

МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ И ГОМЕОСТАЗ. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА, ВАЖНЫЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОМЕОСТАЗА

© В. А. Котолупов*, В. Ф. Левченко**

* Центр системной медицины, Гоче, 70, Словения;

** Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: lew@iephb.nw.ru

Резюме

Данная статья является продолжением нашей первой статьи «Зональная модель описания гомеостаза» [1], в которой обсуждаются некоторые общие закономерности функционирования организма, непосредственно связанные с поддержанием гомеостаза. Казалось бы, рассмотрение таких общих вопросов может иметь лишь теоретический интерес, однако в последние годы наметилась тенденция в направлении холистической физиологии и медицины, когда в первую очередь рассматриваются те особенности функционирования организма, которые отвечают за поддержание его целостности в норме и при патологии. Особое внимание в этой статье уделено рассмотрению мультифункциональных возможностей органов и функциональных блоков. По нашему мнению, такой анализ может способствовать решению общих вопросов физиологии и медицины и дает возможность лучше разобраться в организации процессов в организме в течение жизни, а также может помочь в выяснении причин некоторых хронически заболеваний.

Ключевые слова: гомеостаз, мультифункциональность, модификация, закономерности функционирования.

Мультифункциональность как основа поддержания гомеостаза

Важным свойством организма и его функционально обособленных систем является известное свойство мультифункциональности [1—6]. Говоря о функционально-обособленных системах организма мы подразумеваем здесь то, что Уголев обобщенно называл «функциональными блоками» [2, 5]. Такие блоки могут быть организованы различными морфологическими структурами. Например, для тканей повторяющейся структуры, составленные из рядом расположенных клеток нескольких типов, были названы «функционами» [7], или «гистионами» [8]. Здесь нас будет интересовать организм в целом и его относительно обособленные функциональные подсистемы, состоящие, как правило, из отдельных органов или групп согласованно функционирующих органов (иногда их не совсем корректно называют также «функциональными структурами»).

В организме свойство мультифункциональности проявляется как на физиологическом, так и биохимическом уровнях. Например, некоторые простагланди-

ны могут вырабатываться не только в специализированных тканях репродуктивных органов, но также и в тканях иных органов, в частности в коре надпочечников [9]. Одна и та же температура локомоторных мышц конечности гомойотермного животного при попадании в холодную среду может ограниченное время поддерживаться как за счет терморегуляторной дрожи мышц, так и без дрожи за счет различных механизмов перераспределения тока крови между мышцами и покровными тканями (сужение и расширение сосудов и т. п.).

Нетрудно сделать вывод, который заключается в том, что мультифункциональность позволяет организму осуществлять функции, необходимые для поддержания гомеостаза и жизни, не обязательно каким-нибудь одним способом, а различными способами, причем в разных ситуациях по-разному и без принципиальных перестроек морфологии. Условно говоря, у организма обычно имеется «выбор», каким из способов ему воспользоваться для того, чтобы поддерживать гомеостаз. Разным способам соответствуют разные точки в актуально возможной гомеостатической зоне [1]. В то же время, организм или его органы и функционально,

обособленные системы не могут, как правило, с одинаковой эффективностью одновременно выполнять сразу несколько функций [2, 3, 5, 6, 10]. Это связано не только с ограниченностью ресурсов. Например, организм неспособен обеспечивать одновременно высокую скорость роста и морфологической дифференциации, поскольку эти процессы имеют принципиально разную направленность и различные, иногда взаимоисключающие механизмы, которые не могут хорошо работать совместно. Поэтому потенциально «конфликтные» механизмы обычно не работают одновременно. Мы будем называть это принципом альтернативности.

Существует несколько способов, позволяющих избежать конфликтных ситуаций, обусловленных мультифункциональностью. По мнению Маслова [3], которое мы разделяем, к важнейшим из них относятся, во-первых, разграничение функций во времени и, во-вторых, пространственное разграничение функций в пределах одной функциональной системы (здесь С. П. Маслов, судя по всему, имеет в виду не функциональные системы всего организма, а функционально обособленные системы внутри организма). Второй путь при соответствующем стечении обстоятельств может приводить в процессе эволюции к появлению вначале дублирующих, а в итоге новых специализированных функциональных и морфологических структур.

Несомненно, что мультифункциональность повышает выживаемость организма в экстремальных условиях, по крайней мере в течение ограниченного промежутка времени, и в этом плане она является исключительно важным свойством. Яркий пример дает реакция организма на факторы стресса, когда организмом используются специальные резервные механизмы. Известно, что после воздействия указанных факторов стресса возникает адаптационный синдром и происходит согласованные, наследственно запрограммированные физиологические и биохимические сдвиги. В частности, у млекопитающих они сопряжены не только с рядом функциональных и биохимических изменений, но обычно и с увеличением выработки адреналина надпочечниками. Некоторые органы и системы организма начинают выполнять при этом не свойственные для нормы функции. Это помогает сохранять гомеостаз некоторое ограниченное время, но не может продолжаться неопределенно долго. Вслед за стадией резистентности (сопротивления) наступает стадия истощения, во время которой эффективная борьба с факторами стресса уже практически невозможна [11, 12]. Такое происходит, когда внутренние ресурсы исчерпаны, но их нормальное восполнение в сложившихся условиях затруднено (здесь просматривается аналогия с экологическими и социальными системами [13]). Актуально возможная гомеостатическая зона [1] на стадии истощения сокращается. В тех случаях, когда это не приводит к гибели организма, возникают патологические сдвиги функций, поддерживающих жизнедеятельность организма, причем некоторые из функций начинают, по-видимому, обеспечиваться способами, нестандартными для нормы [12, 14, 15].

