

- Джесксон П. Введение в экспертные системы: Уч. пос. / Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс», 2001.
- Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2004.
- Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия-Телеком, 2002.
- Куравский Л. С., Баранов С. Н., Малых С. Б. Нейронные сети в задачах прогнозирования, диагностики и анализа данных. М.: РУСАВИА, 2003.
- Куравский Л. С., Баранов С. Н., Корниенко П. А. Обучаемые многофакторные сети Маркова и их применение для исследования психологических характеристик // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. № 12. 2005. С. 65–76.
- Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е изд. / Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс», 2003.
- Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks. М.: Горячая линия-Телеком, 2000.
- Эйдемиллер Э. Г., Юстицкис В. В. Анализа семейных взаимоотношений (АСВ).
- Kuravsky L. S., Baranov S. N. Synthesis of Markov networks for forecasting fatigue failures // Proc. Condition Monitoring 2003. Oxford, United Kingdom. July 2003. P. 76–91.
- Kuravsky L. S. and Baranov S. N. The concept of multifactor Markov networks and its application to forecasting and diagnostics of technical systems // Proc. Condition Monitoring 2005. Cambridge, United Kingdom. July 2005. P. 111–117.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА В НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ

Л. П. Лассан, Е. А. Вершинина***

* Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена (Санкт-Петербург)

** Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (Санкт-Петербург)
lassan@mail.ru

Представлены результаты дискриминантного анализа нейропсихологического исследования когнитивных функций 78 больных гидроцефалией и 119 здоровых четырех возрастных групп: 7–9 лет, 10–12 лет, 13–15 лет и 16–18 лет. Обнаружена высокая вероятность правильного прогноза патологии. Для каждой возрастной категории рассчитана формула, позволяющая отнести каждого исследованного индивида либо к больным гидроцефалией, либо к здоровым.

Ключевые слова: дискриминантный анализ, гидроцефалия, когнитивные функции, школьный возраст.

Работы, посвященные освещению вопросов изменения психики при гидроцефалии, немногочисленны (Симерницкая, 1981; Ор Неј, 1985; Берснев, 1993; Буклина, 1993). В них приводятся данные о том, что при водянке мозга может наблюдаться как нормальный уровень развития отдельных психических функций, так и полное отсутствие всяких признаков интеллекта. К характерным нарушениям психики больных гидроцефалией относят резонерство, эйфорию, нарушения внимания и инициативы, быструю утомляемость. Часто отмечаются нарушения

зрительного восприятия и пространственных представлений, которые диссоциируют с хорошим восприятием и запоминанием слуховых (как вербальных, так и невербальных) стимулов и прекрасным музыкальным слухом. Патология развития при гидроцефалии нередко обнаруживается только с возрастом: разница между реальными возможностями больного и тем, что он должен уметь делать, все больше возрастает (Симерницкая, 1985).

Представляется актуальным выявление алгоритма, позволяющего практическому психологу диагностировать нарушения когнитивных функций при гидроцефалии у больных разного возраста и дифференцировать их от нормы.

Данная работа основана на результатах ретроспективного анализа нейропсихологического исследования 78 пациентов в возрасте от 7 до 18 лет с врожденной гидроцефалией различной (неопухолового) генеза, среди них лиц мужского пола было 44 человека, женского – 34.

Изучение нарушений когнитивных функций предполагает сопоставление результатов с соответствующими нормальными показателями той же возрастной категории здоровых детей. Поэтому для возможности сравнения полученных данных с нормой была исследована тем же набором нейропсихологических методик контрольная группа 119 здоровых испытуемых, которые являлись учениками 1–10 классов средних школ Санкт-Петербурга. Критерием отбора служила успешность обучения.

С учетом специфики данного контингента больных были использованы стандартные психологические методики для изучения памяти и внимания (запоминание 10 слов и 9 трудно вербализуемых фигур, таблицы Шульте). Эти методики соответствовали важным и необходимым требованиям: простота и доступность выполнения заданий независимо от возраста, возможность по одной методике получить несколько характеристик психической деятельности, относительно небольшая продолжительность процедуры исследования (с учетом тяжести состояния больных). Особенности памяти изучали в зависимости от модальности запоминаемой информации, ее содержания и способа воспроизведения. Исследовались объем вербальной памяти (зрительной и слуховой) и зрительной пространственной в звене кратковременного и отсроченного воспроизведения. С целью исследования несформированности/нарушения письма, чтения, счета, экспрессивной и импрессивной речи, двигательной сферы (динамического праксиса, реципрокной координации), зрительного и тактильного восприятия использовались пробы из набора нейропсихологических тестов А. Р. Лурия (Хомская, 2006).

