

ПРЕДИКТОРЫ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ИСХОДА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ИДИОПАТИЧЕСКОЙ НОРМОТЕНЗИВНОЙ ГИДРОЦЕФАЛИИ (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2024.16.2.07

УДК 616.831.38–008.811.1–089

Поступила 8.10.2023 г.



А.В. Станишевский, врач-нейрохирург, адъюнкт кафедры нейрохирургии¹;

Г.В. Гаврилов, д.м.н., доцент, преподаватель кафедры нейрохирургии¹;

руководитель 2-го нейрохирургического отделения²;

М.Н. Радков, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения клиники нейрохирургии¹;

Б.Г. Адлейба, врач-нейрохирург, адъюнкт кафедры нейрохирургии¹;

Д.В. Свистов, к.м.н., доцент, начальник кафедры нейрохирургии¹

¹Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, ул. Академика Лебедева, д. 6, лит. В, Санкт-Петербург, 194044;

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, ул. Льва Толстого, д. 6–8, Санкт-Петербург, 197022

Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия — распространенное среди пожилых лиц нейродегенеративное заболевание, приводящее в отсутствие своевременного хирургического лечения к существенному снижению качества жизни и инвалидизации. Согласно существующим отечественным и зарубежным клиническим рекомендациям, отбор кандидатов для выполнения ликворошунтирующей операции проводится в том числе на основании результатов инвазивных методов диагностики, при этом результаты лечения не всегда оптимальны. В то же время в последнее десятилетие публикуется все большее количество исследований о перспективных методах неинвазивной диагностики и прогнозирования течения идиопатической нормотензивной гидроцефалии на основании данных нейровизуализации.

Цель настоящего систематического обзора — показать наиболее перспективные интраскопические предикторы удовлетворительного исхода ликворошунтирующих операций у пациентов с идиопатической нормотензивной гидроцефалией на основании анализа литературных сведений.

Ключевые слова: идиопатическая нормотензивная гидроцефалия; предиктор; нейровизуализация; тап-тест; инвазивная диагностика.

Как цитировать: Stanishevskiy A.V., Gavrilov G.V., Radkov M.N., Adlejba B.G., Svistov D.V. Predictors of satisfactory surgical outcome in idiopathic normal pressure hydrocephalus (review). *Sovremennyye tehnologii v medicine* 2024; 16(2): 68, <https://doi.org/10.17691/stm2024.16.2.07>

English

Predictors of Satisfactory Surgical Outcome in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus (Review)

A.V. Stanishevskiy, Neurosurgeon, PhD Student, Department of Neurosurgery¹;

G.V. Gavrilov, MD, DSc, Associate Professor, Lecturer, Department of Neurosurgery¹;

Head of the Department of Neurosurgery No.2²;

Для контактов: Станишевский Артём Вадимович, e-mail: a-stan@mail.ru

M.N. Radkov, Neurosurgeon, Department of Neurosurgery¹;
B.G. Adlejšba, Neurosurgeon, PhD Student, Department of Neurosurgery¹;
D.V. Svistov, MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Neurosurgery¹

¹Military Medical Academy named after S.M. Kirov, 6 Academician Lebedev St., Saint Petersburg, 194044, Russia;

²Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, 6–8 L'va Tolstogo St., Saint Petersburg, 197022, Russia

Idiopathic normal pressure hydrocephalus is a widespread neurodegenerative disease of the elderly. If not treated surgically early, it results in a severe decrease in quality of life and disability. According to current clinical Russian and foreign guidelines the candidates for CSF shunting procedures are selected based on the results of invasive tests, though treatment outcomes are not always optimal. At the same time, in the last decade there have been published a number of studies on promising noninvasive diagnosis and prognosis of the surgical treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus based on neuroimaging findings.

The aim of the present systematic review is to demonstrate the most promising imaging predictors of satisfactory outcomes of CSF shunting procedures in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus based on published literature data.

Key words: idiopathic normal pressure hydrocephalus; predictor; neuroimaging; tap test; invasive diagnosis.

Введение

Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия (иНТГ, синдром Хакима–Адамса) — это неуклонно прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, возникающее, как правило, у пациентов старше 60 лет, которое характеризуется расширением ликворосодержащих пространств головного мозга на фоне нормального ликворного давления и проявляется триадой симптомов: нарушением ходьбы, когнитивной сферы и функций тазовых органов (триада Хакима–Адамса). Уникальной отличительной чертой иНТГ служит возможность полного или частичного регресса симптоматики при своевременном хирургическом лечении — выполнении ликворошунтирующей операции (ЛШО) [1]. Однако, по данным крупных серий наблюдений [2–7], улучшение состояния пациентов после ЛШО наступает в среднем в 70,4% случаев. Отсутствие динамики в состоянии пациентов после ЛШО может быть связано как с ошибкой в диагностике иНТГ (которую легко спутать с другими заболеваниями со сходной симптоматикой, например болезнью Альцгеймера, паркинсонизмом, болезнью Бинсвагнера, лобно-височной деменцией и др.), так и с выполнением операции в такой период заболе-

вания, когда симптомы необратимы [8–11]. Вместе с тем ЛШО сопряжены с риском осложнений, в том числе тяжелых и потенциально жизнеугрожающих (табл. 1).

