

Е.Н. Апанель

## НЕЙРОКОМПЬЮТИНГ: ДОСТИГНУТОЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ В АНГИОНЕВРОЛОГИИ.

РНПЦ неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

*Цель сообщения – кратко представить историю развития компьютерного мышления (нейрокомпьютинга) на базе разработок по теории распознавания образов и созданию искусственного интеллекта для решения прикладных медицинских задач, в частности, в ангионеврологии.*

Попытки объединить разрозненные работы по пониманию и моделированию процессов обработки информации мозгом начали предприниматься еще с 40-х года прошлого столетия. С течением времени они объединялись, постепенно выкристаллизовываясь в единое научное направление пока без четкого объединяющего термина. С 80-х годов это направление начало особенно интенсивно развиваться и включало в себя уже различные научные направления и технические устройства с приставкой нейро: нейрокибернетика, нейроинформатика, нейроматематика, нейрокомпьютеры, нейрочипы, нейроускорители. В этом же русле – нейрофизиология, нейрореабилитология и ангионеврология [5, 8, 19, 20, 28, 33, 34]. Начали более четко обозначаться единые принципы понимания и моделирования биологической когнитивной способности мозга, и, наконец, слились в единое обобщающее понятие: НЕЙРОКОМПЬЮТИНГ. В этом ключе известная узкому кругу теоретиков-математиков теорема Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нильсона, служит математической основой теории нейронных сетей и ее прикладного применения [20, 27].

### История формирования нейрокомпьютинга

Впрочем, нейрокомпьютинг расплывчато и нечетко начал заявлять о себе гораздо раньше в исследованиях по формализации вычислительных функций уже в конце первой половины прошлого столетия. Так, в 1936 году А. Тьюринг предложил гипотетическую «мыслительную» машину для формализации понятия вычислимой функции. Однако более четко идея нейрокомпьютинга прозвучала в работах австро-венгерского математика Йогана (Яноша, Джона) фон Неймана по созданию самовоспроизводящихся автоматов. Уже тогда он предвидел, что однажды "логика будет вынуждена претерпеть метаморфозу и превратиться в неврологию в гораздо большей степени, чем неврология - в раздел логики" [19]. Свою теорию фон Нейман развивал в основном на базе разработок по созданию общей нейросетевой архитектуры, основным элементом которой является модифицированный формальный нейрон. Был близок к доказательству теорем о неполноте логик высказывания (это в 1932 сделал Курт Гёдель). Признанный основоположник архитектуры современных компьютеров (устройства ввода и вывода данных, центральный процессор, память оперативная и долговременная), которыми мы и пользуемся в настоящее время.

Первое систематическое изучение искусственных нейронных сетей было предпринято Маккаллоком и Питтсом. Обобщающие результаты опубликованы в статье «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности» (1943) [31].

Основные этапы развития и их авторы в становлении нейрокомпьютинга представлены в табл. 1.

### Кибернетика и нейрокомпьютинг

Официальная современная история кибернетики насчитывает несколько десятков лет. Ее начало положил Норберт Винер, профессор математики Массачусетского технологического института, когда опубликовал в 1948 г. свою знаменитую книгу "Кибернетика, или управление и связь в животном и машине" [33], хотя полная история этой науки восходит к античным временам, и, прежде всего, к Платону.

Уже в последующие 50-е годы Фрэнк Розенблатт разрабатывает теорию обучаемого нейросетевого устройства для распознавания образов, ПЕРСЕПТРОН (от английского perception - восприятие), который он рассматривал как модель работы мозга.

Начали формироваться первые обобщения в представлениях о теории распознавания образов. Однако, значительный практический интерес к эти разработкам длительное время оставался сдержанным.

К этим разработкам в конце 60-х годов подключился основоположник теории искусственного интеллекта Мервин Минский. Но свое вторжение он начал с критики персеプトрона и обобщений о его не перспективности. И это было действительно так по отношению к примитивным однослойным персептонам. Опуская дальнейшие исторические перипетии, следует констатировать, что более совершенные трехслойные и многослойные модели прочно вошли в науку и в прикладные приложения. Этими моделями в настоящее время пользуемся и мы в наших исследованиях по ангионеврологии [2, 7, 14-16]. Следует только заметить, что до 80-х лет прошлого столетия ничего принципиально нового в нейрокомпьютинге не произошло. Но с этого периода начал резко возрастать прикладной интерес к этому направлению.

Таблица 1.

**Авторы и основные этапы становления и развития нейрокомпьютинга**

<b>Автор</b>	<b>Годы</b>	<b>Этап, краткое описание события</b>
А. Тьюринг	<b>1936 г.</b>	Разработана «мыслительная» машина для формализации понятия вычислимой функции
В. Маккалокк и В. Питтс, Дж. фон Нейман	<b>30-40-е годы</b>	Разработка основ теории нервных сетей, квантовой логики, функционального анализа, теории множеств, основ информатики, архитектуры компьютеров, концепции клеточных самовоспроизводящихся автоматов.
Н. Винер	<b>1948 г.</b>	Предпринято первое систематическое изучение искусственных нейронных сетей
Ф. Розенблатт	<b>50-е годы</b>	Разработка теории обучаемого нейросетевого устройства для распознавания образов, персептона.
М. Минский	<b>60-е годы</b>	Разработка основ теории искусственного интеллекта, критика несовершенства однослойных персептонов.
А.И. Берг	<b>50-60 годы</b>	Признание в СССР кибернетики как официальной науки; в 1959 году создание Научного совета по комплексной проблеме "Кибернетика" при Президиуме АН СССР.
В.М. Глушков	<b>1966 г.</b>	Создание первой персональной ЭВМ МИР-1 (машина для инженерных расчётов) и МИР-2.
Л. Заде	<b>60-70 годы</b>	Разработка основ «мягких» вычислений, нечетких множеств, нечеткой логики.
Н.С. Мисюк, Г.И. Сидоренко, Б.В. Дривотинов, Н.А. Лепешинский В.Б. Шалькевич и др.	<b>60-70-е годы</b>	Освоение кибернетических методов в неврологии и кардиологии в МГМИ. Разработка и внедрение логико-вероятностного алгоритма для топической диагностики опухолей головного мозга и нарушений мозгового кровообращения совместно с другими научно-производственными учреждениями г. Минска [6, 9, 11, 12].

