

## ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТНЫХ МЕХАНИЗМОВ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ МОЗГА

ГУ «Научно практический центр неврологии и нейрохирургии», Минск, Беларусь  
УО «Брестский государственный технический университет»

---

*На базе структурно-функциональной концепции организации защитных механизмов кровоснабжения мозга разработана ангионейропревентологическая прогностно-диагностическая система распознавания ТИА, дифференцированных по подтипам. Преследуется цель работать на опережение в противостоянии различным вредоносным (патогенным) влияниям и факторам риска. На достационарном донологическом этапе не допустить возникновение и дальнейшее развитие кардиоцереброваскулярной патологии у здорового человека.*

**Ключевые слова:** формализация, защитные механизмы кровоснабжения мозга, структурно-функциональные взаимоотношения, защитный рефлекс Парина, дерево Пифагора, фрактальная геометрия.

**E.N. Apanel, H.Yu. Voytsekhovich, V.A. Golovko, A.S. Mastykin**

### **A FORMAL APPROACH TO THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL RELATIONSHIP BETWEEN THE PROTECTIVE MECHANISMS OF THE BRAIN BLOOD SUPPLY**

*On the basis of structural and functional relationships between the protective mechanisms of blood supply of the brain prognostic and diagnostic recognition of TIA episodes developed. The objective is to be proactive in confronting to various harmful (pathogenic) effects and risk factors. On prestationary prenosological stage to prevent the emergence and further development of the disease in a healthy person.*

**Key words:** formalization, protective mechanisms of blood supply of the brain, structure-function relationships, Parin's protective reflex, Pythagoras tree, fractal geometry.

---

Говоря об острых, быстро преходящих гипоксико-ишемических нарушениях мозгового кровообращения с ускользящей симптоматикой для самого пациента и «не доходящей» до врачебного обследования, не следует упускать из вида своеобразие организации защитных механизмов нормального кровоснабжения мозга. Различным аспектам защиты мозга имеется множество публикаций [11], но мы не встретили до-

статочно стройную, законченную формализованную схему действия этих механизмов.

Цель данного сообщения предложить вниманию формализованную схему структурно-функциональной организации защитных механизмов кровоснабжения мозга в ответ на влияние различных патогенных факторов.

Под формализацией мы понимаем отображение

элементов некоторой предметной области с помощью символов, символических знаков. Математические символы – это отображение каких-либо логически законченных понятий, скоропись, которая может быть высказана в обычной повествовательной форме, схема какого-либо устройства, процесса, состояния. Говоря кратко и обобщенно, формализация это сведение содержания к форме.

В этом контексте, в основу наших представлений положен защитный рефлекс Парина [16] (функциональная компонента) и основные положения геометрий Пифагора и фрактальной концепции [9] (структурная компонента).

Согласно принципу защитного рефлекса Парина, при возбуждении барорецепторов легочных артерий, расположенных у основания бифуркации легочного ствола, возникает повышение давления в малом круге кровообращения и рефлекторно снижается давление в большом круге за счет брадикардии и расширения сосудов большого круга. Разгрузка малого круга препятствует перенаполнению легких кровью и развитию отека. При снижении давления в легочной артерии системное давление возрастает, и таким образом, кровенаполнение легких нормализуется. В системе кровообращения регуляцию кровяного давления и объема циркулирующей крови роль депо регулятора выполняет селезенка. Это функциональная защитная компонента.

Структурная компонента защитного комплекса обусловлена фрактальной структурой сердечнососудистой системы и легких. В таком случае, фрактальная структура сердечнососудистой системы и защитный рефлекс Парина это естественный, созданный Природой защитный структурно-функциональный системный комплекс (комплексно: структурно функциональная кардиопульмоноцереброваскулярная защитная нелинейная стохастическая динамическая система) против возможных необратимых фатальных последствий неожиданных резких перегрузок [1-3, 8, 14]. В нормальных обычных условиях жизнедеятельности этот защитный структурно-функциональный комплекс организма работает в «штатном режиме» слежения и обеспечивает регулируемую упреждающую корректировку состояния сердечнососудистой системы и всего организма, используя естественные адаптогенные свойства. В «нештатных» запредельных аномальных условиях, прочих вредоносных влияний на нормальную жизнедеятельность, этот комплекс переключается в режим повышенной активной защиты, осуществляя физиологически обусловленную централизацию кровообращения при неблагоприятных условиях. Причем, совместная адаптогенная работа сердца, легких, мозга и сосудов этого защитного комплекса происходит не по строгой, раз и навсегда созданной унифицированной для всех детерминированной схеме. Она осуществляется индивидуально, нелинейно, динамично и стохастически подстраиваясь под особенности внешних нагрузок, влияний и условий [12]. Преходящие кратковременные запредельные адаптивно-подстро-

енные перебои в работе этого защитного комплекса, как патологический отклик, проявляются внешними преходящими признаками нарушения естественного функционирования мозга, всей нервной системы и всего организма в целом, феноменологически выявляясь симптоматикой острого преходящего, как правило, скоротечного нарушения мозгового кровообращения, что укладывается в нозологию транзиторной ишемической атаки (ТИА).