Согласно принятым на сегодняшний день клиническим рекомендациям [1, 12, 13], решение о выполнении ЛШО принимается на основании методов инвазивной диагностики. В систематическом обзоре S.G. Thavarajasingam с соавт. [14] показано, что из инвазивных исследований, применяемых для прогнозирования исхода ЛШО, наиболее эффективными (в порядке убывания) являются мониторинг внутричерепного давления (ВЧД) с использованием паренхиматозного датчика, продленное наружное люмбальное дренирование ликвора, инфузионно-нагрузочный тест и спинальный тап-тест. Перечисленные диагностические процедуры увеличивают вероятность благоприятного исхода ЛШО, однако не гарантируют регресса неврологического дефицита в послеоперационном периоде. Кроме того, их выполнение сопряжено с необходимостью госпитализации в специализированный стационар и проведения хирургических вмешательств — люмбальной пункции, установки наружного люмбального дренажа или датчика ВЧД. Поэтому, согласно

Таблица 1

Эффективность ликворошунтирующей операции при идиопатической нормотензивной гидроцефалии, %

Источник	Эффективность ликворошунтирующей операции	Риск осложнений	Летальность
Hebb A.O. и Cusimano M.D., 2001 [2]	59	38	6
Toma A.K. и соавт., 2013 [3]	71	8,2	1
Eide P.K. и Sorteberg W., 2016 [4]	90	3,5	1,3
Giordan E. с соавт., 2018 [5]	75	9	<2
Hong Y.J. с соавт., 2018 [6]	54,8	32	3,2
Greuter L. с соавт., 2022 [7]	72,8	51,1	Не оценивалась

опросам специалистов, занимающихся лечением этого заболевания, создание надежного неинвазивного метода диагностики иНТГ является одной из наиболее приоритетных задач клинических исследований [15]. В то же время проведение детального волюметрического анализа структур и компарментов головного мозга по данным МРТ указывает на высокую прогностическую эффективность этого метода в выявлении пациентов, у которых ЛШО приведет к выраженной положительной динамике симптомов [16]. Подобные результаты получены и при морфометрической оценке серого вещества головного мозга у больных гидроцефалией [17]. Таким образом, есть объективные основания полагать, что выявляемые методами нейровизуализации изменения морфологии головного мозга при иНТГ могут служить предикторами удовлетворительного исхода ЛШО.

Целью настоящего обзора является анализ литературных сведений о наиболее ценных в отношении прогноза исхода ликворшунтирующей операции интраскопических симптомах идиопатической нормотензивной гидроцефалии.

Материалы и методы

Систематический обзор составлен в соответствии с критериями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [18]. Выполнен поиск литературы в базах данных РИНЦ, PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science и при помощи поисковой системы Google Scholar. Кроме того, отобрали публикации, ссылающиеся на статьи, найденные при первичном поиске (cited by) или имеющие сходное описание (similar articles). После исключения дублирующихся в нескольких источниках работ библиографические данные и рефераты оставшихся статей изучены на предмет соответствия критериям включения.

Исследование представляет собой систематический обзор литературы, одобрение этического комитета не требуется.

В обзор включены работы, выполненные не ранее 2013 года, написанные на русском и английском языках, с доступом к полному тексту (или реферату, содержащему необходимые данные), которые описывают исследования, посвященные выявлению интра-

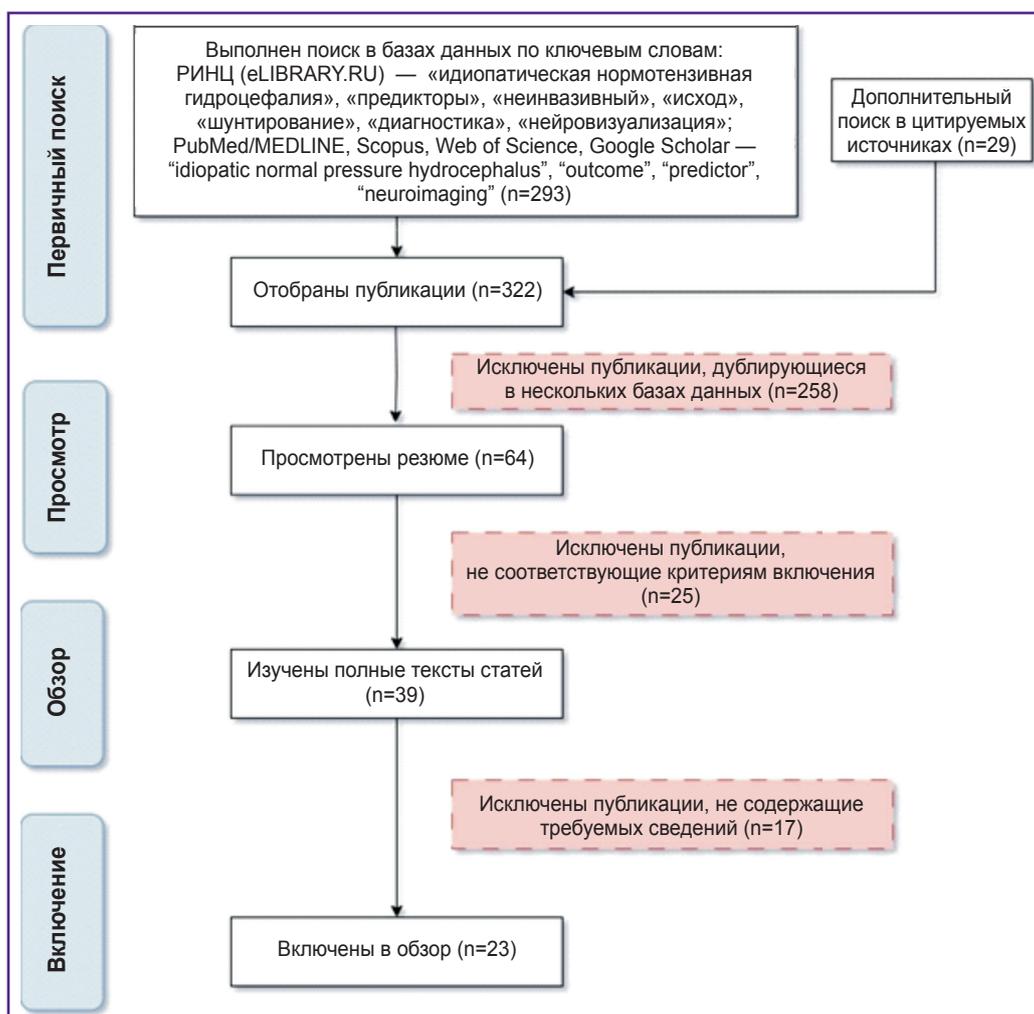


Рис. 1. Методика поиска литературы для выполнения систематического обзора

скопических предикторов удовлетворительного исхода ЛШО у пациентов с иНТГ. Этапы проведения литературного поиска представлены на рис. 1.