В Советском Союзе в области кибернетики в те годы были знаменательны имена академиков АН СССР Акселя Ивановича Берга, Виктора Михайловича Глушкова, Никиты Николаевича Моисеева.

Аксель Иванович Берг являлся одним из основоположников работ в СССР по кибернетике, когда она все еще считалась "буржуазной лженаукой". В течение 20 лет

руководил Научным советом по комплексной проблеме "Кибернетика", созданным в 1959 г. при Президиуме АН СССР.

Под руководством Виктора Михайловича Глушкова в 1966 году была разработана первая персональная ЭВМ МИР-1 (машина для инженерных расчётов), а затем и более совершенная МИР-2.

В нейрофизиологии и медицине это направление связано также с именами выдающихся советских ученых академиками Н.П. Бехтеревой, Н.М. Амосовым, Г.И. Сидоренко, профессорами Н.И. Моисеевой, И.М. Тонконогим и многими другими.

В Белоруссии был налажен широкомасштабный серийный выпуск ЭВМ класса «Минск» и ЕС ЭВМ (единая система ЭВМ, от ЕС-1010 до ЕС-1060).

В контексте становления нейрокомпьютинга, как обобщения нескольких научных направлений, особого упоминания заслуживает фигура «отца нечеткой логики» Лотфи Заде. Он родился в феврале 1921 г. в Баку. Во времена нэпа вместе с семьей и родственниками из Верхнедвинска эмигрировал в Америку. Его мировоззрение формировалось в основном под влиянием матери, врача-педиатра. В совершенстве владел русским языком, на котором и писал свои научные публикации. В Америке начал свою революционизирующую в науке работу над созданием основ нечеткой логики, которые изложил в своей первой статье «Тени нечетких множеств» [8]. Считается, что метафора теней заимствована у Платона для иллюстрации имеющихся у человека идей, как картины возникновения подсознательных ассоциаций между тенями нечетких множеств и тенями, наблюдаемыми человеком на стенах пещеры. Вначале эту концепцию он ориентировал для решения медико-биологических задач: «наиболее вероятная область применения этой теории – медицинская диагностика, и в меньшей степени описание биологических систем». Иногда в этой концепции используется понятие «природные вычисления» [34, 35].

В СССР концепция Л. Заде сразу же была встречена сдержанно. Но при поддержке известного специалиста в области кибернетики и информатики академика Н.Н. Моисеева и других выдающихся ученых это направление в настоящее время прочно обосновалось в науке как одно из кардинальных, наряду с теоремами К. Гёделя о неполноте логик высказывания и кантианской «вещью в себе» с неисчерпаемостью ее познания.

Прикладной аспект нейрокомпьютинга в 60-70 годах начал исследоваться также и на кафедре нервных болезней МГМИ; был разработан логико-вероятностный алгоритм для топической диагностики опухолей мозга и острых нарушений мозгового кровообращения. Эти работы проводились совместно с сотрудниками Института технической кибернетики (ИТК) АН БССР, Вычислительного центра БГУ им. В.И. Ленина, Бюро технической информации (БТИ) при заводе им. С. Орджоникидзе. Эти работы продолжаются и в настоящее время совместно с Объединенным институтом проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси. [6, 9, 11, 12].

В контексте прикладного применения теории распознавания образов оптических изображений в медицине заслуживает упоминания исследования по совершенствованию анализа гистологических структур с применением информационных методов [1, 13].

### **Современное состояние нейрокомпьютинга**

В результате объединения нескольких технологий искусственного интеллекта появился специальный термин – "мягкие или природные вычисления" (soft computing), который ввел Л. Заде. В настоящее время мягкие вычисления объединяют такие области знаний как вероятностные рассуждения, нечеткая логика, нейронные сети, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, которые в различных комбинациях дополняют друг друга в ансамблях для решения классификационных задач и задач оптимизации в медицине. Их комбинации используются для создания различных гибридных интеллектуальных систем.

Вместе с тем, по мере совершенствования знаний и накопления опыта в области разработок по созданию искусственного интеллекта, за ними неотступно и бескомпромиссно следует неопределенность, которая все больше заявляет о себе. Причем, это влияние

неопределенности на успехи и достижения в этой области достигло таких размеров, что вынудило создать международное объединение ученых разных областей знаний в одну специальную ассоциацию по ее преодолению: Ассоциация анализа неопределенности в искусственном интеллекте (Association for Uncertainty in Artificial Intelligence, AUAI). В июне 2009 года в Монреале (Канада) планируется проведение очередной 25-й международной конференции этой Ассоциации.

