

# КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ МРТ-ПРИЗНАКОВ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ИДИОПАТИЧЕСКОЙ НОРМОТЕНЗИВНОЙ ГИДРОЦЕФАЛИИ. ПРЕДИКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Г.В. Гаврилов, А.В. Станишевский, Б.В. Гайдар, Д.В. Свистов, К.Н. Бабичев, Б.Г. Адлейба

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

**Контакты:** Гаспар Владимирович Гаврилов [gaspar\\_gavrilov@mail.ru](mailto:gaspar_gavrilov@mail.ru)

**Актуальность.** Основная сложность дифференциальной диагностики идиопатической нормотензивной гидроцефалии (иНТГ) – разграничение ее и других заболеваний центральной нервной системы, сопровождающихся расстройствами ходьбы и когнитивных функций. Для верификации диагноза иНТГ и определения показаний к хирургическому лечению используют лучевые и инвазивные методы диагностики.

**Цель исследования** – выявление наиболее характерных для иНТГ признаков по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) и создание на их основе компьютерной модели для дифференциальной диагностики иНТГ и заболеваний, имеющих сходную клиническую симптоматику.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ данных МРТ 213 пациентов с иНТГ, 144 пациентов с дегенеративными и сосудистыми заболеваниями головного мозга (болезнь Паркинсона, болезнью Альцгеймера, сосудистой деменцией и др.) и 79 пациентов без патологических изменений головного мозга. Оценивались следующие признаки: индекс Эванса, размер III желудочка, поперечный размер височных рогов боковых желудочков, диспропорциональное расширение субарахноидальных пространств, локальное расширение конвексимальных борозд полушарий, угол мозолистого тела, перивентрикулярные изменения, субкортикальный глиоз и расширение периваскулярных пространств. Проведен дискриминантный анализ полученных данных и сформирована классификационная матрица.

**Результаты.** Построена классификационная модель и создана электронная таблица Microsoft Excel, позволяющая при внесении данных, полученных при МРТ, выявлять у пациента иНТГ или дегенеративное заболевание центральной нервной системы. Прогностическая точность модели в отношении иНТГ по результатам апробации достигает 99,5 %, в отношении дегенеративных и сосудистых заболеваний – 89 %, а в отношении нормы – 77 %. Общая диагностическая точность модели – 92 %.

**Заключение.** В работе продемонстрированы преимущества комплексной оценки МРТ-признаков в дифференциальной диагностике иНТГ, создана прогностическая модель, позволяющая на основании данных о выявленных при МРТ изменениях головного мозга судить о наличии у пациента иНТГ и дегенеративных заболеваний головного мозга.

**Ключевые слова:** идиопатическая нормотензивная гидроцефалия, лучевая диагностика, магнитно-резонансная томография, предиктор, прогностический фактор, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, сосудистая деменция

**Для цитирования:** Гаврилов Г.В., Станишевский А.В., Гайдар Б.В. и др. Комплексный анализ МРТ-признаков в дифференциальной диагностике идиопатической нормотензивной гидроцефалии. Предикторы эффективности хирургического лечения. *Нейрохирургия* 2019;21(3):44–51.

DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-3-44-51

## Computerized predictive model for differential diagnosis of normal pressure hydrocephalus based on complex analysis of MRI image

G. V. Gavrilov, A. V. Stanishevskiy, B. V. Gaydar, D. V. Svistov, K. N. Babichev, B. G. Adleyba

S. M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia

**Background.** The main problem is to differentiate idiopathic normal pressure hydrocephalus (iNPH) with other neurodegenerative diseases accompanied by similar clinical presentation. For this purpose, a number of neuroimaging and invasive methods were proposed.

**The study objective** is to assess most reliable magnetic resonance (MR) symptoms of iNPH and to create a prognostic model for differential diagnosis of iNPH by these criteria.

**Materials and methods.** MR-data of 213 iNPH, 144 neurodegenerative (Alzheimer disease, Parkinson disease and early mild cognitive impairment) patients and 79 healthy age-matched controls were retrospectively analyzed. Following criteria were assessed: Evans Index,

Оригинальная работа

size of the third ventricle, size of temporal horns, disproportionately enlarged subarachnoid space hydrocephalus, focal convexital sulci enlargement, callosal angle, periventricular hyperintensities, focal subcortical gliosis and perivascular spaces enlargement. One-way ANOVA was used to explore differences between groups. Classification matrix was formed by discriminant analysis.