Разумеется, факторы стресса, в реакции на которые мультифункциональность играет ключевую роль, являются экстраординарным событием для организма. Однако если подойти к вопросу обеспечения необходимых физиологических функций несколько шире, то нетрудно прийти к выводу о том, что и в обычных, «спокойных» условиях мультифункциональность не менее важна для жизнедеятельности, поскольку также способствует приспособлению организма к постоянно меняющимся обстоятельствам, при которых он существует. Перемещение актуально возможной гомеостатической зоны, например, из-за привыкания к сравнительно медленно меняющимся условиям было бы, скорее всего, невозможным, если бы организм не использовал мультифункциональные способности своих органов и функционально обособленных систем. Некоторые примеры мультифункциональности приведены выше; стоит отметить, что в выборе того или иного способа функционирования далеко не всегда просматривается жесткая предопределенность. К этому же выводу приходят разные авторы, обсуждавшие эти проблемы [3, 16—19]. Но, принимая его, мы обязаны тогда сделать заключение, что практически ни одно из состояний взрослого организма, даже если оно внешне соответствует норме, не может рассматриваться как оптимальное одновременно для всех органов и функционально обособленных систем. Иначе говоря, в соответствии с принципом альтернативности какие-то из них систематически выполняют нестандартные функции, причем, возможно, иногда в ущерб основным.

Выводы, касающиеся мультифункциональности, не представлялись бы столь существенными, если бы не одно обстоятельство: далеко не любые, на первый взгляд, казалось бы, вполне вероятные, пути изменения способа обеспечения гомеостаза возможны, т. е. не всегда переход от одной «нормы» к другой может быть на деле легко реализован. А это уже важно с точки зрения физиологии и практической медицины.

В нашей первой статье [1] сказанное иллюстрируется рис. 1, где упомянутым разным способам соответствуют разные точки в области гомеостатического континуума. Каждая точка соответствует уникальному набору характеристик организма, при которых реализуется взаимосогласованное функционирование его частей, направленное на поддержание гомеостаза. Оказывается, что переход от одной точки к другой по прямой, т. е., казалось бы, наилучшим способом (см. об оптимальности биологических процессов [20]) далеко не всегда возможен. Особенно трудными могут оказаться некоторые переходы из областей периферии гомеостатического континуума, например, из «карманов», поскольку не все направления выхода из них допустимы [1]. Узкие «карманы» мы назвали гомеостатическими тупиками; чтобы выйти из них, есть только один путь — возвращение назад. Из сказанного следует: для того чтобы осуществлять некоторые варианты переходов, необходимы не простейшие, а более сложные траектории. У физиков данная ситуация может вызвать ассоциации с метастабильными со-

стояниями атома, «прямому» переходу из которых в основное состояние препятствуют квантово-механические правила запрета.

Таким образом, напрашивается следующее предположение: для реализации сложных переходов организм должен обладать специфическими «знаниями» о том, как это сделать, или, точнее говоря, он должен использовать при этом специфические инструкции. В них отражено также и то, что для сложных переходов могут понадобиться дополнительная активность и ресурсы. Мы используем здесь термин «инструкции» потому, что в отличие от «программ», подразумевающих выполнение каких-то строго определенных действий, инструкции являются императивами и задают не каждый шаг, а лишь то, чего следует достигнуть (своего рода «цель» деятельности), и общие правила корректного функционирования. Конкретные способы достижения результаты индивидуальны и ситуативны и могут варьировать [13]. Поскольку, без сомнения, указанные переходы все же происходят в процессе жизни (например, при физиологических сдвигах в онтогенезе, при выздоровлении [12]), то приходится признать, что, помимо инструкций, управляющих протеканием физиологических процессов и взаимодействием организма со средой, существует еще особый класс инструкций, управляющих переходами от одного способа обеспечения гомеостаза к другому. Они учитывают мультифункциональные свойства органов и функционально обособленных систем организма. Такие инструкции можно назвать инструкциями переключения, или свич-инструкциями (по аналогии со «свичами» — техническими переключателями, название которых происходит от английского «switch»). Их действие иногда приводит к весьма быстрым, как бы «скачкообразным» изменениям состояния организма. Можно предположить, что ошибки в этих инструкциях или в их исполнении могут провоцировать возникновение некоторых заболеваний и кризов, например, сосудистых, приводящих в тяжелых случаях к инфарктам и инсультам (мы не отрицаем, что при этом существенную роль играют также и усугубляющие обстоятельства: склеротические изменения сосудов, гипертония и т. п.). Предположение об общих «холистических» инструкциях, управляющих жизнедеятельностью всего организма, а также «холистических» закономерностях, высказывали многие исследователи, в частности, один из основателей философии биологии и биологической кибернетики эколог и психолог Бейтсон [21].