Результаты

В обзор включены 23 [6, 9, 16, 19–38] исследования (22 оригинальные работы и 1 метаанализ). Анализируемые предикторы исхода ЛШО признаны достоверными в 14 публикациях, в 9 не выявлено статистически значимых различий в исходах операций между пациентами, имеющими и не имеющими изучаемых симптомов. Интраскопические предикторы исхода ЛШО, установленные в результате анали-

за литературных данных и ранжированные по количеству выявивших их исследований, представлены в табл. 2.

Изменения МР-сигнала в белом веществе полушарий головного мозга, размер поясной извилины, диаметр III желудочка и размер IV желудочка, расширение межполушарной щели, артефакты движения ликвора, наличие признаков атрофии гиппокампов, вертикальный размер боковых желудочков и выпячивание их крыши, значение SILVER-индекса по данным литературы не могут рассматриваться как интраскопические предикторы исхода ЛШО у пациентов с иНТГ. Результаты систематического обзора в обобщенном виде представлены в табл. 3.

Таблица 2

Рейтинг выявленных в ходе обзора предикторов исхода ликворшунтирующей операции

Интраскопический симптом	Количество публикаций, признающих его предиктором исхода ЛШО	Количество публикаций, не подтвердивших его статус предиктора исхода ЛШО
Синдром гидроцефалии с неравномерным расширением ликворных пространств (DESH-синдром)	4	7
Количественная оценка DESH-синдрома (DESH-score)	2	1
Угол мозолистого тела	3	7
Передняя модификация угла мозолистого тела	1	—
Сдавление конвексимальных субарахноидальных пространств в области vertex	2	3
Индекс Эванса	1	9
Количество баллов по радиологической шкале диагностики иНТГ (iNPH Radscale)	1	1
Перивентрикулярные изменения МР-сигнала	1	6
Ширина височных рогов боковых желудочков	1	3
Локальное расширение конвексимальных борозд полушарий головного мозга	1	4
Расширение силвиевых щелей	1	4
Волюметрический анализ структур головного мозга	1	—
Количество очагов лакунарного инфаркта	1	—
Комплексный анализ интраскопических данных	1	—

Примечание: ЛШО — ликворшунтирующая операция.

Таблица 3

Краткое описание результатов исследований, включенных в систематический обзор

Публикация	Количество пациентов с иНТГ	Изучаемые интраскопические параметры	Выводы
<i>Предикторы исхода ликворшунтирующей операции не установлены</i>			
Chen J. с соавт., 2022 [19]	47	Индекс Эванса Количество баллов по iNPH Radscale DESH-синдром Угол мозолистого тела	Значения изучаемых параметров статистически значимо не различались в группах с положительным ответом на ЛШО и без существенных изменений

Публикация	Количество пациентов с иНТГ	Изучаемые интраскопические параметры	Выводы
Snöbom C. с соавт., 2022 [20]	253	Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Изменения МР-сигнала в белом веществе	Объем указанных изменений не является предиктором исхода ЛШО
Laticevschi T. с соавт., 2021 [21]	179	Количество баллов по iNPH Radscale	Общий балл по шкале не коррелирует с результатами тап-теста
Skalický P. с соавт., 2021 [22]	32	Размер поясной извилины Угол мозолистого тела DESH-синдром (количественная оценка)	Исследуемые параметры не являются надежными предикторами исхода ЛШО
Agerskov S. с соавт., 2019 [23]	168	Индекс Эванса Ширина височных рогов боковых желудочков Угол мозолистого тела Диаметр III желудочка Размер IV желудочка Локальное расширение конвексимальных борозд полушарий Расширение межполушарной щели Сдавление конвексимальных субарахноидальных пространств в области vertex Расширение силвиевых щелей DESH-синдром Артефакты движения ликвора Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Изменения МР-сигнала в белом веществе	Параметры оценивались по отдельности между группами пациентов с положительным ответом на ЛШО (n=115) и без (n=53). Статистически значимых различий не выявлено ни по одному из исследуемых параметров
Ahmed A.K. с соавт., 2018 [24]	162	DESH-синдром	Улучшение состояния отмечено в группах пациентов как с наличием, так и без DESH-синдрома без статистически значимых различий
Benedetto N. с соавт., 2017 [25]	29	Индекс Эванса Величина SILVER-индекса	Предложен SILVER-индекс (отношение площади силвиевой щели и конвексимальных САП на одном коронарном срезе). Ни индекс Эванса, ни SILVER-индекс не могут рассматриваться как предикторы исхода ЛШО
Craven C.L. с соавт., 2016 [26]	103	DESH-синдром	Низкий показатель негативной прогностической значимости для DESH-синдрома не позволяет использовать его в качестве самостоятельного предиктора исхода ЛШО
Kojoukhova M. с соавт., 2015 [27]	229	Индекс Эванса DESH-синдром Изменения МР-сигнала в белом веществе Артефакты движения ликвора Расширение височных рогов боковых желудочков Локальное расширение конвексимальных борозд полушарий Угол мозолистого тела	Наличие DESH-синдрома ассоциируется с диагнозом иНТГ, однако ни один из исследуемых симптомов не является надежным предиктором исхода ЛШО
Предикторы исхода ликворошунтирующей операции установлены			
Thavarajasingam S.G. с соавт., 2023 [28]	Метаанализ 28 исследований	DESH-синдром Угол мозолистого тела Перивентрикулярные изменения МР-сигнала	Величина угла мозолистого тела и перивентрикулярные изменения МР-сигнала являются предикторами исхода ЛШО, однако могут использоваться только в комплексе с другими диагностическими критериями
Johannsson B. с соавт., 2022 [29]	55	Индекс Эванса Количественная оценка DESH-синдрома Диаметр III желудочка Расширение силвиевых щелей	Сдавление конвексимальных субарахноидальных пространств в области vertex, расширение силвиевых щелей, локальное расширение конвексимальных борозд полушарий и количественная

