

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСХОДА СПИНАЛЬНЫХ ДИЗРАФИЙ С ГИДРОЦЕФАЛИЕЙ У ДЕТЕЙ НА БАЗЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ахмедиев Т.М.\*

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр нейрохирургии, Ташкент, Узбекистан

DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.40.47.006

**Резюме.** На основании математического прогнозирования на базе методов искусственных нейронных сетей определены прогностические факторы исхода спинальных дизрафий с гидроцефалией у 98 детей. Суть математического эксперимента выражалась в задании различных классификаций на выборке и медицинской интерпретации результатов обучения искусственных нейронных сетей. Для численных расчетов использовались компьютерные программы. Установлены группы диагностических критериев, оказывающих влияние на прогнозирование исходов лечения спинальных дизрафий с гидроцефалией у детей. Комплексная диагностика и дифференцированное лечение, с учетом установленных диагностических критериев позволили уменьшить число неблагоприятных исходов в 1,4 раза.

**Ключевые слова:** спинальные дизрафии, гидроцефалия, искусственные нейронные сети, прогнозирование исхода.

Одной из актуальных проблем современной детской нейрохирургии являются врожденные аномалии развития ЦНС, в частности спинальный дизрафизм, сочетающийся с гидроцефалией (СД с Г), характеризующийся разнообразием клинических проявлений, осложнений и неблагоприятных исходов. Это обуславливает необходимость углубленного изучения СД с Г, как ведущей причины инвалидизации, для выработки адекватных подходов в диагностике, лечении, прогноза исходов [1; 6].

В отличие от соматической патологии, у детей с аномалиями развития существуют дополнительные сложности в диагностике только на основании клинических проявлений. Большинство исследователей [6; 7] подчеркивают вариабельность клинического течения СД с Г у детей, что обусловлено врожденным характером порока развития, зачастую сочетающегося с аномалиями развития других органов и систем [5; 8; 13].

Гидроцефалия в основном сопровождается открытые формы спинального дизрафизма – миеломенингоцеле. До внедрения ликворшунтирующих операций в начале 60-х годов прошлого столетия, гидроцефалия была основной причиной смертности и инвалидизации у больных СД [9; 12].

Истинная частота Г у больных СД не известна, хотя в крупных мультицентровых исследованиях необходимость шунтирования желудочков мозга достигает 80–90%

### PREDICTION OF THE OUTCOME OF SPINAL MALFORMATIONS WITH HYDROCEPHALUS IN CHILDREN ON THE BASIS OF METHODS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Akhmediev T.M.\*

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Neurosurgery, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**Abstract.** According to the mathematical forecasting based on the methods of artificial neural networks, prognostic factors of the outcome of spinal dysraphia with hydrocephalus in 98 children are determined. The essence of the mathematical experiment was expressed in the task of various classifications on the sample and medical interpretation of the learning results of artificial neural networks. For numerical calculations, computer programs were used. Groups of diagnostic criteria have been established that affect the prognosis of treatment outcomes for spinal dysraphia with hydrocephalus in children. Comprehensive diagnostics and differentiated treatment, taking into account the established diagnostic criteria, reduced the number of adverse outcomes by 1.4 times.

**Keywords:** spinal dysraphia, hydrocephalus, artificial neural networks, outcome prediction.

[2; 6]. В основных хирургических сериях корреляция между уровнем СД и наличием Г не описывается [13; 15], тем не менее, некоторые авторы приводят следующие цифры: в грудном уровне – 97%, в поясничном – 87% и в крестцовом отделе – 37% [10; 16].

Анализ состояния проблемы прогнозирования исхода СД с Г показал отсутствие всестороннего углубленного исследования многих её аспектов [5; 7; 14]. Нет исследований, посвященных прогнозированию исхода СД с Г в динамике с рождения до поступления в стационар и хирургического пособия, комплексному изучению информативности клинических симптомов и результатов инструментального исследования с применением современных компьютерных технологий. Не изучены вопросы прогнозирования исходов с целью оптимизации методов лечения СД с Г в различных звеньях практического здравоохранения.

#### Цель исследования

Определить прогностические факторы и улучшить результаты хирургического лечения гидроцефалии у детей со спинальными дизрафиями.

