

ным методом борьбы с критической ишемией нижних конечностей, вызванной поражением артерий голени. Увеличение линейной скорости кровотока, прирост коллатерального русла, регресс клинической симптоматики являются результатами лечения пациентов с помощью этих методов. Тем не менее стоит отметить возможные отрицательные стороны, которые мы выявили в ходе нашего исследования – высока частота тромбозов после ТЛБАП в ранних сроках (через 1–6 месяцев после хирургического лечения) в отличие от терапевтического ангиогенеза, где тромбоз стенозированных артерий наступал в более поздние сроки. Рентгенэндоваскулярные методы восстановления кровотока при поражении артерий голени являются в настоящее время приоритетными, но, не всегда технически выполнимыми. В то же время отмечается достаточно высокий процент тромбозов зоны реваскуляризации. В нашем исследовании тромбоз отмечен у 30 % в первый месяц после оперативного лечения и у 20 % в течение полугода. При этом повторные вмешательства не всегда были успешными и у 3 пациентов выполнены ампутации конечностей в течение первых 6 месяцев.

Использование в качестве альтернативы медикаментозного ангиогенеза вселяет обоснованные надежды на успех лечения: в течение 6 месяцев после процедуры ухудшение кровоснабжения конечностей отмечено у 8 % больных, а к концу двухлетнего наблюдения процент увеличился до 26 %, что достоверно ниже неудач ангиопластики. Важным преимуществом метода является относительная простота процедуры, не требующая сложной медицинской техники.

## Выводы

Лечение больных с поражениями артерий голени остаётся сложной задачей. Рентгенэндоваскулярные методы восстановления их проходимости сопровождаются высокой частотой ретромбозов и требуют повторных вмешательств в первые 6 месяцев после хирургического лечения у 30 % пациентов.

Терапевтический ангиогенез является безопасным методом сохранения конечностей и позволяет достичь благоприятных результатов в течение 2 лет у 71 % пациентов. Процент неудач лечения, приведших к ампутациям в срок 6 месяцев, составил 3,8 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клинические рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ). – М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2010. – 27 с.
2. *Питык А.И.* Эндоваскулярные вмешательства в подколленно-берцовом сегменте у больных с критической ишемией нижних конечностей // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2010 – № 4. – С. 537–538.
3. *Питык А.И., Прасол В.А., Бойко В.В.* Реваскуляризация нижних конечностей у пациентов с критической ишемией, обусловленной поражением инфраингвинальных артерий // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2014. – № 4. – С. 153–158.
4. *Червяков Ю.В.* Отдалённые результаты лечения больных с ХОЗАНК II и III ст. препаратом на основе VEGF // Сателлитный симпозиум «Терапевтический ангиогенез: мировой и российский опыт лечения ишемии нижних конечностей. Эффект геннотерапевтического препарата на основе гена VEGF». XVII Всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов России НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН – 29.11.2011.
5. *Masaki H.* Bypass vs. Endovascular Therapy of Infrapopliteal Lesions for Critical Limb Ischemia. // Annals of vascular diseases. – 2014. – № 3. – С. 227–231.
6. Rutherford's Vascular Surgery – 7th Edition – Part II – Cronenwett and Johnston – 2010 г. – 1578 p., 2637 pages.

*А.Н. КУРЗАНОВ*

## БИОИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Кафедра клинической фармакологии и функциональной диагностики ФПК и ППС ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации,  
Россия, 350063, г. Краснодар, ул. Седина, 4.  
Тел. 8 (861) 268-10-84. E-mail: kurzanov@mail.ru*

В аналитической статье рассматриваются биоинформационные аспекты организации резервных возможностей организма. Приведены существующие представления о роли биоинформации в механизмах поддержания жизненных ресурсов организма и обеспечения его существования во взаимодействии со средой обитания. Рассмотрена роль сигнальной коммуникации организменного уровня в организации адаптивных реакций, направленных на удовлетворение потребностей организма, включая формирование его функциональных резервов. С позиций теории функциональных систем логически обоснованы представления о функциональных резервах организма как динамически саморегулирующемся комплексе информационно-взаимосвязанных функциональных систем, много-

гранное взаимодействие которых обеспечивает мобилизацию и восстановление резервных возможностей в соответствии с потребностями жизнеобеспечения организма.