Изначально на основе аппарата нечеткой логики, нечеткие нейронные сети (fuzzy-neural networks) осуществляли решения, образно говоря, «на ручном управлении»: для их обучения и создания обучающей выборки приходилось привлекать реальных экспертов. Что создавало определенные трудности, как минимум, организационного порядка.

Вслед за ними появились адаптивные нечеткие системы (АНС, adaptive fuzzy systems, AFS), которые в значительной степени устранили эти трудности.

### **Основные функциональные компоненты АНС**

АНС (AFS) уже позволяют в автоматическом режиме осуществлять подбор необходимых параметров в процессе обучения. Алгоритмы обучения этих адаптивных систем состоят из двух этапов:

1. Генерация лингвистических правил (гипотез);
2. Корректировка функций принадлежности.

1) **Нечеткая формулировка одного из выводов** в промежуточном решении АНС может быть представлена в базе правил как гипотеза в формате правила «если..., то... с вероятностью...».

2) Очень важным элементом для вхождения в базу данных является нечеткий запрос (fuzzy query), который допускает нечетко сформулированный запрос на естественном языке.

3) Для моделирования причинных взаимосвязей между концептами (основными понятиями, нозологиями) некоторой предметной области (например, диагностика острых цереброваскулярных заболеваний) используются нечеткие когнитивные карты (fuzzy cognitive maps). Их использование как средства моделирования дает возможность наглядно представлять анализируемую систему и легко интерпретировать причинно-следственные связи между концептами изучаемой рабочей предметной области.

Обучение АНС (AFS) производится по предварительно подготовленной базе данных каким-либо генетическим алгоритмом (ГА) с возможностью последующего дообучения.

### **Прогностическая экспертная система "Апачи - III "**

Несмотря на то, что в неврологической литературе звучат настоятельные рекомендации о не правомерности прогнозирования течения и исхода тяжелого заболевания (инсульта) [3], существуют экспертные системы для реализации этого намерения.

В 1990 году американская фирма "Апачи Медикл Системз Инк." установила в реанимационном отделении одной из больниц штата Мичиган экспертную систему "Апачи - III " для прогнозирования исхода заболевания у больных, находящихся в тяжелом состоянии. Прогностическое решение определялось по 27 признакам-предикторам больного: первичный диагноз, симптомы, степень утраты сознания, наличие или отсутствие СПИД и других заболеваний. После этого система выдает вероятность выживания больного в диапазоне от 0 до 100 процентов. Основные усилия авторов этой системы заключались в стремлении к максимально большому охвату и учету клинических примеров заболеваний и нюансов в их проявлении, но не в стремлении максимально индивидуализировать решение прогностической задачи у конкретного больного. Поэтому система лишена возможности подстраиваться под индивидуальные нюансы течения болезни у конкретного больного в условиях других клиник – жестко «защитый» в ней опыт работы ориентирован на обобщения в контингенте больных данной клиники. А это есть существенный недостаток при ее установке в лечебных учреждениях регионов, значительно отличающихся по социально-географическим условиям от тех, где она изначально установлена и настроена [21].

В анестезиологической и реанимационной практике для оценки тяжести состояния больных пользуется популярностью шкала оценки острых и хронических функциональных изменений APACHE II - (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation).

### **Достижения применения нейрокомпьютинга в практической кардио- и ангионеврологии**

Неявный характер формулировок медико-биологических задач – благодатное поле для применения нейросетевых технологий, и именно в этой области наблюдается наиболее выраженный всплеск практических успехов медицинских нейроинформационных технологий. **В настоящее время в этом отношении, бесспорно, лидируют кардиология и хирургическая ангиология.**

Ориентировочный перечень успешного практического применения искусственных нервных сетей в здравоохранении:

1. Прогнозирование осложнений инфаркта миокарда.
2. Система назначения оптимальной стратегии лечения больных облитерирующим тромбангиитом и прогнозирования его непосредственных исходов.
3. Система дифференциальной диагностики “острого живота”.
4. Нейросети для изучения иммунореактивности.

[Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика / - Новосибирск: Наука. 1998. - 296с.]

За последние десятилетия и, особенно в первые годы текущего столетия, появляется все большее число публикаций о применении методов искусственного интеллекта (нейросетевых классификаторов и генетических алгоритмов) для решения практических лечебно-диагностических проблем в ангиологии [2, 5, 7, 14-16, 22, 28, 30].

Очень интересная и практически важная проблема предсказания и своевременного принятия профилактических мер против скрытой артериальной гипертензии (АГ) на самых ранних стадиях. Повышение артериального давления (АД) не выявляется традиционными методами у наиболее сложного с диагностической точки зрения контингента «практически здоровых» пациентов, что маскирует угрозу появления реальной гипертензии, которой у них пока еще нет. Авторы, взявшиеся за решение этой проблемы, В.Г. Вилков, Р.Г. Оганов и С.А. Шальнова (2006) исследовали возможности ряда нейросетевых прогнозно-диагностических моделей для выбора самых эффективных из них. Они выражают уверенность в том, что с использованием нейросетевых технологий можно создать модель, позволяющую диагностировать АГ на самых ранних стадиях у лиц без явной констатации повышения АД традиционным измерением с чувствительностью и специфичностью более 80% [4]. В таких же пределах фигурируют значения этих параметров и в наших исследованиях [6, 7, 10, 14-16].