#### Материал и методы

Проанализированы результаты хирургического лечения 98 пациентов в возрасте от 1 месяца до 1,5 лет, оперированных в РСНПМЦН МЗ РУз по поводу СД с Г

\* e-mail: tohir1209@mail.ru

в период 2013–2019 гг. Из них 42 (42,8%) мальчиков, 56 (57,2%) девочек. Пациентам проведен комплекс лабораторно-инструментальных исследований. Всем больным учитывая наличие сопутствующей гидроцефалии, 1 этапом производилась вентрикулоперитонеостомия клапанным шунтом. Прогностические факторы определены на основании математического прогнозирования на базе методов искусственных нейронных сетей.

### Результаты и обсуждение

Незрелость структур головного и спинного мозга, черепа и позвоночника накладывают свой отпечаток на течение и прогноз СД с Г у детей, обуславливает своеобразие диагностики и лечения [13; 17; 18]. В основе поиска новых путей и методов адекватного лечения находится прогноз исходов СД с Г, в этой связи особое внимание заслуживает возможность прогнозирования исходов лечения на базе методов искусственных нейронных сетей (ИНС) [3; 4].

Прогнозирование исходов лечения позволит целенаправленно проводить профилактику возможных осложнений, усилить динамическое наблюдение за больными детьми особенно в предполагаемые сроки возникновения осложнения.

Прогноз исходов является таким же обязательным слагаемым каждой истории болезни ребенка с Г у детей со СД, как и диагноз. Для прогноза исходов значение имеет динамика неврологических симптомов, регресс гипертензионно-гидроцефального синдрома, нивелирование угрозы разрыва грыжевого мешка после ликворшунтирующей операции. Прогностически благоприятным фактором для детей со СД и Г являлись регресс гипертензионно-гидроцефального синдрома, улучшение эпителизации покровных тканей грыжевого мешка, нивелирование угрозы разрыва грыжевого мешка, регресс застойных явлений на глазном дне, нормализация движения глазных яблок, мышечного тонуса. Однако значение каждого из этих факторов не дает представления об истинном прогнозе эффективности ликворшунтирующей операции у детей со СД и Г, в связи с тем, что неблагоприятный исход возникает при сочетании ряда факторов, которые нами изучены. Мы стремились учесть возможную взаимозависимость между факторами, а в случае обнаружения ее выбирали наиболее информативный показатель, с учетом частоты встречающихся признаков. Комплекс лечебно-диагностических мероприятий был направлен на устранение угрозы разрыва грыжевого мешка, предупреждения отека, дислокации ствола мозга с помощью ликворшунтирующей операции до развития истощения компенсаторных возможностей организма. При своевременном лечении у большинства больных наблюдается восстановление дефицита до компенсированного состояния и умеренные неврологические нарушения.

Прогноз СД с Г базировался на принципах: этапности и полиаспектности предсказаний. Под этапностью прогноза исходов понимали возможность предсказания исхода СД с Г при рождении, при установлении диагноза, госпитализации в стационар, до и после операции, при выписке и катamnестическом наблюдении. Прогноз считали завершенным при компенсации состояния больного либо при наступлении необратимых или малообратимых состояний, либо в случае его смерти.

Значение при определении прогноза имеет размер вентрикуломегалии, повышающее внутричерепное давление, состояние покровных тканей грыжевого мешка, наличие ликвореи и инфицирования, в результате чего нарастает риск развития инфекционно-воспалительных осложнений, ведущие к развитию менингоэнцефалита, которые усугубляют прогноз.

Терминология математического прогнозирования на базе методов ИНС. В последнее время возрастает значение информационного обеспечения медицинских технологий, поэтому их разработка и внедрение является на сегодняшний день актуальной. Персональные компьютеры в медицинских учреждениях используются в совокупности с диагностическими приборами, для обработки текущей документации, хранения и обработки баз данных. Статистические пакеты мало используют современные возможности компьютерных технологий. Компьютерные методы анализа данных – это способ применения математических методов, определяющих качество проведенного исследования.