#### **Базовая концепция для построения прогностико-диагностической системы предупреждения и предотвращения транзиторных ишемических атак**

Как в норме, так и при различных патологических состояниях транзиторная ишемическая атака разворачивается на фоне созданного Природой естественного ансамбля множественных нормально функционирующих механизмов защиты кровоснабжения мозга. Все множество этих механизмов не однородно как по функции, по своей структуре, так и по локализации во всей сети кровеносных сосудов. Основным из них является защитный рефлекс Парина [16]. Остальные защитные механизмы рассредоточены по ветвлениям сети кровеносных сосудов и функционально «привязаны» к своему участку ответственности за нормальное состояние и функционирование. Формально математически эту концепцию можно выразить геометриями Пифагора и фрактальной концепции [9]. Каноническая форма «дерева Пифагора» в контексте его философии геометрических аксиом представлена на рис. 1а. Однако, в современных исследованиях наибольший интерес предстают ее модификации, классический пример фрактальной геометрии ветвления веток дерева в смысле философии Пифагора приведен на рис. 1б.

Так выглядит в нашем представлении общая картина нормальных структурно-функциональных взаимоотношений защитных механизмов кровоснабжения мозга, наложенная на каноническую форму дерева Пифагора. Это нормальное нейрофизиологическое состояние. Такая схематическая форма взаимоотношений рассматриваемых защитных механизмов полностью укладывается в единую стройную упорядоченную формализованную схему. В каком-то смысле это застывшая мелодия гармоничного созвучия их взаимоотношений.

Однако под влиянием, различных патогенных вредоносных воздействий и факторов риска эта стройная картина видоизменяется. Деформированную таким образом нормальную картину взаимоотношений между защитными механизмами мозга, расположенными на различных ветвлениях кровеносных сосудов, можно отобразить абстрактно-схематически, рис. 2. Естественная гармония взаимоотношений защитных механизмов нарушена, что-то еще можно восстановить, а что-то уже и нет.

Абстрактное схематическое представление деформирования структурно-функционального комплекса защитных механизмов кровоснабжения мозга под влиянием различных патогенных вредоносных воздей-

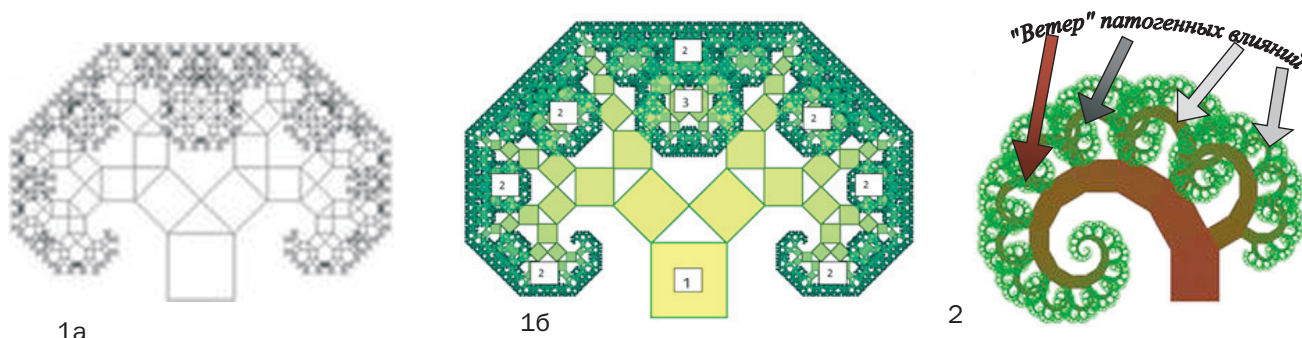


Рис. 1а. Каноническая форма дерева Пифагора Рис. 1б. Абстрактно геометрическая модель ветвлений кровеносных сосудов (НОРМА), обеспечивающих кровоснабжение мозга. 1 – главный сердечно аортальный ствол с защитным рефлексом Парина. 2 – множественные высшие эшелоны ветвлений со своими локальными специализированными механизмами защиты нормального обеспечения кровоснабжения. 3 – обособленный «куст» сосудистых ответвлений, максимально удаленный от комплекса сердце-легкие и непосредственно приближенный к структурам мозга (Виллизиев круг).