**Results.** Differential model was established and Excel-tab-calculator was created for complex computed assessment of MR data and differential diagnosis of iNPH patients. Prognostic accuracy of model for iNPH reaches 99.5 %, for degenerative disorders – 89 %, common diagnostic accuracy is 92 %.

**Conclusion.** Advantages of complex approach for assessment of MR-data in iNPH patients were underlined. Prognostic model for prediction of iNPH based on MR criteria was established.

**Key words:** idiopathic normal pressure hydrocephalus, diagnostics, radiology, magnetic resonance imaging, predictor, Alzheimer disease, Parkinson disease, vascular dementia

**For citation:** Gavrilov G.V., Stanishevskiy A.V., Gaydar B.V. et al. Computerized predictive model for differential diagnosis of normal pressure hydrocephalus based on complex analysis of MRI image. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;21(3):44–51.

## ВВЕДЕНИЕ

Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия (иНТГ) – хроническое прогрессирующее дегенеративное заболевание головного мозга, развивающееся, как правило, у пациентов старше 60 лет, патогенетически связанное с нарушением ликвородинамики, изменением конфигурации ликворных пространств и клинически проявляющееся нарушениями походки, когнитивных функций и мочеиспускания. Частота встречаемости иНТГ в популяции, по разным данным, варьирует от 0,3 до 3,0 % и имеет тенденцию к увеличению с возрастом [1, 2], достигая 5,9 % у людей старше 80 лет [1].

Основной метод лечения иНТГ – ликворшунтирующая операция, эффективность которой составляет 60–90 % [3, 4]. Для отбора кандидатов для выполнения ликворшунтирующей операции предложены инвазивные диагностические процедуры: тап-тест, наружное люмбальное дренирование в течение 1–3 дней, суточный мониторинг внутричерепного давления и др. В настоящее время основным методом для подтверждения диагноза считается тап-тест, а при его отрицательном результате – наружное люмбальное дренирование. Эти инвазивные диагностические процедуры не лишены

недостатков, поскольку их невозможно провести амбулаторно и они сопряжены с риском осложнений.

Вместе с тем к настоящему времени накоплено большое количество сведений о высокочувствительных и специфичных нейровизуализационных признаках иНТГ, выявляемых в ходе стандартного лучевого исследования.

**Цель данного исследования** – выявление наиболее характерных для иНТГ признаков по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) и создание на их основе компьютерной модели для дифференциальной диагностики иНТГ и заболеваний, имеющих сходную клиническую симптоматику.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено двухцентровое ретроспективное исследование, включающее анализ данных МРТ у 3 групп пациентов (табл. 1):

– 213 пациентов с верифицированным диагнозом иНТГ, находившихся на обследовании и лечении в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова с 2006 по 2019 г. Диагноз иНТГ установлен на основании клинических,

Таблица 1. Распределение пациентов, включенных в исследование, по полу и возрасту

Table 1. Distribution of the patients included in the study per sex and age

Характеристика Characteristic		Пациенты с идиопатической нормотензивной гидроцефалией Patients with idiopathic hydrocephaly	Пациенты с гидроцефалией ex vacuo Patient with ex vacuo hydrocephaly	Контрольная группа Control group	Статистическая значимость различий Statistical significance of differences
Пол Sex	Мужчины, абс. (%) Men, abs. (%)	174 (81,5)	89 (61,5)	53 (67,1)	$p_{1,2} = 0,004$ $p_{1,3} = 0,037$
	Женщины, абс. (%) Women, abs. (%)	39 (18,5)	55 (38,5)	26 (32,9)	
Возраст, лет Age, years	min	73	42	63	$p_{1,2} = 0,029$ $p_{1,3} = 0,037$
	max	87	96	89	
	Me (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )	73 (69, 77)	76 (69, 81)	69 (67, 76)	

рентгенографических данных, результатов инвазивных исследований и подтвержден положительными результатами ликворошунтирующих операций;

- 144 пациентов с различными нейродегенеративными заболеваниями (гидроцефалией *ex vacuo*), проходивших лечение в клинике нервных болезней и нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова с 2012 по 2018 г.;
- 79 пациентов без МРТ-признаков и клинических проявлений патологии головного мозга (контрольная группа).