Одним из современных подходов моделирования процесса принятия решения является использование ИНС. Они находят широкое применение там, где необходимо моделировать подобие человеческой интуиции и, как правило, трудно построить явные алгоритмы [3]. На уровне мышления человек плохо строит корреляционные зависимости между разными показателями, и для моделирования процесса интуитивного принятия решения лучше всего подходят методы и алгоритмы классификации теории распознавания образов. Многие системы в живых организмах работают по принципам, сходным с алгоритмами нейронных сетей (либо наоборот нейронные сети работают по принципам живых организмов). Обучение ИНС производилось через вычисление весов входных сигналов (признаков). По аналогии с физиологическим нейроном эти веса численно характеризуют торможение или усиление поступающих в ИНС сигналов.

Рассмотрим строение биологического нейрона (Рис. 1). Каждый нейрон имеет отростки нервных волокон двух типов – дендриты, по которым принимаются импульсы, и единственный аксон, по которому нейрон может передавать импульс. Аксон контактирует с дендритами других нейронов через специальные образования – синапсы, которые влияют на силу импульса. При прохождении синапса сила импульса меняется в определенное число раз, которое называют весом синапса. Импульсы, поступившие к нейрону одновременно по нескольким

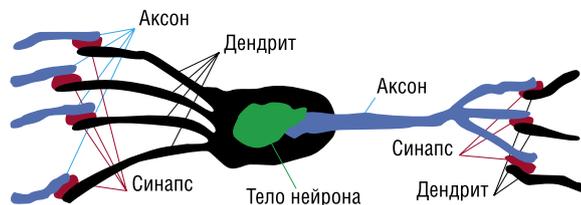


Рис. 1. Схема биологического нейрона.

дендритам, суммируются. Если суммарный импульс превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, формирует собственный импульс и передает его далее по аксону. Важно отметить, что веса синапсов могут изменяться со временем, а значит, меняется и поведение соответствующего нейрона. В зависимости от значения веса синапсы подразделяются на возбуждающие (значение веса больше нуля) и тормозящие (значение веса меньше нуля). Если вес данного синапса равен нулю, то это означает, что эта связь не действует в данный момент.

На рис. 2 изображена модель нейрона с  $n$  входами (дендритами), причем синапсы этих дендритов имеют веса  $g_1, g_2, \dots, g_n$ . Пусть к синапсам поступают импульсы силы  $x_1, x_2, \dots, x_n$  соответственно, тогда после прохождения синапсов и дендритов к нейрону поступают импульсы  $g_1x_1, g_2x_2, \dots, g_nx_n$ . Сумматор производит сложение всех входных импульсов и передачу результирующего импульса на нелинейный элемент. Задачей нелинейного элемента является преобразование полученного импульса в соответствии с некоторой передаточной (активационной) функцией  $f(x)$ .

ИНС – это набор нейронов, соединенных между собой, являются моделью функций нервной системы. Различают следующие несколько категорий моделей:

- отдельный нейрон;
- небольшая группа нейронов;
- нейронная сеть;
- нервная система;
- мозг в целом.

Как правило, передаточные функции всех нейронов в сети фиксированы, а веса являются параметрами сети и могут изменяться. Некоторые входы нейронов помечены как внешние входы сети, а некоторые выходы – как внешние выходы сети. Подавая любые числа на входы сети, мы получаем какой-то набор чисел на выходах сети. Таким образом, работа ИНС состоит в преобразовании входного вектора в выходной вектор, причем это преобразование задается весами сети. Практически любую задачу можно свести к задаче, решаемой ИНС.

Нами классификация для ИНС задавалась в форме «математического эксперимента» на 48 разнотипных (качественных и количественных) показателях, из которых 44 клинических, 4 паспортных. Суть математического эксперимента выражалась в задании различных классификаций на выборке и медицинской интерпретации результатов обучения ИНС применительно к детям со СД и Г. Вес каждого качественного показателя (признака)

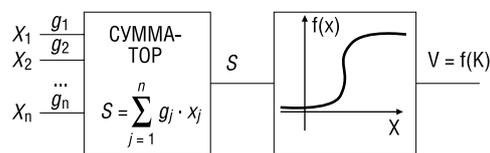


Рис. 2. Схема математического нейрона.