Стоит также отметить, что к указанным инструкциям переключения мы относим не только те, которые заложены наследственно и непосредственно управляют физиологическими функциями, но также и поведенчески приобретенные. Постепенный, сравнительно медленный переход от одного способа поддержания гомеостаза к другому может быть осуществлен в процессе привыкания и(или) тренировки [1, 15]. Очевидно, что, по крайней мере в случае человека, некоторые из поведенческих свич-инструкций связаны с коллективным опытом, отраженным в культуре этнопопуляции [13] в виде тех или иных норм, советов и правил поведения.

Таким образом, при перемещении внутри гомеостатического континуума, так же как и при биологической эволюции, имеются специфические морфофункциональные и биохимические ограничения на варианты путей. Существование таких ограничений демонстрирует, например, выход из стресса состояния когда возврат к норме происходит с использованием иных физиологических механизмов, т. е. фактически другими способами, нежели возникновение самой реакции на факторы стресса [14, 15]. Врачи прекрасно знают, что в ряде случаев именно на этом этапе, а не во время первых двух фаз стресса часто возникают тяжелые осложнения. Сходные по сути ограничения, связанные в широком смысле с наличием системно памяти (на техническом языке — связанные с гистерезисом всей системы), имеются также и в эволюции. Например, переход от развитого однокамерного сердца к двухкамерному практически невозможен в силу того, что для такого перехода требуется одновременная морфологическая и функциональная перестройка сразу же многих органов и физиологических систем (в том числе непосредственно обеспечивающих гомеостаз), что крайне маловероятно. Наглядные примеры похожих ограничений можно также найти и в экологии, когда переход от одного, в принципе возможного на данной территории типа сообщества к другому затруднен из-за необходимости одновременной смены сразу нескольких ведущих видов экосистемы [13, 22]. Наконец и в онтогенезе далеко не любые потенциально возможные пути обязательно реализуются [16, 23, 24].

Обобщая, можно сформулировать важное, особенно с точки зрения практической медицины, следствие: переход от одного способа поддержания гомеостаза к другому способу без нарушения функционирования всего организма может быть значительно затруднен или даже практически невозможен. Это связано с ограничениями, имеющимися в каждый момент жизни для гомеостатических траекторий и, по-видимому, иногда приводит к попаданию организма в гомеостатический тупик. Причинами попадания в такие тупики могут быть не только нарушения в гомеостазе, но и, например, физиологические проблемы, возникающие на этапе выхода из состояния стресса, когда выход из стадии истощения по каким-то причинам затруднен и она становится хроническим состоянием — «псевдонормой». Вполне правдоподобным также представляется предположение о существовании экологически и социально обусловленных причин гомеостатических тупиков, когда особенности образа жизни мешают перейти к иному способу существования в среде и социуме (например, хронически болезненное состояние не позволяет зарабатывать достаточно средств, необходимых для правильного питания и излечения).

Изложенное выше позволяет также подойти к понятию болезни с более широких — общебиологических и холистических позиций, нежели это обычно принято в медицине. Под болезнью мы понимаем такие изменения в организме и окружающей среде, которые возникают при воздействии патогенных факторов и которые

препятствуют нормальному обеспечению гомеостаза всего организма и(или) нормальному функционированию каких-либо его частей. Длительные нарушения баланса между анаболизмом и катаболизмом в организме в целом или в его частях могут свидетельствовать о наличии болезни. Отношение величин, характеризующих интенсивность этих процессов, может быть использовано в качестве диагностического критерия [25, 26].

Какие закономерности функционирования организма связаны с поддержанием гомеостаза?

Хотя многие из рассматриваемых ниже закономерностей известны в тех или иных разделах биологии, мы посчитали полезным собрать их вместе и дать сводку именно в контексте обсуждаемой проблемы поддержания гомеостаза. Анализ существующих представлений о тех особенностях живых систем, которые отличают их от неживых объектов, позволяет выделить ряд общих закономерностей [7, 13, 27—30]. Многие из этих закономерностей могут быть распространены с некоторыми оговорками на различные биологические системы (например, клетки многоклеточного животного, сложившиеся экосистемы), однако ниже мы будем говорить в первую очередь об организмах.

Любая живая система имеет материальную структуру, которую она старается сохранить в течение всей жизни. Это свойство многими авторами называется свойством самосохранения, для обеспечения которого необходимы энергия и вещество, а также императивы и более конкретные правила функционирования — инструкции, которые управляют протеканием физиологических процессов и контролируют взаимодействие системы со средой, способствуя обеспечению комфортности внутренней среды и поддержанию гомеостаза. На языке кибернетики действие инструкций часто обсуждается в терминологии сигналов датчиков (рецепторов) и сигналов управления, в физиологии — в терминах аффлекторов и эффлекторов и на языке «стимул—реакция» [10].

Часть из упомянутых инструкций организм получает при рождении в виде так называемой генетической информации, другую часть — в течение жизни как результат индивидуального опыта, а в случае высокоразвитых животных и человека — еще и обучения, т. е. вследствие приобретения сублимированного коллективного опыта от других членов сообщества [13, 31—33]. На наш взгляд, необходимость («стремление») получать информацию об особенностях локальной среды является столь же важным свойством живых организмов, как и другие свойства, которые связаны с обменом веществом и энергией между организмами и средой.