Оценивались наиболее информативные МРТ-признаки и НТГ, характеризующие изменение конфигурации ликворопроводящих пространств и вещества головного мозга: индекс Эванса, размер III желудочка, поперечный размер височных рогов боковых желудочков, диспропорциональное расширение субарахноидальных пространств (*disproportionally enlarged subarachnoid space hydrocephalus*, DESH-синдром), локальное расширение конвекситальных борозд полушарий, угол мозолистого тела, перивентрикулярные изменения, субкортикальный глиоз и расширение периваскулярных пространств. Предполагается, что при верном диагнозе и НТГ, в отличие от других нейродегенеративных заболеваний, хирургическое лечение оказывается эффективным, поэтому диагностические МРТ-признаки и НТГ считали предикторами благоприятного исхода ликворошунтирующей операции.

Для статистической обработки данных использовали процессор электронных таблиц Microsoft Excel

(Microsoft) и программу Statistica for Windows 10.0 (StatSoft Inc., США). Наличие различий между 3 группами по каждому из количественных признаков определяли путем однофакторного дисперсионного анализа, по качественным признакам – с построением таблиц сопряженности. При выявлении статистически значимых различий между несколькими группами выполняли апостериорное сравнение с коррекцией уровня статистической значимости с учетом числа сравнений.

Проведен дискриминантный анализ данных с пошаговым включением изучаемых признаков, отобраны признаки с наибольшим дискриминационным потенциалом. Сформирована классификационная матрица и построена компьютерная модель для дифференциальной диагностики и НТГ. В редакторе электронных таблиц Microsoft Excel создан алгоритм, позволяющий на основании введенных пользователем значений выявленных признаков диагностировать у пациента и НТГ, дегенеративное или сосудистое заболевание центральной нервной системы или констатировать отсутствие этих патологий. Полученная модель опробована на тестовой выборке, оценены ее диагностические характеристики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявлены качественные и количественные признаки, различающиеся во всех группах (табл. 2).

Для комплексной оценки различий и построения модели дифференциальной диагностики проведен дискриминантный анализ с применением метода

Таблица 2. Сравнительная характеристика МРТ-признаков

Table 2. Comparative characteristics of MR-criterion

Признак Criterion	Пациенты с идиопатической нормотензивной гидроцефалией Patients with idiopathic hydrocephaly	Пациенты с гидроцефалией <i>ex vacuo</i> Patient with <i>ex vacuo</i> hydrocephaly	Контрольная группа Control group	Статистическая значимость различий Statistical significance of differences
<b>Количественные</b> Quantitative				
Индекс Эванса, Ме (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) Evans' index, Me (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )	0,34 (0,32, 0,37)	0,29 (0,26, 0,31)	0,27 (0,24, 0,29)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Размер III желудочка, мм, Ме (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) Size of the third ventricle, mm, Me (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )	12 (10, 14)	9 (7, 10)	8 (6, 9)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Размер височных рогов, мм, Ме (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) Size of the temporal horns, mm, Me (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )	6,5 (5, 8)	5 (3,5, 7)	2,5 (1,5, 4)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Угол мозолистого тела, град., Ме (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) Callosal angle, degrees, Me (Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )	75 (60, 85)	109 (101, 116)	116 (109, 124)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
<b>Качественные</b> Qualitative				
Расширение боковых щелей, абс. (%) Widening of the lateral fissures, abs. (%)	189 (88,9)	35 (24,2)	5 (6,3)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$