определялся путем вычисления комбинаторного сочетания его градаций как внутри, так и между классами и выражался значением в интервале  $(0,1)$ . Для численных расчетов использовались компьютерные программы, впервые разработанные на кафедре параллельных вычислительных компьютерных технологий Национального Университета Узбекистана реализованные в виде ИНС [10]. Особое место среди ИНС занимают модели для прогнозирования исходов гидроцефалии у детей со спинальными дизрафиями. Ценность применения ИНС заключается в том, что она позволяет оценить динамику изменения состояния больного, незаметную «на глаз».

Прогнозирование осуществлялось при поступлении больного в стационар, сразу же после проведения методов обследования, на этапе хирургического лечения и продолжалось в процессе наблюдения по мере поступления новых данных. При прогнозировании исходов лечения Г у больных со СД мы стремились к всесторонней оценке каждого симптома (наличие, структура, выраженность, очередность появления, фон проявления, динамика признаков и их сочетания). Значение придавали уровню сознания, наличию симптома Грефе, состоянию большого родничка, двигательным, чувствительным и тазовым расстройствам. Учитывали своевременность проведенной операции, ее этапность, возможность развития осложнений. На развитие осложнений у больных со СД и Г при проведении ликворшунтирующих операций (гипер- либо гиподренажное состояние желудочков мозга, наличие ликвореи, сохранение угрозы разрыва грыжевого мешка) оказывали наибольшее влияние такие факторы как время проведения ликворшунтирующей операции (вклад 0,45), правильный подбор параметра шунтирующей системы (вклад 0,92) и вид спинального дизрафизма (0,26).

Суммировать и объективизировать значительную по объему и содержанию информацию о СД с Г, ее исходах, возможно только используя новейшие информационные технологии, включая создание компьютерной программы, позволяющей соединить объективные данные с мощностью вычислительных возможностей компьютера [4].

На ближайшие исходы лечения Г у детей со СД оказывали влияние послеоперационная динамика (вклад 0,31), состояние глазного дна (вклад 0,23), наличие аномалии Киари (вклад 0,22), уровень сознания при госпитализации (вклад 0,20). На прогнозирование неблагоприятного исхода большую роль играют выраженная краниомегалия (разделение признака 0,88) и инфекционно-воспали-

тельные осложнения (0,97). Признаки, оказывающие влияние на летальные исходы, распределились следующим образом: отягощенный соматический статус (0,37), наличие анемии (0,23), гипердренажное состояние (0,22), гиподренажное состояние (0,21).

Итогом анализа данных является установление групп диагностических критериев, оказывающих влияние на прогнозирование исходов лечения Г у детей со СД:

1. Признаки установленные при УЗИ исследованиях (НСГ, УЗИ тимуса, внутренних органов и грыжевого мешка) (вес 0,66).
2. МСКТ и МРТ характеристика гидроцефалии и спинального дизрафизма (вес 0,82).
3. Выраженность гидроцефалии по краниоventрикулярным соотношениям (вес 0,93).
4. Стерильные и удовлетворительные показатели спинномозговой жидкости (вес 0,94).
5. Самый высокий диагностический вес (1,0) имели положительный симптом Грефе, набухание родничка, гипертензионно-гидроцефальный синдром. Основываясь на системном подходе в изучении, предложенная методика прогнозирования исходов позволяет изучать особенности течения Г у детей со СД, выявляя наиболее характерный симптомокомплекс и способы адекватного лечения данной категории больных.

#### Выводы.

1. Изучение СГ с Г у детей свидетельствует о том, что формирование ее структуры находится под воздействием различных по силе и направленности многофакторных связей, установление которых при помощи методов ИНС позволяет целенаправленно разрабатывать профилактические мероприятия по снижению уровня неблагоприятных исходов.
2. Комплексная диагностика и дифференцированное лечение, с учетом установленных диагностических критериев гидроцефалии у детей со спинальными дизрафиями позволили уменьшить число неблагоприятных исходов в 1,4 раза.