### **Контурные наработки по лечебно-диагностическим и лечебно-профилактическим мероприятиям с учетом выделенных подтипов ТИА**

На основании предыдущих исследований по принятым в рассмотрение признакам-предикторам нами выделены три класса (подтипа) ТИА: атеросклеротический (СубТИА1), кардиоэмболический (СубТИА2), гипертезивный (СубТИА3) и класс НОРМА [2, 6, 7, 10, 14-16].

По умолчанию, признаки-предикторы рассматриваются как представленными «сами по себе». Однако, несомненно, они имеют еще и причинно-следственные взаимоотношения между собой, рис. 1.

Графически можно еще как-то представить попарные соединения взаимоотношений «на равных» 1а, и соединения «один против всех» 2б. Это только одни из возможных вариантов, которые комбинируются и переплетаются в более сложный комплексный многомерный клубок, что графически в двухмерной интерпретации изобразить на бумаге не представляется возможным. В историях болезней, картах больных и анкетах каждый пункт,

как правило, воспринимается сам по себе: возраст – это возраст, головная боль – это головная боль, головокружение – это головокружение и так далее. Иногда врача может посетить мысль сопоставить какие-то из них в причинно-следственном ракурсе, придерживаясь общей схемы «если, например, имеются признаки-предикторы  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  то, скорее всего, возможен диагноз  $D_1$ , но возможен и  $D_2$ ». Такие сопоставления, как правило, редки и делаются, скорее всего, не формализовано, не системно, на интуитивном уровне с учетом мобилизации в памяти опыта прошлого.

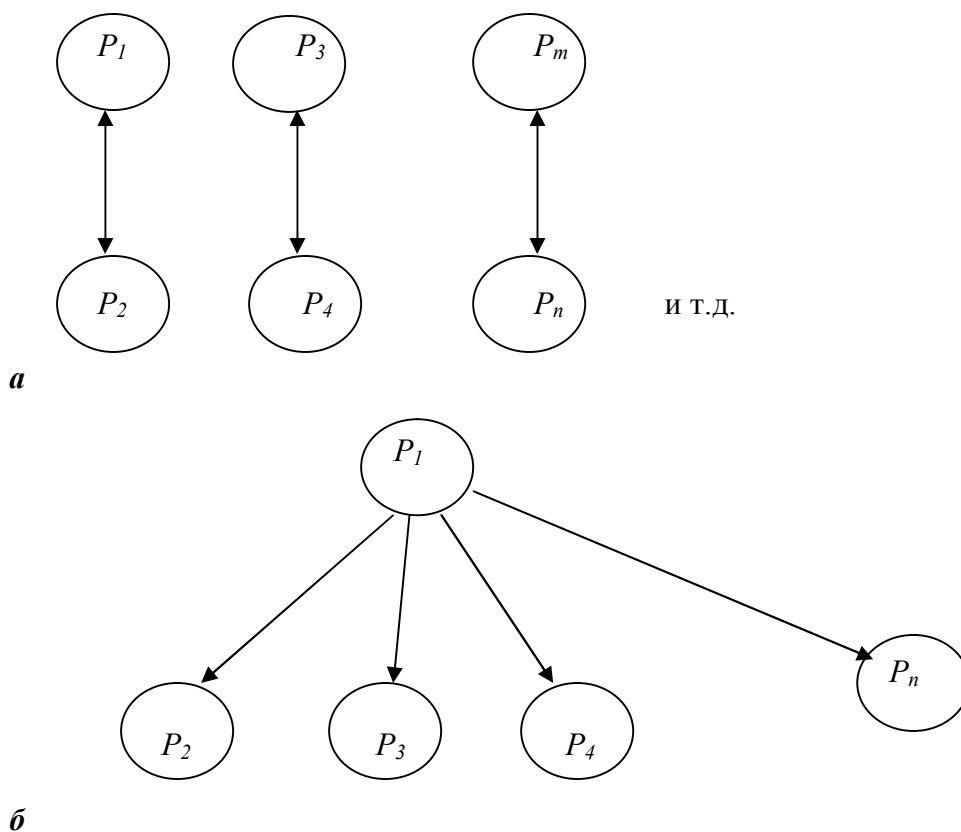


Рис. 1. Различные комбинации причинно-следственных взаимоотношений между признаками-предикторами; **а)** любые попарные комбинации «на равных» из числа  $P_n$  признаков-предикторов, имеющихся в исходном наборе, **б)** комбинации признаков-предикторов по типу «один против всех», например, *ПРОФЕССИЯ* по отношению к *БОЛЯМ в ОБЛАСТИ СЕРДЦА*, *ИЗМЕНЕНИЯМ на ЭКГ*, *РАБОТОСПОСОБНОСТИ*, *ГОЛОВНЫМ БОЛЯМ* и т.д.

В реальном традиционном ходе событий врач верит в то, что на основании логико-клинического анализа и выставленного диагноза он проводит правильное лечение. Но это только интуитивная вера, без достаточного формально-логического доказательства. Компонент веры (уверованности) обязательно должен присутствовать, но должна быть и формально-логическая доказанность. Только это сочетание и есть залог правильности хода лечебно-диагностического процесса.

Если задаться целью изобразить графически все возможные сочетания 20 признаков-предикторов, то можно только предполагать, сколько листов бумаги потребуется. Ясно, что к проведению в большом объеме и глубине анализа таких сочетаний и сопоставлений естественный интеллект врача не приспособлен. А их надо проводить, если стремится выявить и устранить из них патогенно выраженные назначением соответствующего этиотропного лечения. Причем, принимать решение надо за минимальный период времени.