Для анализа были взяты 11 показателей когнитивных функций, из них 6 – памяти и внимания: объем краткосрочной слухоречевой памяти (КПсл1), объем воспроизведения после трехкратного повторения (успешность заучивания КПсл3), объем отсроченного воспроизведения (ДПсл), объем краткосрочной зрительной вербальной памяти (КПзр), объем краткосрочной зрительной пространственной памяти (КПо) и объем внимания (ОВ). Объем памяти определяли количеством правильно воспроизведенных слов или фигур. Объем внимания измеряли временем (в с) поиска чисел в таблицах Шульте (при дальнейшем анализе использовали не абсолютное значение объема внимания, а его логарифм, чтобы сделать симметричным распределение значений).

Навыки чтения, письма, счета, речевые функции (понимание речи, повторная речь, называние предметов), тактильный гнозис, зрительный предметный гнозис, зрительный пространственный гнозис, динамический праксис, реципрокную ко-

ординацию оценивали в баллах: 0 – нет нарушений, 1 – легкие нарушения, 2 – выраженные нарушения. Нарушения корковых функций в большинстве случаев были выражены слабо или, особенно у здоровых, отсутствовали (1 или 0 баллов). Поэтому 11 показателей объединены в четыре группы: чтение, письмо, счет – навыки; понимание речи, повторная речь, называние предметов – речь; зрительный предметный гнозис, зрительный пространственный гнозис, тактильный гнозис – восприятие (гнозис); динамический праксис, реципрокная координация – двигательная сфера (праксис). При дальнейшем анализе сравнения проводили между этими объединенными группами показателей.

Корреляционный анализ (с разбивкой по году) выявил сильную зависимость показателей психических функций от возраста, как в норме, так и при патологии головного мозга. Для возможности дальнейшего анализа, чтобы увеличить размер сравниваемых групп, все больные и здоровые были разделены на четыре возрастные группы: 1) 7–9 лет; 2) 10–12 лет; 3) 13–15 лет; 4) 16–18 лет. Корреляции внутри этих групп были значительно ниже, чем при корреляционном анализе по всем возрастам с разбивкой по году, это позволило рассматривать их как однородные выборки и сделало правомерным последующий анализ.

По возрастным группам дети и подростки распределились следующим образом: младший школьный возраст – 11 больных и 28 здоровых, предпубертатный возраст – 24 и 31, пубертатный возраст – 30 и 33, старший школьный возраст – 13 и 27 соответственно. Соотношение мальчиков и девочек в группах здоровых было равное, за исключением группы младших школьников 7–9 лет, где девочек оказалось в 2 раза больше (19 девочек и 9 мальчиков), что можно объяснить критерием отбора здоровых испытуемых.

Для разработки способа прогнозирования диагностики гидроцефалии по данным исследования когнитивных функций использован математический метод линейного дискриминантного анализа, который рассчитывает формулу (решающее правило), позволяющую отнести каждого исследованного ребенка к определенной группе (1-ая группа – больные гидроцефалией, 2-ая группа – здоровые), когда заранее неизвестно, к какой из групп он принадлежит. В результате применения этого метода получается линейная форма (называемая дискриминантной функцией) вида: $Y = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_kX_k$, где k – число показателей; $x_0, x_1, x_2 \dots x_k$ – значения показателей конкретного обследованного; $c_0, c_1, c_2 \dots c_k$ – коэффициенты при показателях, которые определяются в результате применения метода дискриминантного анализа. Если в результате подстановки данных $x_0, x_1, x_2 \dots x_k$ для конкретного испытуемого в указанную линейную форму получается значение $Y \geq 0$, то его относят к первой группе, если $Y < 0$ – то ко второй.

В рамках дискриминантного анализа проведено сравнение средних значений показателей по критерию Wilks' Lambda в каждой возрастной группе между здоровыми и больными. Во всех возрастных группах выявлены высокозначимые различия (преимущественно $p \leq 0,001$) между всеми средними показателями больных с гидроцефалией и здоровых.

Обнаружены достаточно высокие канонические корреляции (Canonical correlation – корреляции между рассчитанными значениями дискриминантной функции и показателем принадлежности к группе): 0,938 в группе 7–9 лет, 0,854 в группе 10–12 лет, 0,777 в группе 13–15 лет, 0,801 в группе 16–18 лет.

Тест на различия средних значений дискриминантной функции (Wilks' Lambda) в обеих группах выявил очень высокие значимые различия между средними значе-

ниями дискриминантной функции в группе гидроцефалии и у здоровых, т. е. очень хорошую классификацию ($p < 0,001$) в каждой возрастной группе.