Ниже мы просуммировали наиболее важные свойства организмов. Некоторые из свойств упоминаются разными авторами в различных контекстах (см., например, [7, 13, 25, 27—30, 34]), поэтому здесь сложно

построить какую-то одну единственную иерархию. К важнейшим из них относятся следующие: 1) обмен веществ с окружающей средой; 2) обмен энергией с окружающей средой, при котором часть поступающей «низкоэнтропийной» энергии используется для осуществления физиологических функций, поддерживающих самосохранение и гомеостаз, и, в итоге, преобразуется в тепловую [30]; 3) способность осуществлять компенсаторно-приспособительные реакции с целью обеспечения гомеостаза и самосохранения (гомеостаз при этом выступает не как конечная цель жизнедеятельности, а как средство самосохранения); 4) способность изменять взаимодействие с внешней средой. Иначе говоря, организм «умеет» менять свои качества и(или) имеет возможность перемещаться в более подходящие для поддержания жизни области среды. Это может быть достигнуто при наличии по крайней мере одного из следующих свойств: способность изменять геометрическую форму (иногда — особенности внутреннего строения) и свое местоположение в пространстве и(или) способность изменять вид и уровень своей активности.

Последние свойства сопряжены с другими: наличием способности к осуществлению механических и химических преобразований используемого вещества среды, в первую очередь пищи, возможностью получать из среды достаточное для обеспечения необходимых компенсаторно-приспособительных реакций количество энергии.

Использование организмом вещества и энергии, а также их преобразование происходит при этом по гибким инструкциям, для чего необходимо следующее: а) наличие памяти, т. е. способности хранить и использовать инструкции (или как иногда неточно говорят, — «информацию» [13]); б) наличие информационного обмена организма с внешней средой; в) наличие информационного обмена между частями организма; г) способность к отбору и обработке поступающей и хранящейся в памяти информации, т. е. д) способность использовать результаты собственного и чужого опыта, а также е) способность изменять, «допрограммировать» собственное функционирование (то же самое прослеживается также и в эволюции [35]).

Свойство, касающееся способности осуществлять компенсаторно-приспособительные реакции с целью обеспечения гомеостаза, а также сопряженные с ним иные свойства связаны еще с одним важным феноменом, обсуждаемым в этой статье, а именно с мультифункциональностью органов и функционально обособленных систем организма. Например, как уже говорилось, мышцы могут участвовать и в процессах локомоции и в терморегуляторной дрожи, хотя и с разной эффективностью, поскольку обычно доминирует один из процессов [17]. Мультифункциональность является первичным свойством живых систем, которое проявляется на всех уровнях биологической организации — от клетки и организма [3, 36] до экосистем и биосферы [13, 21, 22]. Наличие мультифункциональности частей дает организму возможность осуществ-

лять одни и те же функции, необходимые для поддержания жизни, разными способами, что повышает возможности его выживания. Поэтому в число важнейших свойств живых организмов на наш взгляд следует включить также 5) мультифункциональность частей организма и его функционально обособленных систем.

Помимо перечисленных свойств можно привести еще ряд других, сформулированных специалистами разных областей биологии и физиологии. Однако далее остановимся только на тех свойствах, которые непосредственно связаны именно с гомеостазом, поддержание которого сопряжено с самосохранением. При этом сразу же отметим, что состояние гомеостаза является самоподдерживающимся. Еще одним важным свойством организмов является то, что их физиологическая деятельность всегда происходит так, чтобы выполнялся принцип взаимосогласованного функционирования гомеостатических систем организма [1].

Можно поставить вопрос о том, какие факторы ограничивают возможность поддержания гомеостаза и соответственно жизни. Из изложенного следует, что к ним относятся: а) энергетическая и ресурсная ограниченность среды (недостаток тех или иных веществ в среде); б) сравнительная узость диапазона величин потоков вещества и энергии, которые реально может использовать живая система (используемые потоки вещества и энергии не могут быть слишком малы или велики); в) функциональная, биохимическая и энергетическая ограниченность возможностей организмов (не все ресурсы доступны или подходят для использования; например, хищник не всегда может поймать жертву, животные неспособны самостоятельно разлагать целлюлозу на сахара и использовать ее в качестве пищи, хотя это способны делать некоторые бактерии и, возможно, грибы, и т. п.); г) информационная ограниченность организма (не все в принципе подходящие ресурсы организм «умеет» использовать, поскольку не имеет соответствующих знаний о них; в этом случае иногда возможно допрограммирование поведения — обучение и самообучение); д) функциональная взаимозависимость разных органов и физиологических систем организма между собой (некоторые способы функционирования могут быть временно или длительное время невозможны из-за несоответствующего состояния тех или иных органов или физиологических систем).