Это комплексное многомерное образование взаимоотношений признаков-предикторов есть уже сформировавшийся абстрактный «организм», живущий своей абстрактной «жизнью» в своем информационном  $N$ -мерном признаковом пространстве виртуального мира, вторжение в который «грубыми» материальными методами крайне затруднительно.

Методы искусственного интеллекта, по крайней мере, обещают какое-то продвижение к увеличению возможно большего охвата и анализа этих взаимоотношений, но от надежд на то, что такой охват будет полным и исчерпывающим следует заведомо отказаться.

Что касается приближения этих абстракций к практической реализации отнесения обследуемого пациента к одному из рассматриваемых классов (три подтипа ТИА и класс НОРМА), то наиболее оптимальной нам представляется гибридная схема, состоящая из генетического алгоритма (ГА) и агрегата из нескольких адаптивных нейросетевых классификаторов (АНК). Они осуществляют роль «консилиума виртуальных экспертов» [7, 14-16]. ГА осуществляет предварительный отбор наиболее информативных признаков-предикторов из общего числа исходного набора для предстоящего решения дифференциально-диагностической задачи [7, 14-16]. Результат проведенного отбора передается следующему блоку, состоящему из нескольких объединенных адаптивных нейросетевых классификаторов (АНК) в единый специализированный агрегат, в котором эти признаки-предикторы представлены в различных комбинациях для последующей дифференциально-диагностической классификации по подтипам ТИА [14, 15]. Результат проведенной классификации уже и есть информация для врача как обоснование прогнозного диагноза у обследуемого пациента с последующими ему рекомендациями и лечебно-профилактическими мероприятиями для предотвращения будущих эпизодов ТИА [6].

Наш скромный опыт позволяет нам повествователью формально-логически конкретизировать наши представления в контексте выше сказанного по подтипам ТИА.

- ТИА – это гетерогенная нозологическая единица, включающая в себя несколько подтипов, что предопределяет неоднозначный подход в проведении лечебно-профилактических мероприятий по их предотвращению.
- Этиопатогенетическая сложность происхождения подтипов ТИА с учетом вовлеченности различных систем организма в патологический процесс, формально-математически может быть представлена как пересекающиеся, и в то же время, достаточно обособленные множества, существующие в соответствующем признаковом пространстве.
- Имеет место достаточно выраженная и обособленная направленность патогенетического развития процесса ишемизации мозга, начиная от субклинических пресимптоматических проявлений эпизодов ТИА по векторам континуума их подтипов до инфаркта мозга.
- Применение математических и формально-логических методов (разведочный анализ данных, на базе разработок по созданию искусственного интеллекта) дает возможность прогнозировать континуум динамического развития вектора начальных проявлений ишемического поражения мозга по одному из изначально исходного подтипа ТИА.
- Зная наиболее вероятный вектор развития лидирующего подтипа патологического процесса у каждого конкретного обследуемого пациента, ему можно давать более конкретные, адресные лечебно-профилактические рекомендации, обусловленные своеобразием и особенностями соответствующего подтипа ТИА, акцентируя, тем самым, внимание на лечебно-профилактическое этиотропное воздействие на наиболее выраженный этиопатогенетический компонент в контексте динамики «диагноз-лечение» [17].

Такая трактовка эпизодов ТИА не противоречит обычным представлениям, и только их конкретизирует.

### **Лечебно-профилактические следствия по выделению подтипов ТИА**

Как уже отмечалось выше, на основании предыдущих исследований нами выделены три класса (подтипа) ТИА: атеросклеротический (СубТИА1), кардиоэмболический (СубТИА2), гипертезивный (СубТИА3) и класс НОРМА [6, 10], которые могут быть представлены как в «чистом» виде, так и в различных комбинациях.

Сразу же следует оговориться, что в случае констатации «чистого» подтипа у пациента, назначения лечебно-профилактических мероприятий и рекомендаций труда не составляет. Сложнее дело обстоит, если приходится иметь дело с двумя и даже всеми тремя подтипами, из которых один, безусловно, лидирует.

Клинически самым вероятным бесспорно, является сочетание атеросклероза и артериальной гипертензии (СубТИА1-СубТИА3). Далее следуют сочетания (СубТИА1-СубТИА2) и (СубТИА2-СубТИА3). Формально возможное сочетание НОРМА-СубТИА(1-3) допустимо, но оно противоречиво, абсурдно и недопустимо логико-клинически. Поэтому оно из рассмотрения исключается.

В этом контексте и осуществляются рекомендации по лечебно-профилактическим мероприятиям.

1. При преимущественно атеротромботическом подтипе ТИА (СубТИА1) лечебно-профилактический акцент следует сделать на нормализацию содержания холестерина крови и особенности дислипидемии. Необходимо выделить группы лиц высокого риска с выраженным уровнем содержания холестерина в липопротеидах низкой плотности (ЛПНП), а также триглицеридов. Содержание саногенного липопротеида высокой плотности (ЛПВП) является показателем относительного благополучия по риску возникновения эпизода ТИА. С целью поддержания саногенного баланса в содержании ЛПВП и низкоплотностных (ЛПНП и ЛПОНП) липопротеидов, а также триглицеридов рекомендуются препараты никотиновой кислоты. Как гиподислипидемические средства широкой популярностью пользуются препараты фибровой кислоты (фибраты): клофибрат, гевилон, мисклерон и др. Секвестранты желчных кислот усиливают удаление липидов и их производных из организма. Однако наиболее мощным гиподислипидемическим действием обладает группа статинов: симвастатин (зокор), левастатин (мевакор), правастатин (правахол) и др. Следует также учитывать сочетание дислипидемий с высоким АД и вредными привычками.

