneur.1970.00480230015002>
57. Virhammar J, Laurell K, Cesarini KG, Larsson EM. The callosal angle measured on MRI as a predictor of outcome in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. *J Neurosurg*. 2014; 120(1): 178-184. <https://doi.org/10.3171/2013.8.JNS13575>
58. Ishii K, Kanda T, Harada A, Miyamoto N, Kawaguchi T, Shimada K, et al. Clinical impact of the callosal angle in the diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Eur Radiol*. 2008; 18(11): 2678-2683. <https://doi.org/10.1007/s00330-008-1044-4>
59. Mori E, Ishikawa M, Kato T, Kazui H, Miyake H, Miyajima M, et al; Japanese Society of Normal Pressure Hydrocephalus. Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus: Second edition. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2012; 52(11): 775-809. <https://doi.org/10.2176/nmc.52.775>
60. Hamilton MG, Williams MA, Edwards S, Tullberg M. Guidelines for diagnosis and management of idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am*. 2025; 36(2): 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2024.12.006>
61. Evans WA. An encephalographic ratio for estimating ventricular enlargement and cerebral atrophy. *Arch Neurol Psychiatry*. 1942; (47): 931-937.
62. Fazekas F, Barkhof F, Wahlund LO, Pantoni L, Erkinjuntti T, Scheltens P, et al. CT and MRI rating of white matter lesions. *Cerebrovasc Dis*. 2002; 13(Suppl 2): 31-36.
63. Holodny AI, George AE, de Leon MJ, Golomb J, Kalnin AJ, Cooper PR. Focal dilation and paradoxical collapse of cortical fissures and sulci in patients with normal-pressure hydrocephalus. *J Neurosurg*. 1998; 89(5): 742-747.
64. Virhammar J, Laurell K, Cesarini KG, Larsson EM. Increase in callosal angle and decrease in ventricular volume after shunt surgery in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *J Neurosurg*. 2019; 130(1): 130-135. <https://doi.org/10.3171/2017.8.JNS17547>
65. Kockum K, Virhammar J, Riklund K, Söderström L, Larsson EM, Laurell K. Diagnostic accuracy of the INPH Radscale in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *PLoS One*. 2020; 15(4): e0232275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232275>
66. Miskin N, Patel H, Franceschi AM, Ades-Aron B, Le A, Damadian BE, et al. Diagnosis of normal-pressure hydrocephalus: Use of traditional measures in the era of volumetric MR imaging. *Radiology*. 2017; 285(1): 197-205.
67. Chen J, He W, Zhang X, Lv M, Zhou X, Yang X, et al. Value of MRI-based semi-quantitative structural neuroimaging in predicting the prognosis of patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus after shunt surgery. *Eur Radiol*. 2022; 32(11): 7800-7810. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08733-3>
68. Kumari S, Ranjan R. CSF flowmetry: An innovative technique in diagnosing normal pressure hydrocephalus. *Int J Curr Pharmaceut Rev Res*. 2024; 16(2): 564-568. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12799108>
69. Algin O, Hakyemez B, Taskapilioglu O, Ocakoglu G, Bekar A, Parlak M. Morphologic features and flow void phenomenon in normal pressure hydrocephalus and other dementias: Are they really significant? *Acad Radiol*. 2009; 16(11): 1373-1380. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2009.06.010>
70. Shanks J, Markenroth Bloch K, Laurell K, Cesarini KG, Fahlström M, Larsson EM, et al. Aqueductal CSF stroke volume is increased in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus and decreases after shunt surgery. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019; 40(3): 453-459. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5972>
71. Ringstad G, Vatnehol SAS, Eide PK. Glymphatic MRI in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Brain*. 2017; 140(10): 2691-2705. <https://doi.org/10.1093/brain/awx191>
72. Hashimoto M, Ishikawa M, Mori E, Kuwana N; Study of INPH on neurological improvement (SINPHONI). Diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus is supported by MRI-based scheme: A prospective cohort study. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2010; 7: 18-27. <https://doi.org/10.1186/1743-8454-7-18>

73. Narita W, Nishio Y, Baba T, Iizuka O, Ishihara T, Matsuda M, et al. High-convexity tightness predicts the shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2016; 37(10): 1831-1837. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4838>
74. Bateman GA, Bateman AR. Differences in the calculated transvenous pressure drop between chronic hydrocephalus and idiopathic intracranial hypertension. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2019; 40(1): 68-73. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5883>
75. Relkin N, Marmarou A, Klinge P, Bergsneider M, Black P. Diagnosing idiopathic normal-pressure hydrocephalus. *Neurosurgery.* 2005; 57(3 Suppl): S4-S16; discussion II-V. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000168185.29659.C5>
76. Craven CL, Toma AK, Mostafa T, Patel N, Watkins LD. The predictive value of DESH for shunt responsiveness in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *J Clin Neurosci.* 2016; 34: 294-298. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2016.09.004>
77. Shinoda N, Hirai O, Hori S, Mikami K, Bando T, Shimo D, et al. Utility of MRI-based disproportionately enlarged subarachnoid space hydrocephalus scoring for predicting prognosis after surgery for idiopathic normal pressure hydrocephalus: Clinical research. *J Neurosurg.* 2017; 127: 1436-1442. <https://doi.org/10.3171/2016.9.JNS161080>
78. Badagard H, Braun M, Nilsson D, Stridh L, Virhammar J. Negative predictors of shunt surgery outcome in normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2020; 141(3): 219-225.

Сведения об авторах / Information about the authors

Богомякова Ольга Борисовна ✉ – доктор медицинских наук, врач-рентгенолог, научный сотрудник, Международный томографический центр СО РАН; старший преподаватель, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8880-100X>; e-mail: bogom_o@tomo.nsc.ru

Станкевич Юлия Александровна – кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, старший научный сотрудник, Международный томографический центр СО РАН; старший преподаватель, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7959-5160>; e-mail: stankevich@tomo.nsc.ru

Тулупов Андрей Александрович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Международный томографический центр СО РАН; заместитель директора Центра постдипломного медицинского образования ИММТ, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1277-4113>; e-mail: taa@tomo.nsc.ru

Olga B. Bogomyakova ✉ – Dr. Sci. (Med.), Radiologist, Research Officer, The Institute International Tomography Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Senior Lecturer, Novosibirsk State University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8880-100X>; e-mail: bogom_o@tomo.nsc.ru

Yuliya A. Stankevich – Cand. Sci. (Med.), Radiologist, Senior Research Officer, The Institute International Tomography Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Senior Lecturer, Novosibirsk State University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7959-5160>; e-mail: stankevich@tomo.nsc.ru

Andrey A. Tulupov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the RAS, Chief Research Officer, The Institute International Tomography Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Deputy Head of the Center for Postgraduate Medical Education, Novosibirsk State University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1277-4113>; e-mail: taa@tomo.nsc.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author