*Ключевые слова:* функциональные резервы организма, биоинформация, функциональные системы.

**A.N. KURZANOV**

BIO-INFORMATIONAL ASPECTS IN ORGANIZATION OF FUNCTIONAL RESERVES OF ORGANISM  
FROM THE POINT OF THE THEORY OF FUNCTIONAL SYSTEMS

*Department of clinical pharmacology and functional diagnostics Kuban State Medical University Russia,  
350063, Krasnodar, Sedina Str. 4.  
E-mail: kurzanov@mail.ru*

The article analyses bio-informational aspects in organization of reserve abilities of organism. The author gives an overview of the existing ideas about the role of bio-information in supporting vital resources of the organism and providing its existence while interacting with the environment. The article discusses the role of signal communication of organismic level in organization of adaptive reactions aimed at satisfying the needs of organism, including the formation of its functional reserves. From the point of the theory of functional systems, it is logically grounded that functional reserves of organism can be considered as a dynamically self-regulating complex of informative eiyinterrelated functional systems, whose multifaceted interaction provides the mobilization and recovery of the reserve abilities, in accordance with the vital needs of organism.

*Key words:* functional reserves of organism, bio-information, functional systems.

По определению Р.М. Баевского [3], функциональные резервы организма (ФРО) – это «информационные, энергетические, метаболические ресурсы организма, обеспечивающие его конкретные адаптационные возможности». Однако следует отметить, что выделение энергетической, информационной и метаболической составляющих ФРО достаточно условно, поскольку они все неразрывно связаны между собой в пространстве и во времени. Временную организацию ФРО можно представить как диалектическое единство процессов их мобилизации и восстановления.

Роль биоэнергетических и метаболических процессов в формировании ФРО обсуждается во многих научных работах достаточно детально и аргументировано. Существенно меньше внимания уделено объяснению сущности информационной составляющей резервных возможностей организма, её роли в осуществлении адаптивных реакций, обеспечивающих его жизнедеятельность. В существующих представлениях о роли информации и информационных процессах в живых организмах имеется немало дискуссионных моментов, недостаточно аргументированных утверждений по важнейшим разделам данной проблематики.

Все живые существа – это биоинформационные системы, структура которых задаётся относящейся к ним информацией, а жизнедеятельность обеспечивается воспроизведением этой информации. Живая форма материи объединяет в одно

целое вещество, энергию и информацию [8]. Проблема информационной организации живых систем является одной из ведущих проблем биологии, физиологии, биохимии, генетики и других наук о жизни. Информация в живых системах определяет не только свойства и содержание структур организма, но и является средством управления, организации и контроля строгой последовательности, упорядоченности и согласованности химических и физико-химических процессов, а также морфологических и физиологических изменений. Информация в живых системах во многом определяет само содержание и сущность живой материи.

Многие исследователи утверждают, что без информационной составляющей существование живого невозможно. Все сложные функциональные, биохимические, психологические и иные процессы в живой системе осуществляются при обязательном участии информационной составляющей, управляются информационными механизмами. Материя, энергия и информация органично взаимосвязаны и являются категориальной основой законов единства организма и среды его жизнедеятельности. Живые организмы обмениваются со средой обитания структурными элементами, энергией и информацией, взаимодействие между которыми существует на всех уровнях организации живой материи. Энергоинформационное обеспечение формирования структурных, функциональных, метаболических, генетических, психиче-

ских и иных составляющих жизнедеятельности организма – важнейший механизм поддержания его жизненных ресурсов и возможности существования во взаимодействии со средой обитания.