В силу упомянутых ограничений живые системы при необходимости выполнения компенсаторно-приспособительных реакций вынуждены оптимизировать свое функционирование, в том числе поведение. При этом им приходится идти на ряд «компромиссов» (здесь мы опять приводим свойства, упоминавшиеся разными авторами — см., например, [20, 27, 31, 32, 35—39]); а) «стремление» к увеличению оптимальности функционирования (главный принцип при этом — «меньше вложить, больше получить»); связанные с этим другие свойства закреплены эволюционно и увеличивают возможности выживания у тех, у кого они более выражены; б) «стремление» к рациональности использования ресурсов и минимизации «накладных расходов» (чем меньше затраты на удовлетворение

потребности, тем лучше); в) «стремление» к оптимальным для поддержания гомеостаза условиям существования. Это свойство обычно увязывают с рецепторными системами, нервной деятельностью и поведением; г) стремление к увеличению количества положительных ощущений и(или) эмоций, а также уклонению от отрицательных. Несмотря на некоторые известные исключения (например, использование наркотических веществ, что, очевидно, вредно для организма), данное свойство без сомнения в целом способствует не только индивидуальному выживанию, но и играет важную роль в процессе эволюции [37, 40].

Указанные тенденции к оптимизации и рациональности функционирования некоторые авторы связывают с мутуализмом и становлением в эволюции многоклеточности или, в более широком контексте, — с тенденцией живых систем разных уровней к осуществлению функциональной синергии [2, 5—8, 41, 42].

Наконец нельзя не упомянуть еще два закреплённых эволюционно очень важных свойства функционирования организма, которые взаимосвязаны с уже перечисленными и касаются оптимизации. Во-первых, это способность организма выбирать приоритеты в обеспечении всем необходимым его систем и органов в условиях недостатка вещества и энергии. Наиболее жизненно важные из них (мозг, сердце) обеспечиваются при этом ресурсами в первую очередь, причем за счет менее важных и требовательных к условиям, например, скелетной мускулатуры, суставов. Это в ряде случаев помогает сохранить жизнь. Еще пример: у гомойотермных животных допускается значительное снижение температуры в отдельных частях тела с целью повышения выживаемости всего организма [17]. Во-вторых, это способность выбирать поведенческие приоритеты, или, шире, приоритеты функционирования в процессе взаимодействия с внешней средой (типичный стереотип — только при относительной безопасности приступать к питанию).

Мы предполагаем обобщить эти два свойства и говорить о соблюдении при функционировании живых организмов принципа приоритетной активности. Этот принцип в той или иной форме известен специалистам разных областей биологии и физиологии, причем необязательно применительно к организмам, обладающим нервной системой [11, 12, 43]. В психофизиологии он известен как принцип доминанты Ухтомского. Северцов [36], хотя и не выделял этот принцип особо, но приводил соответствующие примеры, обсуждая мультифункциональность самых разных типов организмов и их функциональных систем.

Поддержание гомеостаза в течение длительного времени невозможно, если организм не обладает способностью выбирать приоритеты активности [25]. Если выбор приоритетов осуществляется в основном удачно, это позволяет живой системе самосохраняться. При избытке или недостатке какого-нибудь ресурса и(или) информации о среде спектр вариантов приоритетной активности может существенно варьировать. Вышеупомянутые свойства, касающиеся обработки информации и информационного обмена со средой взаимосвязаны с данным принципом.

Собственно вид и форма приоритетной активности отражают «выбор» организмом соответствующих инструкций функционирования из числа актуально имеющихся. Поскольку важнейшим в иерархии императивов является самосохранение, то обычно выбор производится из числа тех инструкций, которые предполагают более безопасное существование в сложившихся условиях.

В заключение этого раздела упомянем еще об одном важном свойстве, которое характерно для общественных животных: на некоторых этапах онтогенеза организм может совершать действия, которые полезны не только и даже не столько для него самого, но важны с точки зрения сохранения всей популяции. Эти действия направлены на продолжение рода, сохранение и повышение выживаемости потомства, а иногда и некоторых взрослых членов сообщества [37, 44] и также должны быть включены в число приоритетных. Данное свойство можно назвать приоритетностью действий, направленных на сохранение популяции.

Применительно к психике, которая «обслуживает» приоритетную форму активности в текущий момент времени, некоторые из вопросов обсуждаются в ряде работ [25, 39]. Особенности такой активности в каждый момент жизни обусловлены конкретной ситуацией, т. е. текущими приоритетами, определяемыми актуальной информацией извне и от интерорецепторов. В то же время, эти особенности связаны с наследственной информацией и индивидуальным опытом. Важнейшая роль психической деятельности в эволюционном процессе заключается в поддержании оптимальных условий гомеостаза у представителей эволюционирующей популяции. Разумеется, психическая деятельность не ограничивается лишь поведением, описываемым на языке «стимул—реакция» и направленным на удовлетворение только физиологических потребностей, что отражено в работах И. М. Сеченова и исканиях практически всех не бихевиористских школ психиатрии начиная с начала XX века. Тем не менее использование представлений о приоритетной активности может, на наш взгляд, помочь лучше понять мозговые механизмы организации поведения, а также способствовать выявлению причин некоторых заболеваний, в том числе психических.

Практически все перечисленные в этом разделе закономерности функционирования, необходимые для поддержания гомеостаза, могут быть с соответствующими оговорками перенесены на биологические системы разных уровней биологической организации (например, экосистемы). Это свидетельствует о том, что управление внутренней средой, в частности поддержание гомеостаза, является неотъемлемым свойством всего живого.

