

## АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШКАЛЫ iNPH RADSCALE ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ГИДРОЦЕФАЛИИ

Гаврилов Г. В., Радков М. Н., Станишевский А. В., Войцеховский Д. В.,  
Гайдар Б. В., Свистов Д. В.

Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург

### ANALYSIS OF DIAGNOSTIC VALUE OF iNPH RADSCALE'S RADIOLOGICAL SIGNS IN DIFFERENT FORMS OF HYDROCEPHALUS

Gavrilov G. V., Radkov M. N., Stanishevsky A. V., Wojciechowski D. V., Gaidar B. V., Svistov D. V.

Military Medical Academy, S. M. Kirov, Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg

#### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ:** идиопатическая нормотензивная гидроцефалия (иНТГ) – заболевание, проявляющееся расширением ликворосодержащих пространств и триадой Хаким-Адамса. Для оценки показаний к вентрикулоперитонеальному шунтированию применяются различные шкалы, в частности — iNPH RadScale, ранжирующая радиологические симптомы, специфичные для иНТГ и общие для всех форм гидроцефалии.

**ЦЕЛЬ:** сравнительная оценка МР-параметров iNPH RadScale у пациентов с различными видами гидроцефалии для определения корреляции диагноза иНТГ с присутствием определённых радиологических признаков, включённых в данную шкалу.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** в исследовании использованы данные МРТ головного мозга до оперативного лечения 175 пациентов, из которых у 117 пациентов верифицирован диагноз иНТГ, у 58 пациентов наблюдались другие виды гидроцефалии. В соответствии с iNPH RadScale измерялись 7 радиологических показателей с максимальным значением суммы баллов — 12. Проведен корреляционный анализ показателей с наличием диагноза иНТГ, сравнение суммы баллов между группами по iNPH RadScale. Статистическая обработка данных проводилась методом Хи-квадрат, расчёта коэффициента корреляции Пирсона.

**РЕЗУЛЬТАТЫ:** выявлена сильная корреляция наличия иНТГ с присутствием локального расширения борозд ( $r=0,874$ ,  $p<0,001$ ) и изолированно расширенных боковых щелей ( $r=0,917$ ,  $p<0,001$ ), средняя корреляция ( $r=0,323$ ,  $p<0,05$ ) — при наличии сужения конвекситальных субарахноидальных пространств. Остальные радиологические показатели одинаково часто встречались в обеих группах обследованных пациентов ( $r<0,3$ ,  $p>0,05$ ). Суммарный балл шкалы достоверно не различался ( $p>0,05$ ) между группами, что, вероятно, связано с неоднородностью выборки в группе других видов гидроцефалии.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** отмечено 3 признака iNPH RadScale, специфичных для иНТГ, остальные 4 признака характерны для всех видов гидроцефалии. Наличие DESH-синдрома и локального расширения конвекситальных борозд делает диагноз иНТГ наиболее вероятным.

#### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Idiopathic normal-pressure hydrocephalus (iNPH) is a pathological process in the brain including widening of CSF-containing spaces and Hakim-Adams syndrome. Among different scales allowing us to select shunt-responsive patients, we chose iNPH RadScale that ranges different radiological signs, some of them are of high specificity for iNPH, and others are common for all kinds of hydrocephalus.

**OBJECTIVE:** assessment of MRI radiological signs of iNPH RadScale in patients with iNPH, other forms of hydrocephalus and hydrocephalus-associated disorders to determine the correlation between iNPH diagnosis and presence of iNPH RadScale signs.

**METHODS:** we used preoperative brain MRI of 175 patients to assess radiological signs in them, 117 of them have iNPH, 58 — other forms of hydrocephalus. The iNPH RadScale contains 7 radiological signs, maximum 12 points. We used Chi-square criteria and Pearson's correlation to compare each of the radiological signs between the groups.

**RESULTS:** Only 2 radiological signs have got very strong correlation with iNPH: focally enlarged sulci ( $r=0,874$ ,  $p<0,001$ ) and Sylvian fissures dilation ( $r=0,917$ ,  $p<0,001$ ), and medium level of correlation for high-convexity tightness ( $r=0,323$ ,  $p<0,05$ ). Other radiological signs had the equal occurrence in both groups of patients ( $r<0,3$ ,  $p>0,05$ ). There was no significant difference ( $p<0,05$ ) in iNPH RadScale score between the groups because of heterogeneity of the secondary hydrocephalus' group.