Саморегуляция и информационный обмен являются ведущими составляющими механизмов функционирования живых систем. Хранение, кодирование, декодирование, передача, использование генетической информации являются ключевыми во всех процессах жизнедеятельности. Все уровни регуляции биологических процессов в живых организмах находятся под координирующим информационным контролем, а источником управляющей информации является генетическая память. Упорядоченность обмена веществ, рациональное использование пластических и энергетических ресурсов организма, обеспечение должного состояния функциональных возможностей, включая поддержание ФРО, на всех этапах онтогенеза и целенаправленной жизнедеятельности – всё это обеспечивается при участии генетически запрограммированной информации [8]. Биоинформация, связанная с генами, напрямую не участвуя в процессах жизнедеятельности и развития непосредственно, является в функционально-генетическом плане фактически «потенциальной». Действующая биоинформация связана с белками и свойствами клеток и организмов.

Информация, имеющая первостепенное значение для оптимального функционирования организма, может считаться функциональной информацией, что является её качественной характеристикой [10]. Восприятие и трансформация организмом такого информационного сигнала инициирует адекватные адаптивные реакции. На всех уровнях организации живой материи сигнальная коммуникация организменного уровня осуществляется, прежде всего, посредством специфических биологически активных молекул, занимающих ключевые позиции в регуляции разнообразных метаболических процессов, направленных на удовлетворение жизненно-необходимых потребностей организма, включая формирование его функциональных резервов.

В ходе информационных взаимодействий в живых организмах осуществляются сложнейшие процессы передачи и переработки биоинформации не только посредством биомолекул, но и путём переноса биологически значимой информации физическими полями. Реальная осуществимость информационных взаимодействий физических полей с биологическими системами под-

тверждается особенностями наблюдаемых связей в системе «солнце – биосфера» [4]. Выдвинута гипотеза о существовании информационных квантов в биосистемах, часть которых ассоциирована с молекулами или субмолекулярными частицами, а другие находятся в относительно свободном состоянии [5].

Многолетние усилия исследователей в плане лучшего понимания процессов хранения, кодирования, передачи и использования биоинформации в целях жизнеобеспечения организма позволили сформулировать ряд теоретических построений, развить концептуальные представления об информации, как неотъемлемом элементе живой материи. К числу наиболее ярких и фундаментально значимых идей двадцатого столетия, безусловно, относится информационная концепция деятельности функциональных систем, выдвинутая академиком П.К. Анохиным. В рамках этой концепции информация, как правило, выступает главной доминантой во всех функциональных процессах той или иной системы [1, 2]. Все преобразования информации в живой системе производятся для достижения определённого биологического эффекта. Показано, что любая функциональная система, наряду с энергетической основой специальных физико-химических процессов, определяющих метаболическую потребность и её удовлетворение, характеризуется информационным наполнением.

Достижение цели информационно-взаимодействующей функциональной системой инициируется неизменным в течение некоторого отрезка времени мотивом. На основании мотива формируется текущая цель поведения системы сначала в неопределённой форме, как задача построения динамической функциональной системы, содержащей символы операций, отношений и объёмов, которые получают свои значения только в случае достижения цели, т.е. успешного завершения динамического процесса получения полезного приспособительного результата [9]. Полезные приспособительные результаты выступают в роли системообразующего фактора становления функциональных систем разного уровня организации [1]. С этой точки зрения полезные результаты адаптивных реакций являются системообразующим фактором комплекса функциональных систем, формирующих ФРО.

Возникновение и существование любой функциональной системы определяется наличием необходимых структурных, энергетических и ин-

формационных ресурсов. Достижение должного результата действия сопряжено с мобилизацией этих ресурсов, а вероятность достижения этого результата определяется достаточностью мобилизуемых ФРО.

Жизнеобеспечение живых существ формируется на основе многогранного, сложенного взаимодействия множества функциональных систем молекулярного, гомеостатического, поведенческого и психического уровней, результаты деятельности которых гармонично объединяются на основе принципа мультипараметрического взаимодействия и в каждый момент времени отражают тесные информационные взаимоотношения внешней и внутренней среды организма. По мнению К.В. Судакова [11], «совокупная информационная деятельность разных функциональных систем, в каждой из которых обмен информацией осуществляется на основе своих специфических информационных эквивалентов, составляет общую информационную среду организма». Предполагается, что ведущая роль в организации информационной среды организма принадлежит нервной, а также соединительной ткани [11]. Именно в соединительной ткани осуществляется тесное взаимодействие множества биологически активных информационных молекул: олигопептидов, гормонов, гликопротеинов, витаминов, простогландинов, иммунных комплексов и других сигнальных структур.