Публикация	Количество пациентов с иНТГ	Изучаемые интраскопические параметры	Выводы
		Угол мозолистого тела Локальное расширение конвексительных борозд полушарий Сдавление конвексительных субарахноидальных пространств в области vertex	оценка DESH-синдрома (DESH-score) являются надежными предикторами исхода ЛШО
Kimura T. с соавт., 2021 [9]	154	DESH-синдром	Выявлена сильная корреляционная взаимосвязь между наличием DESH-синдрома и улучшением состояния пациентов через 1 год после ЛШО
Mantovani P. с соавт., 2021 [30]	47	Угол мозолистого тела Передний угол мозолистого тела	Оценка переднего угла мозолистого тела (значения менее 112°) является надежным предиктором исхода ЛШО
Subramanian H.E. с соавт., 2021 [31]	37	Индекс Эванса Ширина височных рогов боковых желудочков Диаметр III желудочка Угол мозолистого тела Локальное выпячивание крыши боковых желудочков Толщина мозолистого тела Расширение силвиевых щелей Сдавление конвексительных субарахноидальных пространств в области vertex	Высокие значения (граница не определена) индекса Эванса являются предиктором улучшения когнитивных функций после ЛШО. Угол мозолистого тела и наличие DESH-синдрома не являются предикторами исхода ЛШО
Wu D. с соавт., 2021 [16]	145	Волюметрический анализ структур головного мозга	Некоторые морфологические параметры головного мозга могут служить предикторами исхода ЛШО
Wolfsegger T. с соавт., 2021 [32]	21	Шкала iNPH Radscale	Определена граница значений шкалы (7,5 балла), дискриминирующая пациентов по ответу на ЛШО
Гаврилов Г.В. с соавт., 2019 [33]	213	Индекс Эванса Диаметр III желудочка Ширина височных рогов боковых желудочков DESH-синдром Локальное расширение конвексительных борозд полушарий Угол мозолистого тела Перивентрикулярные изменения Изменения МР-сигнала в белом веществе Расширение периваскулярных пространств	Продемонстрированы преимущества комплексной оценки МРТ-признаков в дифференциальной диагностике иНТГ
Grahnke K. с соавт., 2018 [34]	73	Индекс Эванса Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Угол мозолистого тела Высота боковых желудочков	Угол мозолистого тела является предиктором исхода ЛШО
Hong Y.J. с соавт., 2018 [6]	31	Индекс Эванса Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Изменения МР-сигнала в белом веществе Количество очагов лакунарного инфаркта Атрофия гиппокампов DESH-синдром Угол мозолистого тела	Из изучаемых факторов только наличие DESH-синдрома и количество очагов лакунарного инфаркта статистически значимо различались для групп пациентов с и без эффекта от ЛШО
Shinoda N. с соавт., 2017 [35]	50	DESH-синдром (количественная оценка)	Количественная оценка DESH-синдрома является надежным предиктором исхода ЛШО
Garcia-Armengol R. с соавт., 2016 [36]	89	DESH-синдром	Прогностические качества DESH-синдрома и мониторинга внутричерепного давления сопоставимы

Публикация	Количество пациентов с иНТГ	Исследуемые интраскопические параметры	Выводы
Narita W. с соавт., 2016 [37]	60	Индекс Эванса Сдавление конвексительных субарахноидальных пространств в области vertex Расширение сильвиевых щелей Угол мозолистого тела Локальное расширение конвексительных борозд полушарий Локальное выпячивание крыши боковых желудочков Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Изменения МР-сигнала в белом веществе	Сдавление конвексительных субарахноидальных пространств в области vertex является надежным предиктором исхода ЛШО
Virhammar J. с соавт., 2014 [38]	108	Индекс Эванса Ширина височных рогов боковых желудочков Диаметр III желудочка Угол мозолистого тела Локальное выпячивание крыши боковых желудочков Расширение сильвиевых щелей Сдавление конвексительных субарахноидальных пространств в области vertex Локальное расширение конвексительных борозд полушарий DESH-синдром Перивентрикулярные изменения МР-сигнала Изменения МР-сигнала в белом веществе	Угол мозолистого тела, ширина височных рогов боковых желудочков и DESH-синдром являются предикторами исхода ЛШО

Примечания: ЛШО — ликворшунтирующая операция; иНТГ — идиопатическая нормотензивная гидроцефалия.

Обсуждение

Идея ограничения или полного отказа от проведения инвазивных исследований для прогнозирования исхода ЛШО продиктована рядом соображений.

Во-первых, их применение сопряжено с риском: так, частота осложнений наружного люмбального дренирования ликвора достигает 8,2%, из которых 3% являются тяжелыми (развитие субдуральной гематомы, инфекционные осложнения и др.) [26].

Во-вторых, положительный результат этих исследований не гарантирует улучшения состояния пациента в послеоперационном периоде ЛШО, а отрицательный — не всегда позволяет исключить иНТГ. Например, наличие выраженных дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника, обычно имеющиеся у пожилых пациентов, может привести к ложным результатам спинального тап-теста, инфузионно-нагрузочного теста и продленного наружного люмбального дренирования ликвора [39].

В-третьих, применение инвазивных исследований требует нахождения пациента в стационаре. На основании анализа экономической эффективности и рисков развития осложнений при применении инвазивных методов диагностики иНТГ, P.K. Eide и

W. Sorteberg [40] указывают на необходимость поиска иных способов прогнозирования исхода ЛШО.

В-четвертых, необходимость выполнения инвазивной процедуры в диагностических целях часто снижает приверженность пациента лечению и увеличивает промежуток времени от появления симптомов иНТГ до ЛШО. При этом в ряде исследований убедительно доказано, что этот параметр оказывает существенное влияние на результат лечения [9, 10, 41]. Лучший исход наблюдается у пациентов, оперированных в первые 3 мес от установления диагноза иНТГ [10]. Это обстоятельство также указывает на необходимость раннего выявления заболевания и сокращения периода принятия решения о выполнении ЛШО.