Окончание табл. 2

The end of the table 2

Признак Criterion	Пациенты с идиопатической нормотензивной гидроцефалией Patients with idiopathic hydrocephaly	Пациенты с гидроцефалией <i>ex vacuo</i> Patient with <i>ex vacuo</i> hydrocephaly	Контрольная группа Control group	Статистическая значимость различий Statistical significance of differences
<b>Качественные</b> Qualitative				
Сужение конвексительных борозд полушарий в парасагитальной области, абс. (%) Narrowing of the convexity sulci of the hemispheres in the parasagittal area, abs. (%)	137 (64,2)	8 (5,5)	0	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Атрофия, абс. (%) Atrophy, abs. (%)	21 (9,9)	58 (40,7)	4 (5,1)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} = 0,248$
Диспропорциональное расширение субарахноидальных пространств, абс. (%) Disproportionally enlarged subarachnoid space hydrocephalus, abs. (%)	124 (58,0)	0	0	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Локальное расширение конвексительных борозд полушарий, абс. (%) Local widening of the convexity sulci of the hemispheres, abs. (%)	150 (70,4)	9 (6,6)	0	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Перивентрикулярные изменения, абс. (%) Periventricular changes, abs. (%)	210 (98,8)	71 (49,5)	25 (31,6)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} < 0,001$
Субкортикальный глиоз, абс. (%) Subcortical gliosis, abs. (%)	76 (35,8)	96 (67,0)	38 (48,1)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} = 0,115$
Расширение периваскулярных пространств, абс. (%) Enlarged perivascular spaces, abs. (%)	45 (21,0)	123 (85,7)	26 (32,9)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{1,3} = 0,089$

пошагового включения признаков. В процессе анализа данных определены значения коэффициентов канонической дискриминантной функции (КДФ) и построена прогностическая модель, позволяющая на основании оценки значений МРТ-признаков относить новые наблюдения к одной из классификационных групп (табл. 3).

Вычисление коэффициентов КДФ 1 и 2 выполняется по формуле:

$$КДФ_i = k_{i1} \times P1 + k_{i2} \times P2 + \dots + k_{in} \times P_n + C,$$

где  $k_{in}$  – коэффициент одной из канонических дискриминантных функций для соответствующего признака;  $P_n$  – степень выраженности соответствующего предиктора;  $C$  – константа.

Для дифференциальной диагностики в формулу подставляют значения признаков, полученные при обследовании конкретного больного, и решают уравнение. В результате для конкретного клинического случая определяют значение КДФ<sub>1</sub> и КДФ<sub>2</sub>. Далее рассчитанные значения откладывают на графике и рассчитывают их

удаленность от функций в центроидах групп. Наибольшее приближение КДФ<sub>1</sub> и КДФ<sub>2</sub> к функциям центроида одной из групп позволяет отнести новое наблюдение к этой группе.

Применение описанной классификационной модели к тестовой выборке показало ее высокую диагностическую точность. Так, у пациентов, диагноз иНТГ у которых был подтвержден положительным результатом ликворопунтирующей операции, классификационная модель диагностировала иНТГ во всех случаях. Пациентов с дегенеративными заболеваниями программа отнесла к соответствующей группе в 89 % случаев, в 11 % – к контрольной группе. Пациенты без патологии центральной нервной системы были опознаны программой в 77 % случаев, а в 23 % были отнесены к группе пациентов с дегенеративными заболеваниями (табл. 4).

Для применения описанной модели с целью дифференциальной диагностики иНТГ в табличном редакторе Microsoft Excel создана форма, позволяющая после заполнения соответствующих граф значениями признаков установить наличие или отсутствие у пациента иНТГ (см. рисунок).

**Таблица 3.** Коэффициенты канонической дискриминантной функции для исследуемых МРТ-признаков  
**Table 3.** Coefficients of canonical discriminant function for the studied MR-criteria

Признак Criterion	Значение Value	Условное обозначение Identification	Коэффициенты канонической дискриминантной функции Coefficients of canonical discriminant functions	
			k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>
Диспропорциональное расширение субарахноидальных пространств Disproportionally enlarged subarachnoid space hydrocephalus	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P1	1,977	–0,343
Локальное расширение конвекситальных борозд полушарий Local widening of the convexity sulci of the hemispheres	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P2	1,511	0,092
Средний размер височных рогов Average size of the temporal horns	мм mm	P3	–0,054	–0,01
Угол мозолистого тела Callosal angle	градусы degrees	P4	1,049	–0,176
Перивентрикулярные изменения Periventricular changes	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P5	0,054	0,257
Расширение периваскулярных пространств Enlarged perivascular spaces	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P6	–0,833	0,105
Атрофия Atrophy	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P7	0,113	1,17
Расширение боковых щелей Widening of the lateral fissures	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P8	0,754	–0,018
Субкортикальный глиоз Subcortical gliosis	1 – наличие, 0 – отсутствие 1 – presence, 0 – absence	P9	–0,757	1,564
Константа Constant	–	C	3,998	–1,119