В практической работе задача сводится к тому, что психолог по результатам исследования когнитивных функций должен определить: какой из двух вариантов (норма или патология) наиболее вероятен для индивида. Для решения этой задачи при проведении дискриминантного анализа рассчитаны вероятности правильной и ошибочной классификации для каждой группы, т. е. вероятности, с которыми больной может попасть в группу здоровых и наоборот. На основании этих вероятностей можно судить о надежности прогноза (дискриминации).

Таблица 1
Вероятности правильной и ошибочной классификации
в каждой возрастной группе

Возрастная группа				Предсказанные		Всего
				гидроцефалия	здоровые	
7–9 лет	Исходные	Частота	гидроцефалия	11	0	11
			здоровые	0	28	28
		%	гидроцефалия	100,0	0	100,0
			здоровые	0	100,0	100,0
10–12 лет	Исходные	Частота	гидроцефалия	22	2	24
			здоровые	0	31	31
		%	гидроцефалия	91,7	8,3	100,0
			здоровые	0	100,0	100,0
13–15 лет	Исходные	Частота	гидроцефалия	26	4	30
			здоровые	1	32	33
		%	гидроцефалия	86,7	13,3	100,0
			здоровые	3,0	97,0	100,0
16–18 лет	Исходные	Частота	гидроцефалия	11	2	13
			здоровые	0	27	27
		%	гидроцефалия	84,6	15,4	100,0
			здоровые	,0	100,0	100,0

По формуле Байеса рассчитаны вероятности правильного прогноза в каждой возрастной группе: в 7–9 лет вероятность правильного прогноза 100,0%, во второй возрастной группе – 96,4%, в третьей – 92,1%, в четвертой – 95,0%.

В качестве иллюстрации высокой вероятности правильного прогноза на рисунках 1а–г представлены распределения дискриминантной функции в четырех возрастных группах с гидроцефалией и здоровых (с указанием значения дискриминирующей константы).

В рамках дискриминантного анализа получены канонические коэффициенты дискриминантного уравнения. По этим уравнениям можно рассчитывать значения дискриминантной функции для каждого индивида определенного возраста.

В результаты проведенного дискриминантного анализа для диагностики гидроцефалии на основании параметров когнитивных функций получены следующие диагностические формулы, которые можно использовать в практической работе при классификации здоровых и больных гидроцефалией, – это:

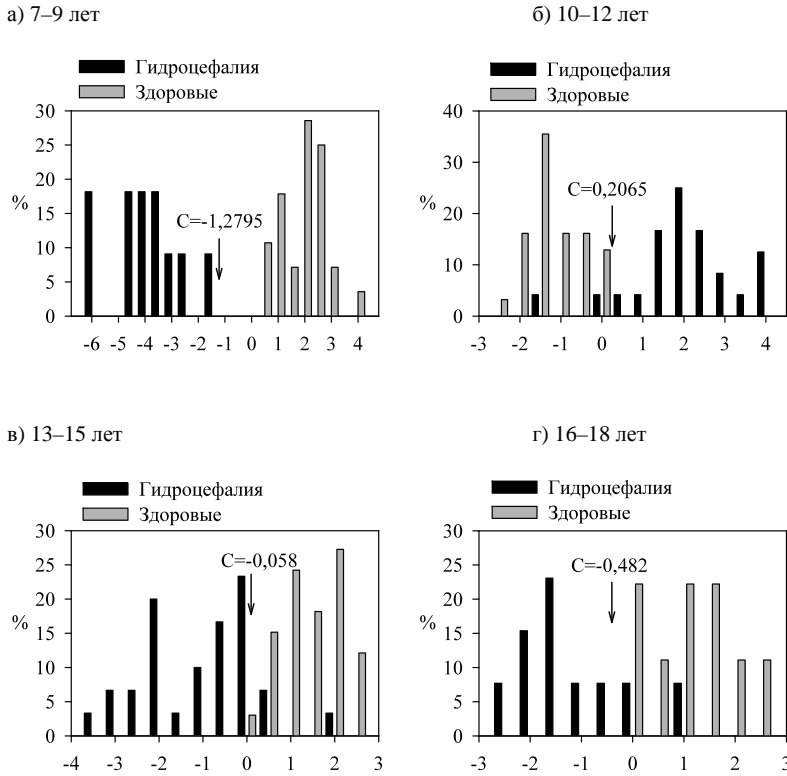


Рис. 1а-г. Распределения дискриминантной функции в четырех возрастных группах больных с гидроцефалией и здоровых

в возрасте 7–9 лет

$$y = -0,274 \cdot x_1 - 1,534 \cdot x_2 - 0,047 \cdot x_3 + 0,554 \cdot x_4 + 0,242 \cdot x_5 + 0,216 \cdot x_6 - 0,246 \cdot x_7 + 1,657 \cdot x_8 - 1,558 \cdot x_9 - 1,556 \cdot x_{10} - 0,595.$$

$C_1 = -1,2795$. Если $y \leq C_1$, то у ребенка гидроцефалия, если $y > C_1$, то ребенок относится к группе здоровых.