В третьем издании Руководства по диагностике и лечению иНТГ Японского общества по лечению идиопатической нормотензивной гидроцефалии [13] впервые закреплена возможность установки диагноза иНТГ без проведения инвазивных исследований: наличие DESH-синдрома признано диагностическим критерием, равнозначным спинальному тап-тесту и продленному люмбальному дренированию ликвора.

Помимо DESH-синдрома, на предмет прогнозирования исхода ЛШО изучалось существенное количе-

ство разнообразных нейровизуализационных критериев. Их принято подразделять на морфологические и физиологические [42]. К группе морфологических симптомов относят изменения структуры головного мозга и пространственных соотношений его частей (индекс Эванса, DESH-синдром, изменение угла мозолистого тела, перивентрикулярные изменения, неравномерное расширение конвекситальных субарахноидальных пространств, расширение височных рогов боковых желудочков и др.), выявляемые, как правило, с применением рутинных методов исследования — КТ и стандартных последовательностей МРТ головного мозга. К физиологическим симптомам относят изменения параметров, определяемых с использованием сложных специализированных методик — КТ- и МР-перфузии, МР-ликвородинамики, глифатической МРТ, а также изменение параметров кровотока по артериям и венам головного мозга [43] и др.

Согласно результатам метаанализа, выполненного S.G. Thavarajasingam с соавт. [28], из анализируемых радиологических симптомов (DESH-синдром,

каллезный угол, перивентрикулярные изменения, величина мозгового кровотока и результаты цистернографии) только величина каллезного угла и характер перивентрикулярных изменений значительно различаются между группами пациентов с положительным и отрицательным исходом ЛШО, причем прогностическая сила этих параметров невысока. Авторы отмечают необходимость изучения с целью прогнозирования исхода ЛШО возможностей комплексной оценки нейровизуализационных симптомов. Похожие данные получены в систематическом обзоре J.F. Carlsen с соавт. [42], основанного на анализе данных 27 публикаций. Результаты настоящего систематического обзора согласуются с этими данными: как видно из табл. 2 и 3, лишь незначительное число изучаемых интраскопических симптомов статистически значимо отличается в группе пациентов с положительным исходом ЛШО.

В попытках увеличить эффективность прогнозирования исхода ЛШО ряд авторов попытались объединить отдельные нейровизуализационные симптомы иНТГ в системы и шкалы. Впервые попытку