Парадигма системного подхода позволяет рассмотреть различные аспекты формирования функциональной организации жизнедеятельности и в том числе значение информационной составляющей функциональных резервов организма. Системно-информационный подход является методологической основой, отражающей информационную сущность и природу механизмов регуляции жизнедеятельности организма и позволяющей исследовать свойства системных параметров регуляторного процесса, которые «контролируются» информационным фактором [7]. Системно-информационный подход к анализу функциональной организации резервных возможностей организма позволяет рассматривать физические параметры физиологических и метаболических процессов, обеспечивающих процессы мобилизации и восстановления ФРО, с позиций их информационного содержания.

Организм человека взаимодействует с внешней средой и поддерживает постоянство внутренней среды, реагируя на большой объём сигналь-

ных воздействий, имеющих сложную информационную пространственно-временную организацию.

Толерантность к сигнальным факторам – причина снижения возможностей информационных механизмов жизнеобеспечения вследствие изменения состояния метаболических, пластических и регуляторных процессов, а также нарушения формирования и поддержания на должном уровне ФРО. Академиком Судаковым К.В. сформулирована гипотеза о неспецифическом информационном синдроме дезинтеграции различных функциональных систем при экстремальных воздействиях на человека [12]. Жизнедеятельность любого организма происходит в условиях непрерывного взаимодействия со средой обитания. Достижение соответствия конкретным условиям существования происходит путём адаптивных реакций организма в рамках ФРО. Поскольку условия существования постоянно изменяются в пространстве и во времени, организм для достижения адаптивного результата должен всё время оценивать эти изменения, иметь надлежащую готовность и способность соответствовать им, что и составляет сущность информационной взаимосвязи организма и среды обитания. Рассматривая живой организм в его взаимодействии со средой обитания, следует иметь в виду, что для нормального функционирования организма важны не только структурно-метаболические характеристики гомеостаза, но и гомеостаза энергетического и гомеостаза информационного [6, 11].

Жизненно необходимые метаболические потребности являются иницирующим фактором самоорганизации функциональных систем любого уровня, мобилизующим ткани и органы посредством сигнальной биоинформации нервной или гуморальной природы в системные построения, обеспечивающие совокупной деятельностью входящих в неё элементов удовлетворение исходной потребности. Механизмы саморегуляции в функциональных системах могут самостоятельно обеспечить достижение оптимального уровня метаболизма и формирование информации о метаболическом удовлетворении потребности [13]. По-видимому, именно такой метаболический механизм включается при необходимости восстановления ФРО.

Все процессы обеспечения жизнедеятельности, включая использование и восстановление ФРО, связаны с той или иной формой активного оперирования биоинформацией и могут осуществляться только на основе постоянного поддер-

жания в живой системе строго определённых информационных потоков. Активное оперирование информацией происходит путём регулирования параметров двусторонних информационных потоков между организмом и внешней средой.

Без информационного взаимодействия организма со средой обитания и анализа информационных параметров его функционального состояния невозможны ни мобилизация ФРО, ни их восстановление. Мобилизация и восстановление ФР происходят в ходе адаптивных реакций, инициированных изменениями среды обитания, констант внутренней среды, а также параметров функционирования органов и систем организма... Динамические процессы формирования ФРО определяются информационными составляющими жизнеобеспечения организма в соответствии с его адаптивными потребностями и резервными возможностями.