**CONCLUSION:** iNPH RadScale has 4 signs common for all forms of hydrocephalus and 3 signs which have high specificity for iNPH. Thus, we can conclude that DESH-syndrome and locally dilated convexital sulci can highly likely confirm the iNPH diagnosis.

## Введение

Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия (синдром Хаким-Адамса, иНТГ) — заболевание, встречающееся в основном у пожилых людей, характеризующееся вентрикуломегалией при нормальных показателях ликворного давления и проявляющееся триадой клинических симптомов: деменцией, нарушением походки и недержанием мочи [1,2]. Несмотря на то, что до сих пор имеются данные о проведении эндоскопической тривентрикулоцистерностомии при иНТГ, на сегодняшний день общепринятым «золотым стандартом» лечения пациентов иНТГ остаётся имплантация ликворшунтирующей системы [14]. Этиология иНТГ до настоящего времени остаётся неясной, что часто усложняет диагностику.

Идиопатическая нормотензивная гидроцефалия встречается в 6–10% случаев всех деменций у пожилых людей. Заболеваемость иНТГ по данным D. Jaraş с соавторами в 2014 году [4], составила 0,2% случаев в возрасте 70–79 лет и в 5,9% — 80 лет и старше, причём, авторы полагают, что реальные показатели значительно выше. Высокую заболеваемость иНТГ у лиц пожилого возраста подтверждают и другие исследователи. Достоверной разницы в заболеваемости между мужчинами и женщинами не отмечено [5,6]. Различающиеся данные по заболеваемости, возможно, связаны с отличиями критериев диагноза и диагностических алгоритмов.

Лечение пациентов иНТГ остается актуальной темой, в связи с распространенностью, но гиподиагностикой данного заболевания, несмотря на возможность благоприятного исхода при своевременном хирургическом лечении. Пациенты с вторичной НТГ, возникающей по известной причине (менингит, перенесённая инфекция, кровоизлияния и др.), как правило, находятся под наблюдением нейрохирургов, и помощь данной категории пациентов оказывается вовремя, в отличие от иНТГ. Это связано с низким выявлением иНТГ, несовершенством критериев отбора пациентов для хирургического лечения, в том числе по МР-критериям. В связи с этим важнейшей составляющей диагностики иНТГ и отбора пациентов на операцию является оценка объективных радиологических показателей состояния цереброспинальной системы [7].

## Цель

Сравнительная оценка МР-параметров радиологической шкалы иНТГ (iNPH RadScale) у больных иНТГ и пациентов с другими видами гидроцефалии, для определения корреляции наличия диагноза иНТГ с присутствием определённых радиологических признаков, включённых в iNPH RadScale.

## Материалы и методы

В исследовании были использованы результаты КТ и МРТ головного мозга 175 пациентов (96 мужчин, 79 женщин), оперированных в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург), из которых у 117 пациентов верифицирован диагноз иНТГ (средний возраст:  $70,2 \pm 7,7$  лет) — I группа, а у 58 пациен-

тов — другие виды гидроцефалии (средний возраст:  $42,7 \pm 14,7$  лет) — II (контрольная) группа. В соответствии с iNPH RadScale измеряли 7 показателей: 1) индекс Эванса (отношение между максимальной шириной передних рогов боковых желудочков к максимальному расстоянию между внутренними пластинками теменных костей на аксиальных срезах); 2) ширина субарахноидального пространства в области верхних отделов теменных долей и ширина борозд около серпа мозга, оцениваемых в корональной плоскости и на верхних аксиальных срезах («тугой конвекс»); 3) расширение боковых щелей по сравнению с окружающими бороздами; 4) локальное расширение конвекситаальных борозд; 5) расширение височных рогов боковых желудочков; 6) повышение интенсивности перивентрикулярного вещества головного мозга на T2 ВИ и FLAIR по данным МРТ; 7) угол мозолистого тела, измеренный в корональной плоскости на уровне задней комиссуры перпендикулярно межкомиссуральной линии. Данные показатели измеряли в программе RadiAnt DICOM Viewer (64-bit).