Заключение

Подход к проблеме гомеостаза, развиваемый в статье [1] и в данной работе, использует идеи из разных областей биологической науки, причем не только из

эволюционной физиологии, но и эволюционной экологии и теории эволюции. Представления о гомеостатическом континууме и зонах вводятся нами по аналогии с экологическими лицензиями и экологическими нишами, а идея о гомеостатических тупиках возникла в связи с эволюционными тупиками [13, 22, 45]. Существование аналогий между физиологией организмов и надорганизменными системами демонстрирует единство законов жизни, а изучение этих аналогий и общих принципов функционирования биологических систем является перспективной областью исследований, в том числе в таких областях, как системная биология, биофизика, экология, физиология, медицина, социология и компьютерное моделирование биологических процессов [13, 26, 46, 47].

Например, попадание организма в гомеостатический тупик с медицинской точки зрения может выглядеть не как системный сдвиг в функционировании всего организма, а как заболевание какого-то конкретного органа (который, к тому же, необязательно действительно является большим, а может лишь в силу мультифункциональности выполнять не свойственные для нормы функции). Вполне вероятно, что возникновение некоторых новообразований (особенно до стадии малигнизации) как раз и связано с попытками организма обеспечить гомеостаз в ситуации «псевдонормы» или, шире, гомеостатического тупика. Поставить правильный диагноз и назначить адекватное лечение в случае такого общесистемного заболевания без понимания общих принципов функционирования организма весьма трудно. Если же подходить к заболеванию с общеприемлемых, холистических позиций и рассматривать симптомы болезни как возможные индикаторы нарушения функций всего организма, то это может помочь в выявлении сути заболевания [15, 39].

Возможен ли выход из упомянутых гомеостатических тупиков? Эволюционная экология сообществ может подсказать ответ на данный вопрос, поскольку «тупики» в развитии экосистемы — типичная ситуация, более того, они поддерживают стабильность и неизменность ее сообщества теоретически бесконечно долго, хотя и ценой циклических сукцессионных преобразований, замещающих собой «действительное» развитие [22, 48, 49]. Процессы выхода из таких «тупиков» известны и описаны в экологии (они ведут к распаду существующих и последующему возникновению новых экосистем [13, 22, 45]), но здесь мы не будем останавливаться на деталях этого, поскольку придется уйти далеко в сторону от темы статьи. Отметим лишь, что так же как и в случае экосистем, у организма выход из гомеостатического тупика и переход от одного способа обеспечения гомеостаза к другому возможны через возврат к некоторому исходному состоянию, где еще было возможным ветвление траекторий. Но для этого в полном соответствии с принципом надстройки Орбели [35], который, видимо, можно распространить и на онтогенез, необходимо, чтобы управляющие таким процессом функции не уничтожали (не выключали) старые, а приоритетно накладывались поверх них и подчиняли их себе. Надо сказать, что попытки использовать похожие идеи предпринимались и в психиат-

рии, а также в нетрадиционной медицине, однако классическая медицина существует в рамках иных, как правило, не холистических парадигм.

В связи со сказанным стоит вспомнить, что основные идеи холистической медицины были систематизированы еще в древней Греции отцом всех врачей Гиппократом (около 460—377 гг. до н. э.), а в основе холистического подхода уже столетиями лежат те же философские идеи, которые только сейчас начинают обсуждаться в глубинной экологии [31, 50]. Однако в современной медицине чаще главенствует подход Галена (около 129—199 гг. до н. э.), в соответствии с которым патология организма является, как правило, следствием нарушения работы только каких-то отдельных органов. В настоящее время термин «холистический» (holistic — от греческого слова holos — целое) «... используется для описания подхода к лечению больного, при котором физические, психические и социальные факторы, воздействующие на пациента, учитываются в большей степени, чем простая диагностика имеющегося у него заболевания» (цит. по: [51]). Иногда этот термин применяется также и по отношению к восточной медицине и даже к так называемой «нетрадиционной» медицине, что в общем случае вряд ли правильно. Мы полагаем, что подход к организму как к единому целому, а не как к просто набору живущих по преимуществу своей жизнью органов вполне вписывается в рамки естественно-научного. Именно в этом контексте мы употребляем термин «холистическая медицина», предполагая, что возвращение организма к «правильным» способам функционирования может способствовать восстановлению физиологических функций и выздоровлению отдельных органов.

С этих позиций хотелось бы в заключение статьи обратить внимание на несколько закономерностей, которые, на наш взгляд, интересны с точки зрения практической медицины и к анализу которых мы предполагаем еще обратиться в дальнейшем. Во-первых, приспособительные реакции, в том числе модификация организма при временно изменившихся условиях, и возвраты к исходному состоянию протекают, видимо, по различным гомеостатическим траекториям.* Иначе говоря, прямая и возвратная траектория обычно отличаются друг от друга, что наблюдается, например, при кратковременном воздействии стрессорных факторов [14, 15]. Этот феномен мы условно называем приспособительным или модификационным гистерезисом. Во-вторых, в некоторых случаях движение по возвратной траектории оказывается в силу внутренних и(или) внешних обстоятельств затруднено или вообще невозможно. При этом произошедшие модификации организма становятся практически необратимыми, т. е. приобретают статус своеобразных морфозов. По аналогии с физическими явлениями их, видимо, правильнее назвать метастабильными морфозами.