в возрасте 10–12 лет

$$y = 0,753 \cdot x_1 + 1,546 \cdot x_2 - 0,158 \cdot x_3 - 0,026 \cdot x_4 - 0,068 \cdot x_5 - 0,059 \cdot x_6 + 0,114 \cdot x_7 + 0,051 \cdot x_8 + 1,024 \cdot x_9 - 0,301 \cdot x_{10} - 3,943.$$

$C_2 = 0,2065$. Если $y \geq C_2$, то у ребенка гидроцефалия, если $y < C_2$, то ребенок относится к группе здоровых.

в возрасте 13–15 лет

$$y = -1,483 \cdot x_1 - 0,392 \cdot x_2 + 0,116 \cdot x_3 + 0,374 \cdot x_4 + 0,039 \cdot x_5 - 0,007 \cdot x_6 - 0,062 \cdot x_7 - 0,776 \cdot x_8 + 0,115 \cdot x_9 - 0,582 \cdot x_{10} + 3,592.$$

$C_3 = -0,058$. Если $y \leq C_3$, то у подростка гидроцефалия, если $y > C_3$, то подросток относится к группе здоровых.

в возрасте 16–18 лет

$$y = 0,594 \cdot x_1 - 1,437 \cdot x_2 + 0,437 \cdot x_3 + 0,167 \cdot x_4 - 0,055 \cdot x_5 + 0,421 \cdot x_6 - 0,403 \cdot x_7 + 2,153 \cdot x_8 + 1,347 \cdot x_9 - 3,571 \cdot x_{10} - 4,418.$$

$C_4 = -0,487$. Если $y \leq C_4$, то у подростка гидроцефалия, если $y > C_4$, то подросток относится к группе здоровых.

Таким образом, в каждой возрастной группе обнаружена высокая вероятность правильного прогноза классификации больных и здоровых, а также рассчитаны диагностические формулы при классификации здоровых и больных гидроцефалией для четырех возрастных групп. Работа показала высокую эффективность распознавания данной патологии на основании измерений параметров когнитивных функций при применении метода дискриминантного анализа.

Литература

- Берснев В. П., Хачатрян В. А., Лассан Л. П. Дифференциальная оценка психомоторного развития детей в диагностике и лечении врожденной гидроцефалии // Материалы научно-практической конференции, посвященной 30-летию нейрохирургического отделения республиканской клинической больницы. Махачкала, 1993. С. 36–37.
- Буклина С. Б., Филатов Ю. М., Мякота А. Е. Клинико-нейропсихологические обследования больных с арезорбтивной гидроцефалией // Вопросы нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко. 1993. Вып. 4. С. 21–24.
- Симерницкая Э. Г., Симерницкий Б. П. О нарушениях высших психических функций у больных с ранней гидроцефалией // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 1981. № 10. С. 1470–1474.
- Симерницкая Э. Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.
- Хомская Е. Д. Нейропсихология: 4-е изд. СПб.: Питер, 2006. С. 441–466.
- Op Heij C. P., Remer W. O., Cabreils F. J. M. Intellectual sequelae of primary non-obstructive hydrocephalus in infancy: Analysis of 50 cases // Clin. Neurol. Neurosurg. 1985. V. 87. № 4. P. 247–253.
- Tabachnick B. G., Fidell L. S. Using Multivariate Statistics // HarperCollins College Publishers. 1996. P. 507–574.

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ПОДВИЖНОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА НАПРАВЛЕНИЕМ ВЗОРА НАБЛЮДАТЕЛЯ¹

А. А. Малыхин, В. А. Барабанщиков

Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ
0.1.2.3.4.5.6.7@mail.ru

Изложены результаты тестирования возможностей и границ применимости подвижного айтрекера IVIEW X™ HED (SMI). Определены: а) среднее отклонение указателя направления взора от положения реального объекта для расстояний 0,75 м и 1,5 м; б) стандартное отклонение при направленности взора в одну точку на манекене и живом глазе; в) природа и величина ошибки параллакса в системе.

Ключевые слова: айтрекинг, SMI, IVIEW X™ HED, двигательный параллакс, чувствительность айтрекера, точность регистрации направленности взора.

Направленность взора человека изучается в экспериментальной психологии с середины XIX в. В течение столетия было разработано несколько методик, каждая из которых обладала определенными преимуществами и недостатками.

1 Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект N08-06-00316а, 09-06-12003 офи-м.