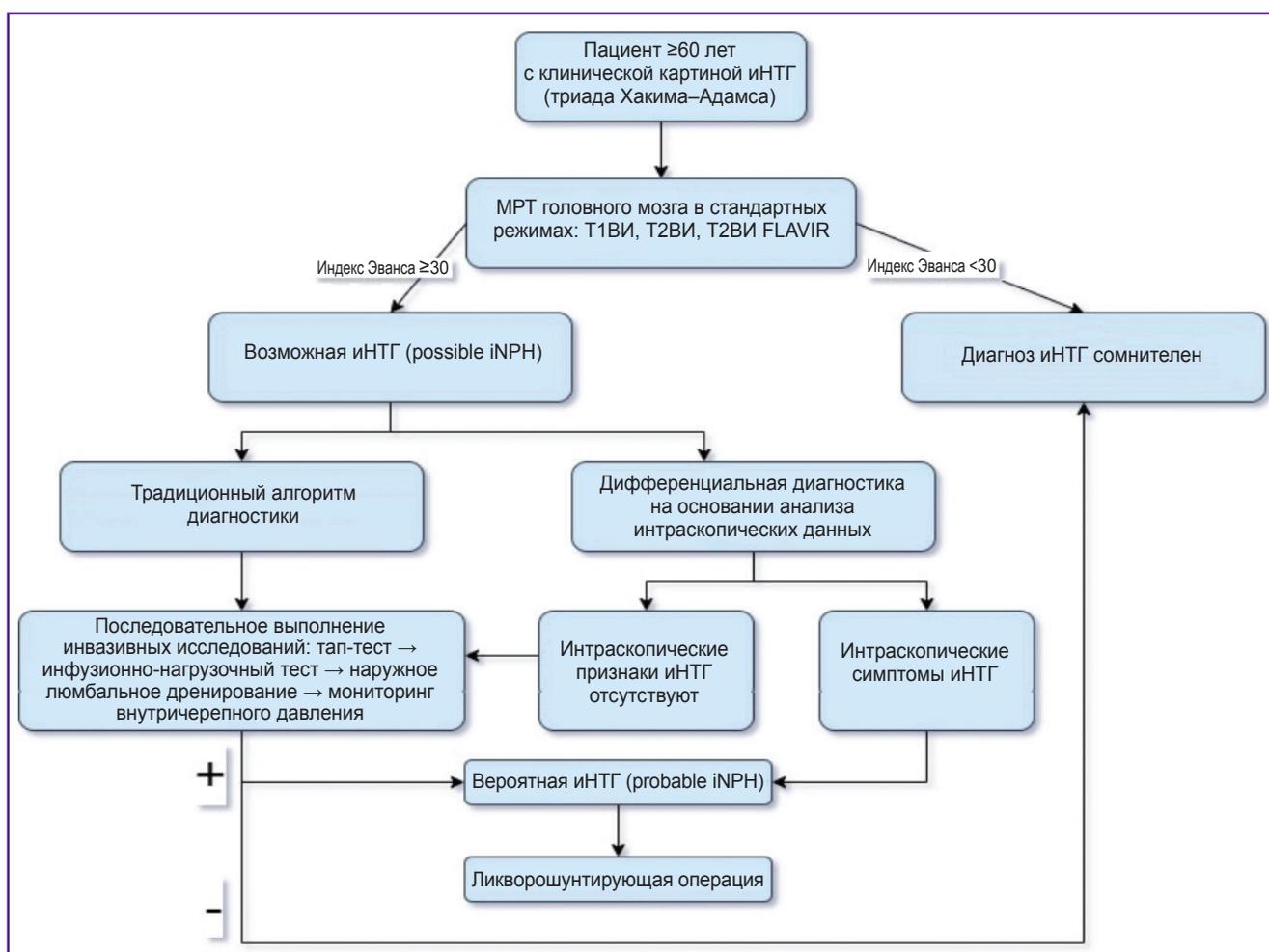


Рис. 2. Предлагаемый алгоритм диагностики идиопатической нормотензивной гидроцефалии (иНТГ) и отбора кандидатов для выполнения ликворшунтирующей операции, составленный на основании систематического обзора

комплексной оценки нейровизуализационных параметров для дифференциальной диагностики иНТГ принял К. Ishii с соавт. [44]. В результате соотнесения значений индекса Эванса и угла мозолистого тела авторам удалось с высокой точностью дифференцировать пациентов с иНТГ, болезнью Альцгеймера и представителей контрольной группы [44]. Наиболее известной шкалой для диагностики иНТГ по интраскопическим данным является iNPH Radscale, включающая 7 параметров, оцениваемых на компьютерных томограммах головного мозга [45]. Особенности шкалы являются оценка изменения морфологии структур головного мозга по данным КТ, а также отсутствие анализа «вклада» каждого из показателей в диагноз иНТГ. Именно с этим связана критика шкалы некоторыми исследователями [19, 21, 33].

Г.В. Гаврилов с соавт. [33] попытались сгруппировать наиболее информативные нейровизуализационные предикторы иНТГ и объединить их в систему дифференциальной диагностики с применением статистических методов дискриминантного анализа и классификации. Разработанная система позволяет с высокой точностью дифференцировать иНТГ с заболеваниями со сходной симптоматикой на основании комплексной оценки данных МРТ. Целью дальнейших исследований в этом направлении является объединение в подобную систему предикторов положительного исхода ЛШО и формирование на основе полученной модели обновленного алгоритма принятия клинического решения, ограничивающего или полностью исключающего использование инвазивных процедур. Авторы на основании выполненного в систематическом обзоре анализа данных предлагают следующий алгоритм диагностики иНТГ и отбора кандидатов для выполнения ЛШО, который объединяет имеющиеся в настоящий момент знания (рис. 2).

Следующим этапом совершенствования диагностики иНТГ и отбора кандидатов для выполнения ЛШО по данным нейровизуализации может стать внедрение в процесс систем с применением искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения [46].

Заключение

В систематическом обзоре в результате анализа установлены 12 предикторов положительного исхода ликворшунтирующей операции, показавших эффективность в ходе клинических исследований. Дальнейшие усилия должны быть направлены на объединение выявленных предикторов в систему прогнозирования исхода ликворшунтирующей операции, создание которой позволит ограничить или полностью исключить необходимость применения инвазивных методов исследования.

Вклад авторов: А.В. Станишевский — концепция и дизайн исследования, поиск литературы, анализ данных, написание текста статьи; Г.В. Гаврилов — кон-

цепция исследования, редактирование текста статьи; М.Н. Радков — поиск литературы; Б.Г. Адлейба — поиск литературы, написание текста статьи; Д.В. Свистов — концепция исследования, редактирование текста статьи.

Финансирование исследования. Исследование не финансировалось.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. *Клинические рекомендации. Лечение нормотензивной гидроцефалии у взрослых.* Под ред. Легздайна М.А., Гаврилова Г.В., Свистова Д.В. СПб; 2015.
Klinicheskie rekomendatsii. Lechenie normotenzivnoy gidrotsefalii u vzroslykh [Clinical recommendations. Treatment of normal pressure hydrocephalus in adults]. Legzdain M.A., Gavrilov G.V., Svistov D.V. (editors). Saint Petersburg; 2015.
2. Hebb A.O., Cusimano M.D. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review of diagnosis and outcome. *Neurosurgery* 2001; 49(5): 1166–1184, <https://doi.org/10.1097/00006123-200111000-00028>.
3. Toma A.K., Papadopoulos M.C., Stapleton S., Kitchen N.D., Watkins L.D. Systematic review of the outcome of shunt surgery in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien)* 2013; 155(10): 1977–1980, <https://doi.org/10.1007/s00701-013-1835-5>.
4. Eide P.K., Sorteberg W. Outcome of surgery for idiopathic normal pressure hydrocephalus: role of preoperative static and pulsatile intracranial pressure. *World Neurosurg* 2016; 86: 186–193.e1, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.09.067>.
5. Giordan E., Palandri G., Lanzino G., Murad M.H., Elder B.D. Outcomes and complications of different surgical treatments for idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg* 2018; 131(4): 1024–1036, <https://doi.org/10.3171/2018.5.jns1875>.
6. Hong Y.J., Kim M.J., Jeong E., Kim J.E., Hwang J., Lee J.I., Lee J.H., Na D.L. Preoperative biomarkers in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus showing a favorable shunt surgery outcome. *J Neurol Sci* 2018; 387: 21–26, <https://doi.org/10.1016/j.jns.2018.01.017>.
7. Greuter L., Schenker T., Guzman R., Soleman J. Endoscopic third ventriculostomy compared to ventriculoperitoneal shunt as treatment for idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *Br J Neurosurg* 2022; 1–7, <https://doi.org/10.1080/02688697.2022.2149697>.
8. Жаде С.А., Хуршудян Э.Р., Зяблова Е.И., Ткачев В.В., Музлаев Г.Г. Дифференциальный диагноз синдрома нормотензивной гидроцефалии. *Инновационная медицина Кубани* 2017; 8(4): 46–52.
Zhade S.A., Kharshudyan E.R., Zhablova E.I., Tkachev V.V., Muzlaev G.G. Differential diagnosis for normotensive hydrocephalus syndrome. *Innovacionnaa medicina Kubani* 2017; 8(4): 46–52.
9. Kimura T., Yamada S., Sugimura T., Seki T., Miyano M., Fukuda S., Takeuchi S., Miyata S., Tucker A., Fujita T., Hashizume A., Izumi N., Kawasaki K., Nakagaki A., Sako K. Preoperative predictive factors of short-term outcome in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *World*

Neurosurg 2021; 151: e399–e406, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.04.055>.