**Таблица 4.** Результаты апробации прогностической модели\*  
**Table 4.** Results of prognostic model testing\*

Группа Group		Предсказано моделью, абс. (%) Predicted by the model, abs. (%)		
		Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия Idiopathic hydrocephaly	Дегенеративные заболевания Degenerative disease	Контрольная группа Control group
Истинное состояние, абс. (%) True condition, abs. (%)	Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия Idiopathic hydrocephaly	212 (99,5)	1 (0,5)	0
	Дегенеративные заболевания Degenerative disease	0	128 (89,0)	16 (11,0)
	Контрольная группа Control group	0	18 (23,0)	61 (77,0)

\*Классифицированы правильно 92,0 % случаев.  
 \*92.0 % of observations classified correctly.

Предиктор	Значение
DESH-синдром (1 – есть; 0 – нет)	0
Локальное расширение борозд (1 – есть; 0 – нет)	1
Каллезный угол (градусы)	96
Перивентрикулярные изменения (1 – есть; 0 – нет)	1
Средний поперечный размер височных рогов боковых желудочков (мм)	5
Субкортикальный глиоз (1 – есть; 0 – нет)	0
Атрофия (1 – есть; 0 – нет)	0
Расширение боковые щелей головного мозга (1 – есть; 0 – нет)	1
Расширение периваскулярных пространств (1 – есть; 0 – нет)	1
<b>ИДИОПАТИЧЕСКАЯ НОРМОТЕНЗИВНАЯ ГИДРОЦЕФАЛИЯ</b>	
Предиктор	Значение
DESH-синдром (1 – есть; 0 – нет)	0
Локальное расширение борозд (1 – есть; 0 – нет)	0
Каллезный угол (градусы)	115
Перивентрикулярные изменения (1 – есть; 0 – нет)	1
Средний поперечный размер височных рогов боковых желудочков (мм)	6
Субкортикальный глиоз (1 – есть; 0 – нет)	1
Атрофия (1 – есть; 0 – нет)	1
Расширение боковые щелей головного мозга (1 – есть; 0 – нет)	0
Расширение периваскулярных пространств (1 – есть; 0 – нет)	1
<b>ДЕГЕНЕРАТИВНОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ ЦНС</b>	

Пример использования модели для дифференциальной диагностики

Example of using the model for differential diagnosis

## ОБСУЖДЕНИЕ

Одна из основных проблем в диагностике иНТГ – дифференцирование иНТГ и заболеваний, имеющих сходную клиническую симптоматику, но не являющихся следствием ликвородинамических нарушений, – болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона, сосудистой деменции, болезни Бинсвангера, прогрессирующего надъядерного паралича и др. [5]. Кроме того, у значительной части пациентов иНТГ протекает на фоне общего нейродегенеративного процесса, что существенно снижает эффективность оперативного лечения. Так, по результатам посмертного морфологического исследования ткани головного мозга признаки, свидетельствующие о наличии актуального нейродегенеративного заболевания (болезни Альцгеймера, прогрессирующего надъядерного паралича), выявлены у 8 (89 %) из 9 пациентов с иНТГ [6].

Использование инвазивных методов диагностики решает проблему лишь отчасти, увеличивая риск осложнений, длительность стационарного лечения и нагрузку на персонал стационара. Следует отметить, что даже последовательное применение всех описанных инвазивных методов не гарантирует 100-процентную вероятность выявления иНТГ.