Каждый из показателей оценивали в баллах, соответственно таблице iNPH RadScale, разработанной группой исследователей под руководством Johan Virhammar из Umea University, Sweden [8]. Проведен корреляционный анализ между показателями радиологической шкалы с наличием диагноза иНТГ, суммы баллов по iNPH RadScale с помощью программы Statistica 10.0.

Статистическая обработка проводилась методом Хи-квадрат для 5 из 7 показателей:

1. сужение конвекситаальных борозд у серповидного отростка
2. расширение височных рогов боковых желудочков
3. угол мозолистого тела
4. индекс Эванса
5. перивентрикулярная гиперинтенсивность по T2 ВИ и FLAIR

Для оценки оставшихся 2-х статистических показателей использовался точный критерий Фишера:

1. локальное расширение конвекситаальных борозд
2. диспропорциональное расширение боковых щелей

С целью оценки корреляции показателей с наличием иНТГ для всех показателей использовался расчёт коэффициента сопряжённости Пирсона.

## Результаты

В результате статистической обработки полученных данных удалось выявить сильную корреляционную связь наличия иНТГ с присутствием двух показателей (табл. 1): локального расширения борозд ( $r=0,874$ ,  $p<0,001$ ) и наличия расширенных по сравнению с окружающими бороздами боковых щелей ( $r=0,917$ ,  $p<0,001$ ). Также отмечена средняя корреляция (табл. 2) сужения конвекситаальных субарахноидальных пространств у серповидного отростка с наличием иНТГ ( $r=0,323$ ,  $p=0,007$ ). Данный радиологический симптом является составной частью DESH-синдрома

(Disproportionally Enlarged Subarachnoid-Space Hydrocephalus), который по результатам проведённого исследования SINPHONI [7] является прогностически значимым фактором положительного результата хирургического лечения иНТГ.

При изучении остальных радиологических показателей существенной связи с наличием иНТГ у пациента выявлено не было, т.е. данные показатели неспецифичны для иНТГ и могут быть обнаружены при других видах гидроцефалии (табл. 2). Не выявлено корреляции между наличием таких радиологических признаков, как узкая межполушарная щель, расширение височных рогов боковых желудочков, перивентрикулярная гиперинтенсивность на T2 ВИ и FLAIR, углом мозолистого тела, индексом Эванса и видом гидроцефалии ( $r < 0,3$ ,  $p > 0,05$ ).

Сумма баллов трёх показателей iNPH RadScale (локального расширения борозд, сужения конвекситальных борозд у серповидного отростка, расширения боковых щелей) и сумма баллов остальных четырёх радиологических признаков также отдельно сравнивалась между группами обследуемых с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Также с учётом наличия средней и сильной корреляции трех критериев из семи с диагнозом идиопатической нормотензивной гидроцефалии, два из которых составляют DESH-синдром (расширение боковых щелей в совокупности с сужением конвекситальных борозд у серповидного отростка), отдельно просуммированы баллы для этих трех признаков и для остальных четырех показателей, характерных для всех видов гидроцефалий. С целью сравнения полученных данных использовался U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок.

В результате статистического анализа суммы баллов трех специфичных для иНТГ признаков между

группами обследуемых отмечена еще более показательная статистическая разница. Полученное значение U критерия Манна-Уитни 142,5, критическое значение U-критерия равно 482 при  $p < 0,01$ , следовательно, сумма баллов по признаку DESH синдрома и локального расширения борозд достоверно выше в группе иНТГ.

При оценке сравнительных данных по остальным четырем признакам (индекса Эванса, расширения височных рогов боковых желудочков, угла мозолистого тела, перивентрикулярной гиперинтенсивности на T2 и FLAIR) достоверной разницы не выявлено. Полученное эмпирическое значение  $U_{эмп} = 690$  находится вне зоны значимости, т.к. критическое значение U-критерия для данных выборок при  $p < 0,05$  равно 547, из чего следует, что нет достоверной разницы между суммами баллов по 4 общим для гидроцефалий признакам в этих группах (табл. 3).