2. При выраженном кардиоэмболическом подтипе ТИА (СубТИА2) особенно, если имеют место эпизоды мерцательной аритмии, то и лечебно-профилактический акцент следует делать на симптоматическую кардиологическую терапию. Лечение мерцательной аритмии обязательно в контакте с кардиологом или врачом-терапевтом.

3. При преимущественно гипертензивном подтипе ТИА (СубТИА3) акцент следует делать на достижение целевого уровня АД (систолическое давление не должно превышать 140 мм.рт.ст., диастолическое – не ниже 70 мм.рт.ст.) и надежный его контроль в течение 24 часов. Препаратами выбора являются антагонисты кальция амлодипин (нормодипин) и ингибитор АПФ лизиноприл (диротон). Для этих препаратов характерна самая высокая среди антигипертензивных средств продолжительность действия, что позволяет эффективно снижать АД и поддерживать его на целевом уровне более 24 часов при приеме препарата 1 раз в сутки, положительно влияя на циркадный ритм у больных артериальной гипертензией (подтверждено в международных мультицентровых исследованиях). Кроме того, нормодипин и диротон обладают церебро-, кардио-, нефро- и вазопротекторным действием, сохраняя при этом метаболическую нейтральность. При необходимости назначения комбинированной антигипертензивной терапии рекомендуется фиксированная комбинация препаратов экватор (5 мг амлодипина и 10 мг лизиноприла, препарат компании «Рихтер Геден») – 1 таблетка 1 раз в сутки [6].

При угрозе возникновения эпизодов ТИА независимо от подтипа, следует соблюдать диетологические рекомендации. При гиперлипидемии с преимущественным повышением уровня общего холестерина значительно ограничивается потребление жиров — до 60-75 г/сут., холестерина не более 0,2 г/сут с обязательным исключением из рациона яичного желтка, печени, икры; ограничение углеводов незначительно, до 300-375 г/сут; потребление белков 100-120 г/сут. Эти ограничения особенно существенны при семейной гиперхолестеринемии. Крайне важно ограничение потребления поваренной соли [18].

В связи с актуальностью решения проблемы профилактики ЦВЗ в медицинском, социально-нравственном и юридическом аспектах все более актуальным становится вопрос: кто этим должен заниматься: невролог, терапевт или «инсультолог»? [2, 23, 24]. ТИА в этом контексте занимают свое исключительное положение, т.к. с них и начинают развиваться необратимые инфарктные изменения мозга [26, 32].



## **Практическая организационная реализация специализированного проведения лечебно-диагностических мероприятий по предотвращению эпизодов ТИА (SOS-ТИА)**

Существующую практику лечения больных с ТИА в стационарах общего инсульта типа, едва ли можно считать оптимальной. Своеобразие этой патологии, несомненно, требует повышенного внимания к себе и особого подхода. Осознание этой необходимости все более четко озвучивается в специальной литературе. Такой подход уже реализован на практике усилиями большого коллектива французских неврологов в нескольких клиниках Франции (Department of Neurology and Stroke Centre, Bichat-Claude Bernard University Hospital, Denis Diderot University and Medical School-Paris VII, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris) по программе SOS-TIA с круглосуточным приемом таких пациентов. Специфика этого проекта отлична от специфики уже известных stroke units.

Выявление самого начального этапа развития ТИА в его индивидуальном своеобразии у данного пациента, ради чего и создан проект SOS-TIA, – это акцент внимания на тщательную изначальную идентификацию эпизода ТИА с самым серьезным отношением к анамнестическим данным, и только потом, с учетом конкретной симптоматики, решается вопрос о переводе в инсультное отделение в случае, если выявлена высокая степень стеноза интра- или экстракраниальных артерий и/или пониженный кровоток в средней мозговой артерии, а также потенциальные риски кардиогенной рекуррентной эмболизации при наличии эндокардита, протеза сердечного клапана, острого коронарного синдрома (стенокардии), симптомов врожденной сердечной недостаточности.

Учитываются также анамнестические данные по прошлым эпизодам ТИА по частоте, длительности, нарастания (кресчендо) выраженности симптоматики. Разработана специальная схема учета пациентов по этим клиническим параметрам. Повышенное внимание уделяется промежутку времени между сообщением от пациента по телефону и началом его обследования. Ведется тщательный статистический анализ по временным группам и группам особенностей симптоматических проявлений [29]. Фактически, это тактика неотложной медицинской помощи со своим стационаром.

## **Перспективы применения нейрокомпьютинга в ангионеврологии и нейрореабилитологии больных с нарушениями мозгового кровообращения**

Идея прямого соединения мозга человека с электронным устройством не нова и часто использовалась в научно-фантастической литературе. Тем не менее, достижения в области информационных технологий, нанотехнологических разработок, развития неврологии и смежных с ней наук, фантастика в этом отношении постепенно сближается с реальностью.

Интернет изобилует интересными и интригующими сообщениями о проекте DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), в котором преследуется цель вживления в мозг с различными целями микрочипов, и которые будут так или иначе влиять на его состояние, корректировать его работу, считывать информацию, читать мысли. Все эти научно-популярные публикации, в том виде как они преподносятся, в лучшем случае, материал для увлекательного чтения. Но это вовсе не значит, что идеи, о которых там повествуется, лишены научно-практического и прикладного смысла.