Помимо инвазивных диагностических процедур, для дифференциальной диагностики иНТГ предложено много нейровизуализационных методов, как применяющихся в повседневной клинической практике (компьютерная томография (КТ) и МРТ), так и высокоспециализированных (МРТ в режиме иссле-

дования ликвородинамики, МРТ-спектроскопия, трактография, МРТ-эластография, перфузионные КТ и МРТ, позитронная эмиссионная томография и др.) [7–10]. Высокоспециализированные лучевые диагностические методы обеспечивают большую точность, чем рутинные КТ и МРТ, но их применение ограничено в связи с малочисленностью специалистов, высокотехнологичного оборудования со специальным программным обеспечением. В представленной работе для анализа и построения диагностической модели выбраны признаки, выявляемые при рутинной МРТ, интерпретацию которых могут осуществлять неврологи и терапевты, к которым зачастую пациенты с иНТГ попадают в первую очередь.

В ходе анализа данных КТ и МРТ ряд исследователей выявил симптомы, наиболее характерные для иНТГ и позволяющие проводить дифференциальную диагностику. К ним относятся индекс Эванса [11, 12], DESH-синдром [13], расширение височных рогов боковых желудочков [14], угол мозолистого тела [15], наличие перивентрикулярных изменений и их интенсивность [16], расширение периваскулярных пространств [17], а также локальное расширение боковых щелей и борозд на конвексимальной поверхности полушарий головного мозга [18, 19]. По мере накопления информации о частоте перечисленных признаков при иНТГ предприняты попытки их комплексной оценки [20, 21]. Так, G. Ringstad и соавт. предложили специальную шкалу, позволяющую формализовать описание симптомов иНТГ, выявленных при КТ (iNPH Radiological Scale). Авторы отметили преимущества такого подхода перед изолированным описанием отдельных рентгенологических признаков [16]. Наши результаты согласуются с данными этих авторов, однако мы считаем, что для диагностики иНТГ в повседневной практике МРТ предпочтительна. Именно это обстоятельство побудило нас к проведению данного исследования. Предложенная нами модель дифференциальной диагностики требует дополнительных исследований для определения чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической значимости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный подход к оценке выявляемых при МРТ структурных изменений, возникающих в головном мозге при иНТГ, является существенным дополнением классического алгоритма дифференциальной диагностики иНТГ, а в ряде случаев и альтернативой ему. Использование прогностической модели для определения вероятного исхода позволяет оптимизировать оценку МРТ-признаков и сделать вывод о перспективах нейрохирургического вмешательства. Применение предложенного метода позволяет оптимизировать и унифицировать описание выявленных при МРТ изменений.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Jaraj D., Rabiei K., Marlow T. et al. Prevalence of idiopathic normal-pressure hydrocephalus. *Neurology* 2014;82(16): 1449–54. DOI: 10.1212/WNL.000000000000342.
- Rosell C.M., Andersson J., Kockum K. et al. Prevalence of idiopathic normal pressure hydrocephalus – a pilot study in Jämtland, Sweden. *Fluids Barriers CNS* 2015;12(Suppl 1):55. DOI: 10.1186/2045-8118-12-S1-O55.
- Toma A.K., Papadopoulos M.C., Stapleton S. et al. Systematic review of the outcome of shunt surgery in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(10): 1977–80. DOI: 10.1007/s00701-013-1835-5.
- Tullberg M., Persson J., Petersen J. et al. Shunt surgery in idiopathic normal pressure hydrocephalus is cost-effective – a cost utility analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(3):509–18. DOI: 10.1007/s00701-017-3394-7.
- Lemcke J., Stengel D., Stockhammer F. et al. Nationwide incidence of normal pressure hydrocephalus (NPH) assessed by insurance claim data in Germany. *Open Neurol J* 2016;10:15–24. DOI: 10.2174/1874205X01610010015.
- Cabral D., Beach T.G., Vedders L. et al. Frequency of Alzheimer's disease pathology at autopsy in patients with clinical normal pressure hydrocephalus. *Alzheimers Dement* 2011;7(5):509–13. DOI: 10.1016/j.jalz.2010.12.008.
- Lundin F., Tisel A., Dahlqvist Leinhard O. et al. Reduced thalamic N-acetylaspartate in idiopathic normal pressure hydrocephalus: a controlled 1H-magnetic resonance spectroscopy study of frontal deep white matter and the thalamus using absolute quantification. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2011;82(7):772–8. DOI: 10.1136/jnnp.2010.223529.
- Perry A., Graffeo C.S., Fattahi N. et al. Clinical correlation of abnormal findings on magnetic resonance elastography in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *World Neurosurg* 2017;99:695–700. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.12.121.
- Kamiya K., Hori M., Irie R. et al. Diffusion imaging of reversible and irreversible microstructural changes within the corticospinal tract in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Neuroimage Clin* 2017;14:663–71. DOI: 10.1016/j.nicl.2017.03.003.
- Yin L.K., Zheng J.J., Zhao L. et al. Reversed aqueductal cerebrospinal fluid net flow in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand* 2017;136(5):434–9. DOI: 10.1111/ane.12750.
- Evans W.A.J. An encephalographic ratio for estimating ventricular enlargement and cerebral atrophy. *Arch Neurol Psychiatry* 1942;47:931–7.
- Jaraj D., Rabiei K., Marlow T. et al. Estimated ventricle size using Evans index: reference values from a population-based sample. *Eur J Neurol* 2017;24(3):468–74. DOI: 10.1111/ene.13226.
- Shinoda N., Hirai O., Hori S. 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(6):1436–42. DOI: 10.3171/2016.9.JNS161080.
- Svendsen P., Duru O. Visibility of the temporal horns on computed tomography. *Neuroradiology* 1981;21(3):139–44.
- Ishii K., Kanda T., Harada A. et al. Clinical impact of the callosal angle in the diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Eur Radiol* 2008;18(11):2678–83. DOI: 10.1007/s00330-008-1044-4.
- Ringstad G., Våtnehol S.A.S., Eide P.K. Glymphatic MRI in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Brain* 2017;140(10):2691–705. DOI: 10.1093/brain/awx191.
- Doubal F.N., MacLulich A.M., Ferguson K.J. et al. Enlarged perivascular spaces on MRI are a feature of cerebral small vessel disease. *Stroke* 2010;41(3): 450–4. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.564914.
- Sasaki M., Honda S., Yuasa T. et al. 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):117–22. DOI: 10.1007/s00234-007-0318-x.
- Narita W., Nishio Y., Baba T. et al. High-convexity tightness predicts the shunt response in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol* 2016;37(10):1831–7. DOI: 10.3174/ajnr.A4838.
- 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):2311–8. DOI: 10.3174/ajnr.A4046.
- Kockum K., Lilja-Lund O., Larsson E.M. et al. The idiopathic normal-pressure hydrocephalus Radscale: a radiological scale for structured evaluation. *Eur J Neurol* 2018;25(3):569–76. DOI: 10.1111/ene.13555.