Основываясь на результатах литературных данных и нашего исследования, можно сделать вывод о том, что наличие DESH-синдрома (Disproportionally Enlarged Subarachnoid-Space Hydrocephalus), компонентами которого являются диспропорционально расширенные боковые щели в сочетании с сужением ликворных пространств в области серповидного отростка (high-convexity parafalcine sulci, «тугой конвекс»), так же, как и локальное расширение борозд головного мозга, являются определяющими факторами в верификации диагноза иНТГ, что в свою очередь является показанием к хирургическому лечению — ликворорезирующей операции.

Обращает на себя внимание различие между группами по среднему возрасту пациентов ( $p < 0,001$ , U критерий Манна-Уитни): пациенты с иНТГ были значительно старше пациентов с другими видами ги-

Таблица 1.

Расчёт точного критерия Фишера и коэффициента сопряженности Пирсона для показателей локального расширения борозд, диспропорционального расширения боковой щели.

	Точный критерий Фишера (Уровень значимости p)	Коэффициент сопряженности Пирсона
Локальное расширение борозд	$p < 0,001$	0,874
Расширение боковой щели	$p < 0,001$	0,917

Таблица 2.

Расчёт критерия Хи-квадрат и коэффициента сопряженности Пирсона для следующих показателей: сужение конвекситальных борозд, расширения височных рогов боковых желудочков, угла мозолистого тела, индекса Эванса, перивентрикулярной гиперинтенсивности на T2 и FLAIR.

	Значение критерия Хи-квадрат	Критическое значение при уровне значимости $p < 0,05$	Уровень значимости p	Коэффициент сопряженности Пирсона
Сужение конвекситальных субарахноидальных пространств	7,383	5,991	0,007	0,323
Расширение височных рогов боковых желудочков	3,697	5,991	0,158	0,105
Угол мозолистого тела	1,601	5,991	0,206	0,065
Индекс Эванса	4,334	5,991	0,115	0,097
Перивентрикулярная гиперинтенсивность на T2 и FLAIR	1,657	5,991	0,199	0,177

Таблица 3.

Сравнительный анализ суммы баллов признаков, специфичных для иНТГ и общих для всех видов гидроцефалий.

Сумма баллов	Группа I	Группа II	Значение p*
1. сужение конвекситальных борозд у серповидного отростка 2. расширение боковых щелей 3. локальное расширение борозд	3,05±0,99	1,13±0,96	p<0,01
1. расширение височных рогов боковых желудочков 2. угол мозолистого тела 3. индекс Эванса 4. перивентрикулярная гиперинтенсивность	4,59±1,3	4,39±1,9	p>0,05

\* — U критерий Манна-Уитни

дроцефалии (70,2±7,7 лет против 42,7±14,7 лет, соответственно). Сравнение между суммарным средним баллом шкалы между двумя группами исследуемых (7,3±1,9 у группы иНТГ против 5,6±2,21) не дало значимого различия (p=0,296, U критерий Манна-Уитни). Отсутствие различия в суммарном балле шкалы связано с наличием в показателях радиологических симптомов, специфичных не только для иНТГ и являющихся общими для всех разновидностей гидроцефалии.

#### Обсуждение

К настоящему времени опубликовано много работ, в которых предприняты попытки оценить чувствительность и специфичность различных радиологических параметров, встречающихся при идиопатической нормотензивной гидроцефалии. Целью всех этих исследований является предоперационный прогноз эффективности ликворшунтирующего вмешательства. Однако, попыток структурировать и объективизировать возможность включения различных радиологических параметров в одну шкалу, позволившую бы количественно оценить вероятность положительного исхода операции, было явно недостаточно.

Одной из таких шкал стала iNPH RadScale, в которую включены 7 вышеприведённых критериев из 8 исследованных (выбухание стенок боковых желудочков на сагиттальных срезах не явилось прогностически значимым признаком) [8]. Характерно то, что некоторые из этих признаков являются универсальными критериями гидроцефалии. Такие признаки, как индекс Эванса, расширение височных рогов боковых желудочков, угол мозолистого тела и перивентрикулярная гиперинтенсивность на T2 ВИ и FLAIR встречаются в большинстве случаев гидроцефалии и неспецифичны для иНТГ. Основываясь на результатах данного исследования, было принято решение использовать шкалу для оценки всех видов гидроцефалий, включая иНТГ, с целью уточнить специфичность радиологических параметров, характерных для иНТГ.