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов (The author declare no conflict of interest).**

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Воронов В.Г. Клиника, диагностика и хирургическое лечение пороков развития спинного мозга и позвоночника у детей: Дисс. док. мед. наук. – СПб.; 2001. – 215 с. [Voronov VG. Klinika, diagnostika i khirurgicheskoe lechenie porokov razvitiya spinного mozga i pozvonochnika u detei. [dissertation] St. Petersburg; 2001. 215 p. (In Russ).]
2. Гайдар Б.В. Гидроцефалия. Практическая нейрохирургия: Руководство для врачей. – СПб.; 2002. – С. 552–570. [Gaidar BV. Gidrotsefaliya. Prakticheskaya neirokhirurgiya: Rukovodstvo dlya vrachei. St. Petersburg; 2002. pp. 552–570. (In Russ).]
3. Игнатьев Н.А. Аппроксимация непрерывных функций через синтез нейронных сетей с минимальной конфигурацией // Вычислительные технологии. – 2009. – Т.14. – №1. – С. 80–84. [Ignatiev NA. An approximation for continuous functions using synthesis of neural networks with minimal configuration. Vychislitel'nye tekhnologii. 2009;14(1):80–84. (In Russ).]
4. Игнатьев Н.А. Выбор собственного пространства объекта с использованием нелинейных преобразований признаков // Информационные технологии. – 2018. – Т.24. – №10. – С. 665–670. [Ignatiev NA. Selecting an object's own space using nonlinear transformations of features. Informatsionnye tekhnologii. 2018;24(10):665–670. (In Russ).]
5. Ковтун О.П., Овсова О.В., Николаева Е.Б. Врожденные пороки развития центральной нервной системы у детей: оценка факторов риска и клинические особенности // Нейрохирургия и неврология детского возраста. – 2007. – № 3. – С. 11–16. [Kovtun OP, Ovsova OV, Nikolaeva EB. Vrozhdennye poroki razvitiya tsentral'noi nervnoi sistemy u detei: otsenka faktorov riska i klinicheskie osobennosti. Neurokhirurgiya i neurologiya detskogo vozrasta. 2007;(3):11–16. (In Russ).]
6. Мартыненко А.А. Хирургическое лечение детей со спинномозговыми грыжами: Автореф. дисс. канд. мед. наук. – Омск; 2010. – 22 с. [Martynenko AA. Khirurgicheskoe lechenie detei so spinnomozgovymi gryzhami. [dissertation abstract] Omsk; 2010. 22 p. (In Russ).]
7. Шамсиев А.М., Алиев Б. Совершенствование диагностики и лечения спинномозговых грыж у новорожденных // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2014. – Т.2. – №7. – С. 108–109. [Shamsiev AM, Aliyev B. Improving diagnosis and treatment of spinal hernias newborn. Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki. 2014;2(-7):108–109. (In Russ).]
8. Alatas I, Canaz G, Kayran NA, et al. Shunt revision rates in myelomeningocele patients in the first year of life: a retrospective study of 52 patients. Childs Nerv Syst. 2018;34(5):919–923. doi: 10.1007/s00381-017-3663-z.
9. Colombo GL, Di Matteo S, Vinci M, et al. A cost-of-illness study of spina bifida in Italy. Clinicoecon Outcomes Res. 2013;5:309–316. doi: 10.2147/CEOR.S42841.
10. Ignat'ev NA, Rakhimov ShI. Synthesis of artificial neural networks with the minimal configuration and their transparency. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Research and education in Mathematics; 2007 Apr 10-12; Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysia; 2007. p. 98-101.
11. Kumar R, Singh SN. Spinal dysraphism: trends in northern India. Pediatr Neurosurg. 2003;38(3):133–145. doi: 10.1159/000068819.
12. Norkett W, McLone DG, Bowman R. Current management strategies of hydrocephalus in the child with open spina bifida. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2016;22(4):241–246. doi: 10.1310/sci2204-241.
13. Tuli S, Drake J, Lamberti-Pasculli M. Long-term outcome of hydrocephalus management in myelomeningoceles. Childs Nerv Syst. 2003;19(5-6):286–291. doi: 10.1007/s00381-003-0759-4.
14. Zabsonre DS, Lankoande H, Zougrana-Quattara CF, et al. Association of Hydrocephalus with neural tube defect: our experience with the surgical treatment in one or in two operative stages (on separate days). Pediatr Neurosurg. 2019;54(1):1–5. doi: 10.1159/000494562.