10. Chidiac C., Sundström N., Tullberg M., Arvidsson L., Olivecrona M. Waiting time for surgery influences the outcome in idiopathic normal pressure hydrocephalus — a population-based study. *Acta Neurochir (Wien)* 2022; 164(2): 469–478, <https://doi.org/10.1007/s00701-021-05085-7>.

11. Rovira À., Hodel J. Commentary: predictor of shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Neuroradiology* 2022; 64(11): 2097–2099, <https://doi.org/10.1007/s00234-022-03051-3>.

12. Halperin J.J., Kurlan R., Schwab J.M., Cusimano M.D., Gronseth G., Gloss D. Practice guideline: idiopathic normal pressure hydrocephalus: response to shunting and predictors of response: report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2015; 85(23): 2063–2071, <https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000002193>.

13. Nakajima M., Yamada S., Miyajima M., Ishii K., Kuriyama N., Kazui H., Kanemoto H., Suehiro T., Yoshiyama K., Kameda M., Kajimoto Y., Mase M., Murai H., Kita D., Kimura T., Samejima N., Tokuda T., Kaijima M., Akiba C., Kawamura K., Atsuchi M., Hirata Y., Matsumae M., Sasaki M., Yamashita F., Aoki S., Irie R., Miyake H., Kato T., Mori E., Ishikawa M., Date I., Arai H.; 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>.

14. Thavarajasingam S.G., El-Khatib M., Rea M., Russo S., Lemcke J., Al-Nusair L., Vajkoczy P. Clinical predictors of shunt response in the diagnosis and treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2021; 163(10): 2641–2672, <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04922-z>.

15. Jakopin N.E., Myong E., Bogucki T., Gray D., Gross P., McComb J.G., Shannon C.N., Tamber M.S., Toyama M., van der Willigen T., Yazdani A., Hamilton M.G., Koschnitzky J.E. Establishing ranked priorities for future hydrocephalus research. *J Neurosurg* 2022; 139(2): 492–501, <https://doi.org/10.3171/2022.10.jns22753>.

16. Wu D., Moghekar A., Shi W., Blitz A.M., Mori S. Systematic volumetric analysis predicts response to CSF drainage and outcome to shunt surgery in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Eur Radiol* 2021; 31(7): 4972–4980, <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07531-z>.

17. Пашкова А.А., Фокин В.А., Ефимцев А.Ю., Гаврилов Г.В., Труфанов А.Г. Возможность многовоксельной морфометрии в оценке серого вещества у больных гидроцефалией. *Вестник Российской Военно-медицинской академии* 2012; 3: 201–205.

Pashkova A.A., Fokin V.A., Efimtsev A.Yu., Gavrilov G.V., Trufanov A.G. Magnetic resonance multivoxel morphometry in gray matter assessment in patients with hydrocephaly. *Vestnik Rossijskoj Voенно-medicinskoj akademii* 2012; 3: 201–205.

18. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for

reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 372: n71, <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

19. Chen J., He W., Zhang X., Lv M., Zhou X., Yang X., Wei H., Ma H., Li H., Xia J. 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>.

20. Snöbom C., Malmberg F., Freyhult E., Kultima K., Fällmar D., Virhammar J. White matter changes should not exclude patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus from shunt surgery. *Fluids Barriers CNS* 2022; 19(1): 35, <https://doi.org/10.1186/s12987-022-00338-8>.

21. Laticevschi T., Lingenberg A., Armand S., Griffa A., Assal F., Allali G. Can the radiological scale “iNPH Radscale” predict tap test response in idiopathic normal pressure hydrocephalus? *J Neurol Sci* 2021; 420: 117239, <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.117239>.

22. Skalický P., Vlasák A., Mládek A., Vrána J., Bajaček M., Whitley H., Beneš V., Bradáč O. Role of DESH, callosal angle and cingulate sulcus sign in prediction of gait responsiveness after shunting in iNPH patients. *J Clin Neurosci* 2021; 83: 99–107, <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.11.020>.

23. 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>.

24. Ahmed A.K., Luciano M., Moghekar A., Shin J., Aygun N., Sair H.I., Rigamonti D., Blitz A.M. Does the presence or absence of DESH predict outcomes in adult hydrocephalus? *AJNR Am J Neuroradiol* 2018; 39(11): 2022–2026, <https://doi.org/10.3174/ajnr.a5820>.

25. Benedetto N., Gambacciani C., Aquila F., Di Carlo D.T., 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>.

26. Craven C.L., Toma A.K., Mostafa T., Patel N., Watkins L.D. 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>.

27. Kojoukhova M., Koivisto A.M., Korhonen R., Remes A.M., Vanninen R., Soininen H., Jääskeläinen J.E., Sutela A., Leinonen V. Feasibility of radiological markers in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien)* 2015; 157(10): 1709–1718, <https://doi.org/10.1007/s00701-015-2503-8>.

28. Thavarajasingam S.G., El-Khatib M., Vemulapalli K., Iradukunda H.A.S., Sajeenth V.K., Borchert R., Russo S., Eide P.K. Radiological predictors of shunt response in the diagnosis and treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2023; 165(2): 369–419, <https://doi.org/10.1007/s00701-022-05402-8>.

29. Johannsson B., Munthe S., Poulsen F.R., Pedersen C.B. Idiopathic normal pressure hydrocephalus; treatment and outcome in the Region of Southern Denmark.