По результатам анализа радиологических показателей нами отмечена выраженная корреляция наличия расширенных боковых щелей и локального расширения борозд с подтверждённым диагнозом иНТГ (r=0,605, p<0,001 и r=0,648, p<0,001, соответственно), а также средняя корреляция с наличием сужения субарахноидальных пространств у конвекса. Совокупность расширения боковых щелей и сужение субарахноидальных пространств у конвексальной

поверхности (high-convexity tightness of subarachnoid space) являются DESH-синдромом. Подобные изменения радиологической картины головного мозга нашли место как в многоцентровом рандомизированном исследовании японских коллег SINPHONI [7], SINPHONI II [9], так и у многих авторов европейских стран, как прогностически значимый критерий.

В нашем исследовании сильной корреляцией обладают только два признака, из которых расширение боковых щелей является составляющей DESH-синдрома [7]. Однако, стоит отметить, что наличие сужения борозд у конвекса (высокое стояние конвексальной поверхности головного мозга у серповидного отростка) проявлялось более выраженной клинической симптоматикой, что соответствует данным зарубежных исследований [10].

Кроме того, сочетание более выраженного сужения конвексальных борозд около серпа мозга с расширением боковых щелей и/или наличием локального расширения борозд проявлялось более выраженным нарушением походки, а также более выраженным регрессом симптоматики после установки шунтирующей системы, нежели при отсутствии данного сочетания признаков. Высокое значение индекса Эванса сочеталось с большей выраженностью когнитивных нарушений. Данные выводы совпадают с результатами шведских коллег [10].

В нашем исследовании у пациентов с иНТГ гиперинтенсивность вещества головного мозга на T2 ВИ и FLAIR в перивентрикулярной зоне отмечалась в 103(88%) случаях из 117-ти у больных иНТГ и в 46(79%) случаях из 58 у пациентов с другими формами гидроцефалии. Различия в частоте встречаемости статистически незначимы и имеет место слабая корреляция признака (p=0,199, r=0,177 по коэффициенту сопряженности Пирсона) с наличием диагноза иНТГ у пациента.

Стоит отметить, что гиперинтенсивность сигнала на T2 ВИ и FLAIR может быть обусловлена наличием сопутствующих коморбидных состояний (ХНМК, ишемии белого вещества, артериальной гипертензии и т.д.) и возрастными изменениями белого вещества головного мозга, т.к. все пациенты с иНТГ были старше 60 лет, наличие которых не исключает диагноза иНТГ.

Таким образом, несмотря на то, что шкала iNPH RadScale включает обоснованные показатели, и количественная оценка признаков даёт значительный

вклад в прогностическую значимость предоперационной диагностики, не все признаки данной шкалы высокоспецифичны для пациентов с иНТГ. Нами прослежена сильная корреляция некоторых признаков с наличием иНТГ у пациентов. Сочетание признаков в составе синдрома DESH проявлялась более выраженной клинической картиной заболевания, тогда как некоторые признаки были абсолютно не специфичны для пациентов с иНТГ. Данный факт требует дальнейшего изучения вклада того или иного признака в патогенез заболевания и прогноз нейрохирургического лечения.

Многие авторы уже обсуждают патогенетическую природу исследуемых радиологических симптомов [8, 12].

Исходя из результатов наших исследований и данных зарубежных авторов [7,8,9], следует отметить эффективность предложенной шведскими коллегами шкалы и обоснованность их выводов. Однако, корреляции некоторых показателей цереброспинальной системы с компонентами клинической симптоматики требуют модификации количественной оценки рентгеноанатомических признаков в целях повышения прогностической значимости при предоперационной оценке пациентов. Вклад DESH-синдрома, как наиболее характерной для пациентов с иНТГ картины лучевых изменений, [7, 8, 13] должен превалировать в количественном выражении над другими менее специфичными для иНТГ составляющими шкалы.

Об этом также говорят и результаты сравнения показателей шкалы отдельно по специфичным для иНТГ признакам между данными группами. Суммарный показатель шкалы 3 вышеобозначенных радиологических симптомов (несмотря на то что максимальная сумма составляла лишь 4 балла, что составляет 1/3 iNPH RadScale) у пациентов с иНТГ был достоверно выше, в то время как сумма баллов 4 общих для всех видов гидроцефалий признаков достоверно не различалась между группами обследуемых, что в очередной раз подтверждает специфичность DESH-синдрома и локального расширения конвексимальных борозд для диагноза иНТГ.