## Вклад авторов

Г.В. Гаврилов: разработка дизайна исследования, проведение операций, написание текста статьи;

А.В. Станишевский: получение данных для анализа, анализ полученных данных (включая статистический), обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

Б.В. Гайдар: разработка дизайна исследования;

Д.В. Свистов: анализ полученных данных (включая статистический), написание текста статьи;

К.Н. Бабичев: анализ полученных данных (включая статистический);

Б.Г. Адлейба: получение данных для анализа.

## Authors' contributions

G.V. Gavrilov: developing the research design, surgery treatment, article writing;

A.V. Stanishevskiy: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data (including statistics), reviewing of publications of the article's theme, article writing;

B.V. Gaydar: developing the research design;

D.V. Svistov: analysis of the obtained data (including statistics), article writing;

K.N. Babichev: obtaining data for analysis (including statistics);

B.G. Adleyba: obtaining data for analysis.

**ORCID авторов/ORCID of authors**

Г.В. Гаврилов/G.V. Gavrilov: <https://orcid.org/0000-0002-8594-1533>

А.В. Станишевский/A.V. Stanishevskiy: <https://orcid.org/0000-0002-2615-269X>

Б.В. Гайдар/B.V. Gaydar: <https://orcid.org/0000-0003-2430-1927>

Д.В. Свистов/D.V. Svistov: <https://orcid.org/0000-0002-3922-9887>

К.Н. Бабичев/K.N. Babichev: <https://orcid.org/0000-0002-4797-2937>

Б.Г. Адлейба/B.G. Adleyba: <https://orcid.org/0000-0002-9761-7095>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Информированное согласие.** Пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Informed consent.** The patients gave written informed consent to participate in the study.