* Мы предпочитаем говорить здесь о приспособительных реакциях и модификациях, а не об адаптациях организма, поскольку термин «адаптация» используется также и в иных контекстах при рассмотрении эволюционных процессов.

В частности, такое может произойти, когда организм попадает в область гомеостатического тупика, выходом из которого является только движение в обратную сторону по маршруту прямой траектории, что чаще всего невозможно (см. выше и [1]). Такое «метастабильное» состояние организма может быть ошибочно интерпретировано как норма (мы называем его псевдонормой). В то же время, понятно, что нахождение в области гомеостатического тупика (что во многом сходно с нахождением на фазе истощения при длительном воздействии стрессорных факторов) значительно снижает приспособительный и защитный потенциалы организма.

Любой человек, будучи биологическим организмом, в течение всей своей жизни участвует в путешествии по гомеостатическому континууму. Главные указатели для путешественника дает наследственность, другие (не всегда правильные) — наука и культура, а также индивидуальный опыт. Иногда движение заводит в тупики, иногда в зоны, малоприспособленные для длительной жизни, потому что там некоторым органам приходится заниматься «чужой работой». Но в целом человек еще не научился жить так долго, как это, в принципе, возможно, поэтому рано или поздно его организм попадает в незнакомую местность, когда неясно, куда двигаться дальше. А ведь иногда даже маленькой коррекцией курса было бы достаточно для того, чтобы избежать этого. Собственно попытке разобраться в правилах движения на местности под названием «гомеостатический континуум» и посвящены наши работы.

Список литературы

- [1] *Котолупов В. А., Левченко В. Ф.* «Зональная модель» описания гомеостаза // *Ж. эвол. биохим. и физиол.* 2009. Т. 45. С.
- [2] *Уголев А. М.* Естественные технологии биологических систем. Л., 1987.
- [3] *Маслов С. П.* Ограничение возможностей гомеостаза мультифункциональностью и главные пути его обхода (в заголовке — ошибка редактора, должно быть «Ограничение возможностей гомеостаза мультифункциональностью и главные пути обхода этого ограничения») // *Уровни организации биологических систем.* М., 1980. С. 8—19.
- [4] *Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* Краткий очерк теории эволюции. М., 1977.
- [5] *Уголев А. М.* Концепция универсальных функциональных блоков и дальнейшее развитие учений о биосфере, экосистемах и биологических адаптациях // *Ж. эвол. биохим. и физиол.* 1990. Т. 26. С. 441—454.
- [6] *Иорданский Н. Н.* Эволюция жизни. М., 2001.
- [7] *Левченко В. Ф.* Модели в теории биологической эволюции (монография). СПб., 1993.
- [8] *Савостьянов Г. А.* Основы структурной гистологии. Пространственная организация эпителиев (монография). СПб., 2005.
- [9] *Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж., Барникот Н., Рейнольдс В.* Биология человека (монография). М., 1970.
- [10] *Анохин П. К.* Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., 1968.