#### Заключение

Стандартизованная шкала iNPH RadScale служит эффективным инструментом предоперационной оценки пациентов иНТГ и даёт возможность прогнозировать исход лечения. Однако, при оценке радиологических данных необходимо также учитывать клиническую симптоматику, возраст пациента и наличие DESH-синдрома, что является определяющими показателями в дифференциальной диагностике иНТГ с гидроцефалией, вызванной другими причинами.

Таким образом, iNPH RadScale имеет только 3 признака, специфичных для иНТГ, и 4 — общих для всех видов гидроцефалии. Вероятность правильного диагноза иНТГ возрастает при наличии радиологических признаков DESH-синдрома и локального расширения конвексимальных борозд.

#### Список литературы:

1. Adams RD, Fisher CM, Hakim S, et al. Symptomatic occult hydrocephalus with "normal" cerebrospinal fluid pressure: A treatable syndrome. *N Engl J Med* 1965; 273:117–126.
2. Hakim S, Adams RD. The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure. Observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J Neurol Sci.* 1965;2(4):307–27.
3. Bradley WG, Whittemore AR, Kortman KE, et al. Marked CSF flow void: an indicator of successful shunting in patients with suspected normal pressure hydrocephalus. *Radiology* 178:459–466, 1991.
4. Jaraj D, Rabiei K, Marlow T, Jensen C, Skoog I, Wikkelsø C.: Prevalence of idiopathic normal-pressure hydrocephalus, *Neurology*. 2014 Apr 22;82(16):1449–54. doi: 10.1212/WNL.0000000000000342
5. Abbruzzese M., Scarone S., Colombo C. Obsessive-compulsive symptomatology in normal pressure hydrocephalus: a case report. // *J. Psychiatr. Neurosci.* —1994. — V.19, N5. — P.378–380
6. Schwarzschild M., Rordorf G., Bekken K. et al. Normal-pressure hydrocephalus with misleading features of irreversible dementias: a case report. // *J-Geriatri-Psychiatry-Neurol.* — 1997 Vol. 10, N. 2 — P. 51–54.
7. Hashimoto M, Ishikawa M, Mori E, et al; 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
8. Karin Kockum, Otto Lilja-Lund, Elna-Marie Larsson, Michelle Rosell, Lars Söderström, Johan Virhammar, Katarina Laurell: The iNPH RadScale; a radiological scale for structured evaluation of idiopathic normal pressure hydrocephalus, *European Journal of Neurology* 2018, 25: 569–576
9. Kazui, H., Miyajima, M., Mori, E., & Ishikawa, M. (2015): Lumboperitoneal shunt surgery for idiopathic normal pressure hydrocephalus (SINPHONI-2): an open-label randomised trial. *The Lancet Neurology*, 14(6), 585–594. doi:10.1016/s1474–4422(15)00046–0
10. Virhammar J, Laurell K, Cesarini KG, et al. Preoperative prognostic value of MRI findings in 108 patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35:2311–18
11. Krauss JK, Droste DW, Vach W, Regel JP, Orszagh M, Borremans JJ, et al. Cerebrospinal fluid shunting in idiopathic normal-pressure hydrocephalus of the elderly: effect of periventricular and deep white matter lesions. *Neurosurgery*. 1996;39(2):292–9; discussion 9–300.
12. W. Narita, Y. Nishio, T. Baba, O. Iizuka, T. Ishihara, M. Matsuda, M. Iwasaki, T. Tominaga, and E. Mori: High-Convexity Tightness Predicts the Shunt Response in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus; June 30, 2016 as 10.3174/ajnr.A4838
13. Craven CL et al. The predictive value of DESH for shunt responsiveness in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Journal of Clinical Neuroscience* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocn.2016.09.004>
14. Oliveira M.F., Reis R.C., Trindade E.M., Pinto F.C. Evidences in the treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus; *Rev Assoc Med Bras* (1992). 2015 May-Jun; 61(3):258–62. doi: 10.1590/1806–9282.61.03.258.