DARPA – это военизированная научно-исследовательская ассоциация, созданная при Министерстве обороны США с целью разработок новых технологий для использования в вооруженных силах. Перед ней поставлена задача сохранять передовыми военные технологии США. Научно-исследовательская работа проводится небольшими, специально подобранными командами и концентрируется на краткосрочных проектах (от двух до четырёх лет). В связи с этим есть все основания полагать, что разработчики этих идей непосредственной связи «мозг-компьютер» [25] не спешат раскрывать свои ноу-хау и делать их широко доступными. По-видимому, из-за военной направленности, некоторые из них – это секретные разработки. По сути, это разработки двойного назначения. Нас же интересует их прикладное медицинское применение.

Не менее интересен Blue Brain Project — проект по компьютерному моделированию неокортекса человека, который начался в июле 2005 года. Над проектом совместно работают компания IBM и Швейцарский Федеральный Технический Институт Лозанны (École Polytechnique Fédérale de Lausanne — EPFL).

В неинвазивной системе японских разработчиков метода оптической топографии изменения (перепады) в насыщенности кислородом крови и концентрации гемоглобина в сосудах отдельных участков мозга могут использоваться как сигналы выполнения команд. Например, практически обездвиженный тетрапарезом или параличом больной может таким образом подавать команды исполнительным устройствам для обеспечения самообслуживания. Это, конечно, не «чтение мыслей», но вполне реализуемое намерение. Дело только за технологической реализацией. Перспективность этого метода в нейрореабилитологии постинсультных больных со значительными двигательными нарушениями не вызывает сомнений. В этом же ключе вполне возможна реализация создания "интеллектуальной печатающей машинки" (mental typewriter) для этого же контингента больных.

Перспективны работы по использованию методов нейрокомпьютинга в лечебно-профилактической ангионеврологии для углубленного анализа «почти не информативных» анамнестических сведений.

Понимание и осмысление (а иногда и переосмысление) нейропатофизиологических процессов в клинической ангионеврологии с учетом формально-логической грамотности компьютерного интеллекта (нейрокомпьютинга) по сравнению с обычными традиционно сложившимися логическими представлениями требует определенных усилий.

## **Заключение**

**В настоящее время изучение «феномена транзиторной ишемической атаки» идет преимущественно по пути привлечения высокотехнологичных трудоемких, затратных по цене и времени выполнения методов анализа структуры мозга (КТ, МРТ), состояния сосудов его кровоснабжающих (доплерография, анализ распространения пульсовой волны, анализ дисфункции эндотелия), изменение биохимизма и циркадные изменения вязкости крови. Отдавая должное этому традиционному направлению, в котором дифференциально-диагностическая проблема решается в «глубоком тылу» специализированного научно-практического стационара, мы, тем не менее, считаем, что для решения практических лечебно-профилактических задач, наряду с применением сложных и дорогостоящих параклинических исследований, возможности простых быстродоступных и незатратных анамнестических данных еще полностью не исчерпаны и их не следует считать второсортными по информативности. Если их «лежащий на поверхности» информационно-диагностический потенциал фактически исчерпан, то «глубинные» возможности могут быть добыты, разработаны и использованы с применением методов нейрокомпьютинга. Особенно ценен такой подход, как нам это представляется, на самом начале развития патологического процесса, на «передовой» профилактического противостояния ему, когда не ясно, или это «просто так», какой-то случайно возникший едва заметный быстропроходящий чувствительно-двигательный дискомфорт, или это уже начало серьезного заболевания. И все это в рамках все той же трудно разрешимой дилеммы: по каждому такому эпизоду следует обращаться к врачу, или же на это не следует обращать внимание? Как и в исследовании по выявлению скрытой артериальной гипертензии [4], в нашем исследовании преследуется та же цель — не допустить перехода скрытой субклинической формы в выраженные клинические проявления. Наиболее оптимальная практическая реализация этого намерения по состоянию на сегодня может быть исполнена по образцу проекта SOS-TIA[29].**

**В этом заключается и наша концепция, в этом русле и ведутся наши работы по созданию и совершенствованию дифференциальной диагностики подтипов**

**транзиторных ишемических атак на самом раннем этапе их проявления с целью своевременного активного адресного назначения превентивных лечебно-профилактических, как медикаментозных, так и немедикаментозных, мероприятий в сочетании со здоровым образом жизни.**