Рис. 2. «Дерево, обдуваемое «ветром» патогенных влияний и факторов риска». Использованы рисунки различных авторов, заимствованы из Интернета.

Таблица 1. Гендерно-возрастное распределение всех наблюдений по возрастным категориям.

Возрастная категория	Женщины (%)	Мужчины (%)	Всего (%)
1) 20-39 лет	16 (10,25)	6 (3,85)	22 (14,10)
2) 40-49 лет	35 (22,44)	13 (8,33)	48 (30,77)
3) 50-59 лет	29 (18,60)	23 (14,74)	52 (33,34)
4) 60 лет и старше	12 (7,70)	22 (14,10)	34 (21,80)
Всего	92 (59,00)	64 (41,02)	156 (100)

ствий, факторов риска, их вмешательство (вторжение, интрузия) в нормальное протекание естественных процессов жизнедеятельности организма. Начало самоорганизующейся активации адаптационных и саногенных механизмов в противостоянии вредоносным влияниям.

Теперь, отвлекаясь от абстрактных рассуждений, перейдем к прогнозно-диагностической конкретике. На базе приведенной инфраструктуры и нейропревентологической концепции [13] строится концепция ангионейропревентологической прогнозно-диагностической системы распознавания транзиторных ишемических атак, дифференцированных по подтипам. Дифференцируются три этиопатогенетических подтипа: атеротромботический, кардиоэмболический, гипертензивный и класс неТИА, включающий в себя различные состояния, не укладывающиеся в типичные СубТИА1-3, в том числе, и состояние НОРМА [2, 4-7, 15]. Система ориентирована для работы в достационарных амбулаторно-клинических условиях преимущественно по анамнестическим данным, не требующим значительных затрат времени и средств.

Конкретно, в полном объеме описание разработанной прогнозно-диагностической системы,

Таблица 2. Точность распознавания по обучающей и тестовой выборке.

Количество обучающих случаев	Количество тестовых случаев	Процент распознавания на обучающей выборке	Процент распознавания на тестовой выборке
90	24	100%	78%

основанной на нейроинтеллектуальной технологии нейросетевого моделирования приведено в наших предыдущих публикациях и презентациях в Интернете [4, 5, 7, 10, 15].

Исследование проведено по 156 клиническим случаям пациентов, у которых, ориентируясь на реальные диагнозы и ощущения дискомфорта (жалобы), в той или иной степени, возможно, были ТИА. Гендерно-возрастное распределение всех наблюдений по возрастным категориям приведено в таблице 1.

Кратко о полученных результатах на тестовых выборках (таблица 2).

Следует четко разграничивать понятия «Реальный диагноз» и «Прогнозный диагноз». Традиционное клиническое мышление в повседневной работе ориентировано на реальный диагноз, исходя из реальной симптоматики. Прогнозный диагноз проходит второпланово, возможность его реализации неопределенна, обозначена нечетко, сомнительно. В предлагаемой ангионейропревентологической прогнозно-диагностической системе диагноз это не уже состоявшийся приговор, а виртуальный диагноз-предупреждение, предупреждающий о возможной угрозе его реализации, указывающий на необходимость принятия своевременной лечебно-профилактической коррекции; он приводится в процентном выражении, фрагмент вычисления прогнозных значений приведен в таблице 3.

Таблица 3. Фрагмент вычисленных прогнозных значений (составлено для всех 156 случаев)

Пациент {№}, пол, возраст	Возможность реализации прогнозного диагноза ТИА, дифференцированного по подтипам, %			Не Т ИА (НОРМА)
	Атеротромботический	Кадиоэмболический	Гипертензивный	
{1}, ж 45 лет	81,21	18,38	0,41	0
{2}, ж 41 год	0	53,25	46,75	0
{3}, ж 56 лет	0	99,98	0,02	0
{4}, ж 35 лет	0	42,17	2,24	55,59
{5}, м, старше 60 лет	0,01	99,99	0	0
{6}, м, старше 60 лет	0,12	0,12	99,76	0
{7} м, 39 лет	0	2,06	97,85	0,1

Попутно высказываем еще одно наше соображение по применению нейроинтеллектуальных технологий в практической работе.

От неврологии отходит множество ответвленных направлений медицинского профиля: нейрохирургия, нейроофтальмология, ангионеврология, кардио-неврология. Необходимости в каком-то объединяющем неологизме здесь нет.

Но выделяется и другой кластер нейронаук, таких как нейроинформатика, нейроматематика, теория нейронных сетей и нейроинтеллектуальные технологии [2].