- Clin Neurol Neurosurg* 2022; 213: 107107, <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.107107>.
- 30.** Mantovani P., Giannini G., Milletti D., Cevoli S., Valsecchi N., Gramegna L.L., Albini-Riccioli L., Sturiale C., Cortelli P., Lanzino G., Elder B.D., Palandri G.; PRO-HYDRO Study Group. Anterior callosal angle correlates with gait impairment and fall risk in iNPH patients. *Acta Neurochir (Wien)* 2021; 163(3): 759–766, <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04699-7>.
- 31.** Subramanian H.E., Fadel S.A., Matouk C.C., Zohrabian V.M., Mahajan A. The utility of imaging parameters in predicting long-term clinical improvement after shunt surgery in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *World Neurosurg* 2021; 149: e1–e10, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.02.108>.
- 32.** Wolfsegger T., Hauser A., Wimmer S., Neuwirth K., Assar H., Topakian R. A comprehensive clinico-radiological, neuropsychological and biomechanical analysis approach to patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Clin Neurol Neurosurg* 2021; 201: 106402, <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.106402>.
- 33.** Гаврилов Г.В., Станишевский А.В., Гайдар Б.В., Свистов Д.В., Бабичев К.Н., Адлейба Б.Г. Комплексный анализ МРТ-признаков в дифференциальной диагностике идиопатической нормотензивной гидроцефалии. Предикторы эффективности хирургического лечения. *Нейрохирургия* 2019; 21(3): 44–51, <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-3-44-51>.
- Gavrilov G.V., Stanishevskiy A.V., Gaydar B.V., Svistov D.V., Babichev K.N., Adleyba B.G. Computerized predictive model for differential diagnosis of normal pressure hydrocephalus based on complex analysis of MRI image. *Nejrohirurgia* 2019; 21(3): 44–51, <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-3-44-51>.
- 34.** Grahne K., Jusue-Torres I., Szujewski C., Joyce C., Schneck M., Prabhu V.C., Anderson D.E. 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>.
- 35.** Shinoda N., Hirai O., Hori S., Mikami K., Bando T., Shimo D., Kuroyama T., Kuramoto Y., Matsumoto M., Ueno Y. 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(6): 1436–1442, <https://doi.org/10.3171/2016.9.jns161080>.
- 36.** Garcia-Armengol R., Domenech S., Botella-Campos C., Goncalves F.J., Menéndez B., Teixidor P., Muñoz-Narbona L., Rimbau J. Comparison of elevated intracranial pressure pulse amplitude and disproportionately enlarged subarachnoid space (DESH) for prediction of surgical results in suspected idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien)* 2016; 158(11): 2207–2213, <https://doi.org/10.1007/s00701-016-2858-5>.
- 37.** Narita W., Nishio Y., Baba T., Iizuka O., Ishihara T., Matsuda M., Iwasaki M., Tominaga T., Mori E. 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>.
- 38.** Virhammar J., Laurell K., Cesarini K.G., Larsson E.M. Preoperative prognostic value of MRI findings in 108 patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014; 35(12): 2311–2318, <https://doi.org/10.3174/ajnr.a4046>.
- 39.** Komotar R.J., Zacharia B.E., Mocco J., Kaiser M.G., Frucht S.J., McKhann G.M. II. Cervical spine disease may result in a negative lumbar spinal drainage trial in normal pressure hydrocephalus: case report. *Neurosurgery* 2008; 63(4 Suppl 2): 315, <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000327030.72226.d6>.
- 40.** Eide P.K., Sorteberg W. Invasive tests for predicting shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus: the risk aspect. *Acta Neurochir (Wien)* 2022; 164(2): 481–482, <https://doi.org/10.1007/s00701-021-05050-4>.
- 41.** Vakili S., Moran D., Hung A., Elder B.D., Jeon L., Fialho H., Sankey E.W., Jusue-Torres I., Goodwin C.R., Lu J., Robison J., Rigamonti D. Timing of surgical treatment for idiopathic normal pressure hydrocephalus: association between treatment delay and reduced short-term benefit. *Neurosurg Focus* 2016; 41(3): E2, <https://doi.org/10.3171/2016.6.focus16146>.
- 42.** Carlsen J.F., Munch T.N., Hansen A.E., Hasselbalch S.G., Rykkje A.M. Can preoperative brain imaging features predict shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus? A PRISMA review. *Neuroradiology* 2022; 64(11): 2119–2133, <https://doi.org/10.1007/s00234-022-03021-9>.
- 43.** Шахнович А.Р., Шахнович В.А. Церебро-венозная ортостатическая реактивность (ЦВОР) при гидроцефалии и внутричерепной гипертензии. *Нейрохирургия и неврология детского возраста* 2013; 3: 11–25.
- Shakhnovich A.R., Shakhnovich V.A. Cerebral venous orthostatic reaction (CVOR) in patient with hydrocephalus and intracranial hypertension. *Nejrohirurgia i nevrologia detskogo vozrasta* 2013; 3: 11–25.
- 44.** Ishii K., Kanda T., Harada A., Miyamoto N., Kawaguchi T., Shimada K., Ohkawa S., Uemura T., Yoshikawa T., Mori E. 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>.
- 45.** Kockum K., Lilja-Lund O., Larsson E.M., Rosell M., Söderström L., Virhammar J., Laurell K. 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>.
- 46.** Алиев З.Ш., Гаврилов Г.В., Свистов Д.В. Применение систем искусственного интеллекта в диагностике идиопатической нормотензивной гидроцефалии. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова* 2022; 14(S1): 111–112.
- Aliev Z.Sh., Gavrilov G.V., Svistov D.V. Application of artificial intelligence systems in the diagnosis of idiopathic normotensive hydrocephalus. *Rossijskij nejrohirurgiceskij zurnal im. professora A.L. Polenova* 2022; 14(S1): 111–112.