С позиций теории функциональных систем представляется возможным представить ФРО как очень сложный динамически саморегулирующийся морфофункциональный комплекс, организованный по принципу мультипараметрически согласованного взаимодействия множества информационно-взаимосвязанных функциональных систем молекулярного, гомеостатического и поведенческого уровней. Мобилизация и восстановление ФРО обеспечивается многогранным взаимодействием различных функциональных систем в каждый конкретный момент времени в соответствии с потребностями жизнеобеспечения организма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К. Психическая форма отражения действительности // Под ред. П.К. Анохина. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. – М.: Наука, 1978. – С. 336–366.
2. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 196 с.
3. Бавеский Р.М. Теоретические и прикладные аспекты оценки и прогнозирования функционального состояния организма при действии факторов длительного космического полета // Актовая речь на заседании Учёного совета ГНЦ РФ-ИМБП РАН. Москва, октябрь 2005 г.
4. Жвирблис В.Е. Космофизические истоки диссимметрии живых систем. – М.: МГУ, 1987. – С. 87–106.
5. Зилов В.Г., Судаков К.В., Эпштейн О.И. Элементы информационной биологии и медицины. – М.: МГУ, 2000. – 248 с.
6. Зилов В.Г. Современные представления о методах комплементарной медицины // Теория и практика комплементарной медицины. – М.: ММА им. И.М. Сеченова, 1997. – Вып. 1. – С. 7–15.
7. Иващев С.П. Информационный континуум функциональной организации целенаправленного поведения человека. Известия ЮФУ. – 2012. – Том 134. – № 9. – С. 18–22.
8. Калашников Ю.Я. Единство вещества, энергии и информации – основной принцип существования живой материи. Дата публикации: 30 июня 2006 г., источник: SciTecLibrary.ru; Сайт: <http://new-idea.kulichki.com/>, дата публикации: 07.12.2006.
9. Кузнецов Н.А., Любецкий В.А. Компьютерная логика в информационных процессах. // Проблемы передачи информации. – 1999. – Т. 35. – Вып. 2. – С. 107–111.
10. Кулаковский Э.Е. Информационная связь как основа взаимодействия организмов со средой обитания // Биомедицинский журнал. – 2004. – Том 5. – С. 57–60.
11. Судаков К. В. Информационный принцип в физиологии: анализ с позиций общей теории функциональных систем. – Успехи физиол. наук. – 1995. Т. 26. № 4. – С. 3–27.
12. Судаков К.В. Индивидуальность устойчивости к эмоциональному стрессу. – М., 1998.
13. Судаков К.В. Общие закономерности динамической организации функциональных систем // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2005, № 2. – С. 4–13.

Поступила 21.06.2016

**К.И. ЛАВРИНЕНКО<sup>1</sup>, А.С. БЕЛОУС<sup>1,2</sup>, Г.С. МАЛЬ<sup>1</sup>,  
Е.Б. АРТЮШКОВА<sup>1</sup>, Е.А. ЛОЙКО<sup>1</sup>**

## КОРРЕКЦИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ КОНЕЧНОСТЕЙ КОМБИНАЦИЕЙ ВАРДЕНАФИЛА И ПЕНТОКСИФИЛЛИНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

<sup>1</sup>Кафедра фармакологии ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3.

<sup>2</sup>Научно-исследовательская лаборатория «Генетика» ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет» Минобрнауки Российской Федерации, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33. Тел. +7 (920) 264-21-13.

E-mail: kristinalavr@yandex.ru

Экспериментальная работа проведена на крысах линии Wistar. Ишемию моделировали на мышцах голени крыс. Коррекцию ишемии мышц проводили внутрижелудочным введением пентоксифиллина в дозе 60 мг/кг, варденафила в дозе 0,9 мг/кг ежедневно в течение 28 дней и комбинацией варденафила в дозе 0,09 мг/кг и пентоксифиллина в дозе 30 мг/кг в течение 7 дней. Результаты оценивали на 21-е и 28-е сутки. Уровень микроциркуляции выражался в перфузионных единицах. Коррекция ишемии мышц комбинацией варденафила и пентоксифиллина малыми дозами в течение 7 дней стимулирует ангиогенез и улучшает кровообращение в дистальных отделах конечностей соразмерно средним терапевтическим дозам варденафила в течение 28 дней.