При такой трактовке этот класс (кластер) технических нейронаук уже приобретает прикладной практический смысл в новом качестве – в качестве методологического инструментария для разработки диагностических и прогностических критериев решения практических прикладных задач. А то, что современная неврология остро нуждается в формализованных методах распознавания образов (диагностика, дифференциальная диагностика, формулировка диагнозов, прогнозирование, классификации), уже не вызывает сомнений.

#### Заключение

На базе структурно-функциональной концепции организации защитных механизмов кровоснабжения мозга основана и разработана ангионейропревентологическая прогнозно-диагностическая система распознавания ТИА, дифференцированных по подтипам. Преследуется цель работать на опережение в противостоянии различным вредоносным (патогенным) влияниям и факторам риска и еще на доставочном донологическом этапе не допустить возникновения и дальнейшее развитие такой кардиоцереброваскулярной патологии у здорового человека, а не лечить больного с уже реально состоявшимися острыми переходящими нарушениями мозгового кровообращения.

Методологический подход осуществляется на базе применения нейроинтеллектуальных нейросетевых моделей для доставочной индивидуализированной прогнозной диагностики по простым и доступным (прежде всего анамнестическим) признакам-предикторам (социально-медико-биологическим маркерам), указы-

вающим на реальную возможность возникновения транзиторной ишемической атаки и на необходимость ее ранней первичной профилактики.

#### Литература

1. Апанель, Е.Н. Проблема неопределенности и нестабильности в медицинских исследованиях / Е. Н. Апанель // Военная медицина. 2011. № 2. С. 13–18.
2. Апанель, Е.Н., Головкин В.А., Евстигнеев В.В. Нейронауки в неврологии: достигнутое и перспективы. Здоровоохранение. 2012. № 11. С. 60–65.
3. Верещагин, Н.В. Системный подход в изучении нарушений мозгового кровообращения при атеросклерозе и артериальной гипертензии: результаты и перспективы. / Н.В. Верещагин // Мозг. Теоретические и клинические аспекты. М. 2003. С. 521–533.
4. Головкин, В.А. Нейронные сети для диагностики транзиторных ишемических атак / В.А. Головкин, Г.Ю. Войцехович, Е.Н. Апанель, А.С. Мاستыкин // Вестник БрГТУ, 2011. № 5(71). С. 22–29.
5. Головкин, В.А. Нейросетевые технологии обработки данных для обнаружения аномалий в биомедицинских сигналах. Лекции школ семинаров по нейроинформатике. МИФИ. 2012. С. 11–48
6. Дриготинов, Б.В. Прогноз–диагностика транзиторных ишемических атак и их лечебно–профилактическое предупреждение / Б.В. Дриготинов, Е.Н. Апанель, А.С. Мастыкин // Медицинский журнал. 2006. № 3. С. 116–119.
7. Евстигнеев, В.В. Возможности методов искусственного интеллекта для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак / В.В. Евстигнеев, Е.Н. Апанель, Н.А. Новоселова, А.С. Мастыкин // ARS MEDICA. № 3, 2009. С. 60–72.
8. Исаева, В. В. и соавт. Фракталы и хаос в биологическом морфогенезе. Владивосток: Дальнаука. 2004. 162 с.
9. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы. 2991. 656 с.
10. Мастыкин, А. С. Нейросетевой подход в решении проблемы диагностики и профилактики транзиторных ишемических атак / А.С. Мастыкин [и соавт.] // Доклады НАН Беларуси. 2010. № 5. С. 81–90.
11. Потапов, Д.Д. Структурно функциональное обоснование защиты головного мозга при ишемии методом пункционного шунтирования сонной артерии. Автореф. канд. мед. наук 03.00.25 – гистология, цитология, клеточная биология. Тюмень. 2006.
12. Сидоренко, Г.И. Творчество и медицина: поиск неочевидных решений. Минск. 2002. 164 с.
13. Трошин, В.Д. Стратегия и тактика превентивной неврологии / В.Д. Трошин // Медицинский альманах. 2011. № 1. С. 37–44.
14. Goldberger, A. L. Non linear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside // Lancet. 1996. Vol. 347. P. 1312–1314.
15. Golovko, V., Neural Network Model for Transient Ischemic Attacks Diagnostics / V Golovko, E. Apanel, H. Voytsekhovich, A. Mastykin. // Optical Memory And Neural Networks (Information Optics) Vol. 21 No. 3 2012, P 166–176.
16. Parin, V. V. The role of pulmonary vessels in the reflex control of the circulation. Am. J. M. 1947. Vol 214. № 2. P. 167–175.

Поступила 9.11.2012 г.