## **Литература**

1. Абламейко С.В., Недзьведь А.М. Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине – Минск, 2005.- 155 с
2. Апанель Е. Н. Комплексный подход к этиотропным лечебно-профилактическим мероприятиям по предотвращению эпизодов транзиторных ишемических атак // Медицинский журнал. 2008. № 2. С. 117–120.
3. Виленский Б. С. Прогнозирование исходов инсульта не правомерно // Неврологический журнал. 2008. № 1. С. 52–53.
4. Вилков В.Г., Оганов Р.Г., Шальнова С.А. Сравнительная информативность нейросетевых моделей диагностики скрытой артериальной гипертензии// Физиология человека. 2006. № 6. С. 33-37.
5. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика / - Новосибирск: Наука. 1998. - 296с
6. Дривотинов Б.В., Апанель Е.Н., Мастыкин А.С. Прогноз-диагностика транзиторных ишемических атак и их лечебно-профилактическое предупреждение// Медицинский журнал. 2006. № 3. С. 116-119.
7. **Дривотинов Б.В., Апанель Е.Н., Новоселова Н.А., Мастыкин А.С. Концепция ассемблирования генетического алгоритма и адаптивного нейросетевого классификатора для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак// Медицинский журнал. 2009. № 1. С. 143-148?**
8. Заде Л. Тени нечетких множеств// Проблемы передачи информации.1966. Т.2. С.37-44.
9. Мастыкин А.С., Семак А.Е., Рябцева Т.Д., Гришков Е.Г. Дискриминантный анализ при прогнозировании возникновения ишемического инсульта. В сб.: Кибернетика в неврологии. /Под ред. Н.С. Мисюка, Мн. 1976. С. 79-83.
10. Мастыкин А.С., Дривотинов Б.В., Апанель Е.Н. Алгоритмы транзиторной ишемической атаки: диагностика, лечение, профилактика // Бел. Мед. Журнал. 2005. № 3. С. 60-62.
11. Мисюк Н.С., Лепешинский Н.А., Мастыкин А.С. Материалы к программированию электронной вычислительной машины для диагностики опухолей головного мозга, Минск, 1964.
12. Мисюк Н.С., Лепешинский Н.А., Лисковац О.А., Мастыкин А.С. Опыт диагностики опухолей головного мозга при помощи универсальной вычислительной машины "Урал-1"// Ж. невропатол. и психиатр. 1964. № 3. С. 453-458.
13. Недзьведь А.М., Абламейко С.В. Утоньшение полутоновых изображений путем последовательного анализа бинарных слоёв // Цифровая обработка изображений. – Минск: Институт технической кибернетики АНБ 1997.– Вып.1. – С.137-147.
14. Новоселова Н. А., Апанель Е. Н., Дривотинов Б. В., Мастыкин, А. С. «Консилиум» адаптивных нейросетевых классификаторов для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак// Медицинский журнал. 2008. № 3. С. 116-121.
15. Новоселова Н. А., Апанель Е. Н., Дривотинов Б. В., Мастыкин А. С. Применение генетического алгоритма для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак// Медицинский журнал, 2008, № 4. С. 103-108.
16. Новоселова Н. А., Мастыкин А.С., Том И.Э. Эволюционный подход к выделению информативных признаков в задачах анализа медицинских данных// Искусственный интеллект. 2008. № 3. С. 105-112.
17. Сидоренко, Г.И. Творчество и медицина: поиск неочевидных решений. Минск, 2002.

18. Сидоренко Г. И., Золотухина С. Ф., Аринчина Н. Г. Современные технологии профилактической кардиологии, связанные с вопросами питания. *Весті НАН Беларусі (сер. мед. навук)*. 2006. № 2. С. 13—17.
19. фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. Пер. с англ. - М.: Мир, 1971.
20. Хехт-Нильсен Р. Нейрокомпьютинг: история, состояние, перспективы// *Открытые системы*. 1998. № 4. С.32-37.
21. Шварц Э., Трис Д. Программы, умеющие думать // *Бизнес Уик*.- 1992.- N.6.- С.15-18.
22. Baldassarre D., Grossi E., Buscema M., Intraligi M. et al. Recognition of patients with cardiovascular disease by artificial neural networks//*Ann. med.* 2004. Vol. 36. № 8. P. 630-640.
23. Donnan G. Невролог, терапевт или «инсультолог»?// *Stroke*. 2004. № 2. P. 96.
24. Eisenberg L. Disease and illness. Distinctions between professional and popular ideas of sickness// *Culture, Medicine and Psychiatry*.- 1977.- N 1.- P. 9-23.
25. Friehs G.M. Как объединить мозг с компьютером?//*Stroke*/ 2005. № 8. P. 89-92
26. Hakim A.M. Vascular Disease: The Tsunami of Health Care//*Stroke*.- 2007.- Vol.-38.- P.- 3296-3301.
27. Hecht-Nielsen R. Kolmogorov's Mapping Neural Network Existence Theorem // *IEEE First Annual Int. Conf. on Neural Networks, San Diego, 1987, Vol. 3. P. 11-13.*
28. Jefferson M. F., N. Pendleton N., S. Mohamed S. at al. Prediction of hemorrhagic blood loss with a genetic algorithm neural network //*J. Appl. Physiol.*1998. Vol. 84. P. 357-361.
29. Lavallée P.C., Meseguer E., Abboud H., Cabrejo L., et al. A transient ischaemic attack clinic with round-the-clock access (SOS-TIA): feasibility and effects// *Lancet Neurol*. 2007. Vol. 6. № 11. P. 953-60.
30. Li Z., Melek W.W. Neural network-based prediction of cardiovascular response due to the gravitational effects// *Control and Intelligent Systems*. 2008. Vol. 36. № 1. P. 81-91
31. McCulloch W.S., Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity// *Bull. Math. Biophys.* 1943. Vol. 5. P. 115-133
32. Sacco R. Risk factors of TIA and TIA as a risk factor for stroke // *Neurology*. – 2004. – Vol. 62, № 8 (Suppl. 6). – S.7-S.11.
33. Wiener N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. - New York: The Technology Press and John Wiley & Sons, Inc. - Paris: Hermann et Cie, 1948.
34. Zadeh, L.A. Biological application of the theory of fuzzy sets and systems / L. Zadeh // *Proceedings of the International Symposium on Biocybernetics of the Central Nervous System*. Boston: Little, Brown & Co., 1969. P. 199-212.
35. Zadeh, L.A. Fuzzy logic, neural network and soft computing//*Communications of the ACM*. 1994. Vol. 37. № 3. P. 77-84.