- [11] *Биологический энциклопедический словарь*. М., 1989.
- [12] *Физиология человека* / Под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М., 2001.
- [13] *Левченко В. Ф.* Эволюция биосферы до и после происхождения человека. СПб., 2004.
- [14] *Волович В. Г.* Человек в экстремальных условиях природной среды (монография). М., 1980.
- [15] *Сорокин О. Г., Ушаков И. Б.* Возможности и перспективы использования оценки адаптационного потенциала в практической медицине // *Экология человека*, 2005. № 10. С. 1—8.
- [16] *Лабас Ю. А., Хлебович В. В.* Фенотипическое окно генома и прогрессивная эволюция // *Соленостные адаптации организмов*. Л., 1976. С. 4—25.
- [17] *Пастухов Ю. Ф., Максимов А. Л., Хаскин В. В.* Адаптация к холоду и условиям субарктики: проблемы термофизиологии. Магадан, 2003.
- [18] *Хлебович В. В.* Акклиматизация животных организмов. Л., 1981.
- [19] *Хлебович В. В.* Уровни гомеостаза // *Природа*. № 2. 2007.
- [20] *Шноль С. Э.* Физико-химические факторы биологической эволюции. М., 1979.
- [21] *Бейтсон Г.* Разум и природа: неизбежное единство. М., 2007. 244 с.
- [22] *Шишкин М. А.* Эволюция как эпигенетический процесс // *Современная палеонтология*. М., 1988. С. 142—169.
- [23] *Waddington C. H.* Principles of development and differentiation. New York, Macmillan, 1966.
- [24] *Kotolupov V. A.* The Illness (Morbus) new biological principles illness and Pharmacy. Proceedings of 3rd European Congress «Achievements in space medicine into health care practice and industry» / Eds E. Kochueva, N. Kochuev. (Berlin, 2005). P. 170—176.
- [25] *Shvarkov S. V., Polyakov V. V., Potapov M. G., Kochuev V. N., Kochueva E. V., Kotolupov V. A.* Tenets of Concept of Modern Medical Clinic of Health. In Proceedings of 3rd European Congress «Achievements in space medicine into health care practice and industry» / Eds E. Kochueva, N. Kochuev. Berlin, 2005. P. 40—51.
- [26] *Волькенштейн М. В.* Биофизика (монография). М., 1981.
- [27] *Мусеев И. И.* Алгоритмы развития (монография). М., 1987.
- [28] *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум (монография). М., 1976.
- [29] *Шредингер Э.* Что такое жизнь? С точки зрения физика. М., «Атомиздат», 1972.
- [30] *Капра Ф.* Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем. Киев; М., 2002.
- [31] *Dawkins R.* The Selfish Gene. Oxford University Press, Oxford, 1976.
- [32] *Levchenko V. F.* New information stage of the biosphere evolution. ethno-population, ethno-species, ethno-ecosystems // Proceedings of the sixths international conference on computing anticipatory systems / Ed. Daniel M. Dubois. Liege; Melville, 2004. V. 718. P. 417—425.
- [33] *Энгельс Ф.* Диалектика природы // К. Маркс, Ф. Энгельс. Сочинения, 2-е изд. 1961. Т. 20.
- [34] *Орбели Л. А.* Основные задачи и методы эволюционной физиологии // *Эволюционная физиология*. Ч. 1. Л., 1979. С. 12—23.
- [35] *Северцов А. Н.* Морфологическое закономерности эволюции. М.; Л., 1939.
- [36] *Мак-Фарленд Д.* Поведение животных. Психобиология, этология и эволюция. М., 1988.
- [37] *Наточин Ю. В.* Некоторые принципы эволюции функций на клеточном, органном и организменном уровнях (на примере почки и водно-солевого гомеостаза) // *Ж. общ. биол.* 1988. Т. 49. С. 291—303.
- [38] *Котолупов В. А., Яковенко Л. В.* Общие закономерности функционирования живых систем: системный подход в биологии и медицине (на русском и английском языках) // *Пятый Международный аэрокосмический конгресс*. 2006. С. 543—546.
- [39] *Изард К.* Эмоции человека. М., 1980.
- [40] *Меншуткин В. В., Наточин Ю. В.* Имитационное моделирование процесса образования многоклеточных животных // *Палеонтологический ж.*, 2008. № 2. С. 1—10.
- [41] *Савостьянов Г. А.* О некоторых элементарных актах и законах биологического развития. Элементы структурной биологии // *Ж. общ. биол.* 1977. Т. 38. С. 167—181.
- [42] *Эволюционная физиология*, ч. 1. / Под ред. Е. М. Крепса. Л., 1979.
- [43] *Дольник В. Р.* Непослушное дитя биосферы. Беседы о человеке. Беседы о человеке в компании птиц и зверей. М., 1994.
- [44] *Старобогатов Я. И., Левченко В. Ф.* Экоцентрическая концепция макроэволюция // *Ж. общ. биол.* Т. 54. 1993. № 4. С. 389—407.
- [45] *Левченко В. Ф.* Эволюционная экология и эволюционная физиология что общего? // *Ж. эвол. биохим. и физиол.* 1990. Т. 4. С. 455—461.
- [46] *Levchenko V. F., Menshutkin V. V.* Computer simulation of evolution: genetic and «Memetic» ways // *Intern. J. Comp. Anticipatory Systems*. 2006. V. 18. P. 86—101 (see also <http://www.evol.nw.ru/labs/lab38/levchenko/articles/>).
- [47] *Левченко В. Ф., Старобогатов Я. И.* Сукцессионные изменения и эволюция экосистем (некоторые вопросы эволюционной экологии) // *Ж. общ. биол.* 1990. Т. 51. С. 619—631.
- [48] *Пианка Э.* Эволюционная экология. М., 1981.
- [49] *Каттон Уильям Р. (мл.).* Конец техноутопии. Киев, 2006.
- [50] *Медицинский словарь*, <http://www.medslv.ru/html/h/holisti4eskiy.html>

Поступила 23 VII 2008

MULTIFUNCTIONALITY AND HOMEOSTASIS. REGULARITIES OF THE ORGANISM FUNCTIONING,
IMPORTANT FOR MAINTENANCE OF HOMEOSTASIS

© V. A. Kotolupov* and V. F. Levchenko**

* Center of Systemic Medicine, Vipava, Slovenia;

** Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

This paper is a continuation of our first paper «Zonal model» of description of homeostasis [1] that discussed some general regularities of the organism functioning connected directly with maintenance of homeostasis. It might seem that consideration of such general issues could have been only of theoretical interest; however, for the recent years, a trend has been formed in direction of cholic physiology and medicine when there are considered first of all the organism functioning regularities responding for maintenance of its integrity in norm and in pathology. A particular attention in the present paper is paid to consideration of multifunctional possibilities of organs and functional blocks. In our opinion, such analysis can promote solution of general problems of physiology and medicine and provides a possibility to better understand organization of processes in the organism throughout the lifespan as well can help in elucidation of causes of some chronic diseases.

Key words: homeostasis, multifunctionality, modification, regularities of functioning.