

СУДАКОВ АНОХИН КРЫЖАНОВСКИЙ

СИСТЕМНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА

© 1999 г. К. В. Судаков

Петру Кузьмичу Анохину -

выдающемуся ученому XX века посвящается

Петр Кузьмич Анохин относится к удивительной плеяде русских ученых, которые, по меткому определению Г. Селье, являются "открывателями проблем". Всегда поражало выраженное стремление П.К. Анохина к новому. Он вскрывал новые тенденции в науке каким-то интуитивным чувством. П. К. Анохина отличала широта научных интересов. Он чувствовал себя уверенно в разных областях науки, в литературе и искусстве. Его по праву можно поставить в один ряд с выдающимися учеными-энциклопедистами.

На основе творческого развития научных идей своих предшественников И. М. Сеченова, И. П. Павлова и А. А. Ухтомского П. К. Анохин сформулировал оригинальную теорию функциональных систем, которая, по существу, явилась основой новой интегративной физиологии и медицины. Необходимость интегративного подхода в физиологии только в последние годы начинает действительно осознаваться отечественными и зарубежными учеными. Последние 32-й и 33-й Международные конгрессы физиологических наук прошли под настойчивым призывом к ученым всего мира развивать интегративную физиологию, ставящей свойства целого организма в ряд первейших задач современного естествознания. К нашему удовлетворению, благодаря трудам П. К. Анохина, такая интегративная физиология создана в нашей стране.

Необходимость интегративной физиологии диктуется современной жизнью. Человек, его здоровье и всемогущие таланты в настоящее время, когда технократический подход низвел человека до уровня придатка великолепных творений человеческого ума - современных технологий и машин, требуют особого внимания. Технократия, как известно, исходит из убеждения, что человек может все, если ему будет предоставлена современная техника. По образному выражению шведского ученого Л. Леви ситуация современного научно-технического прогресса противоестественна: при ней как бы "нога подбирается к туфле". Технократический подход к человеку - величайшее заблуждение. Физиологические механизмы человека уже сейчас не могут справляться с огромными падающими на него психоэмоциональными нагрузками современной производственной деятельности и условий жизни. При наличии огромного числа обратных связей от различных параметров

деятельности машин практически отсутствует контроль за физиологическими функциями работающих на этих машинах людей.

Ситуацию усугубляют социально-политические преобразования во многих странах мира, включая Россию, а также экологическое неблагополучие во многих районах земного шара. Все это неизбежно ведет к росту стрессорной напряженности современного человечества.

Теория функциональных систем, предложенная П. К. Анохиным, позволила с новых позиций приступить к оценке физиологических функций человека в различных условиях его жизнедеятельности и объективно оценивать эффективность реабилитационных мероприятий.

Функциональные системы, по П. К. Анохину, самоорганизующиеся и саморегулирующиеся динамические центрально-периферические организации, объединенные нервными и гуморальными регуляциями, все составные компоненты которых взаимодействуют обеспечению различных полезных для самих функциональных систем и для организма в целом адаптивных результатов, удовлетворяющих его различные потребности. Оценка параметров достигнутых результатов в каждой функциональной системе постоянно осуществляется с помощью обратной афферентации.

Адаптивные результаты, образующие различные функциональные системы, могут проявляться на молекулярном, клеточном, гомеостатическом, поведенческом, психическом уровнях и при объединении живых существ в популяции и сообщества. Отсюда понятно, что целостный организм на основе нервных, гуморальных и информационных механизмов объединяет множество слаженно взаимодействующих функциональных систем, часто принадлежащих к разным структурным образованиям и обеспечивающих своей содружественной деятельностью гомеостазис и адаптацию к окружающей среде.

Начиная с ранних стадий эмбрионального развития, человеческий организм и его функции складываются на основе процессов адаптивной самоорганизации. Под влиянием генетической информации геном оплодотворенной яйцеклетки начинает экспрессировать биологически активные вещества, в частности информационные молекулы - олигопептиды и белки. Эти молекулы определяют рост и дифференцировку тканей, а также их объединение в специальные органы. Навстречу этим информационным молекулам в определенных тканях созревают специфические рецепторы. Под воздействием информационных молекул на соответствующие рецепторы складывается специфическая интеграция часто удаленных друг от друга органов и тканей, совокупная деятельность которых организует специальную функцию. Функция этих органов приводит к определенным

приспособительным результатам, которые на основе обратных связей формируют специальные функциональные системы развивающегося организма, определяющие в первую очередь оптимальный уровень метаболических процессов его внутренней среды.

К моменту рождения с опережением формируются специальные рецепторы внешней среды, направленные на восприятие различных параметров полезных приспособительных результатов, достигаемых новорожденными в процессах их активного взаимодействия с внешней средой и направленных, прежде всего, на удовлетворение их ведущих биологических потребностей.

При взаимодействии факторов, удовлетворяющих исходные потребности новорожденных (т. е. при достижении полезных приспособительных результатов), складываются функциональные системы поведенческого уровня. При освоении языка у ребенка складываются функциональные системы психического уровня.

Ведущая роль в адаптивной самоорганизации различных функций организма принадлежит его разнообразным жизненно важным и в первую очередь метаболическим потребностям. Именно потребности первично объединяют разнообразные молекулярные процессы и ткани в системные организации, обеспечивающие удовлетворение этих потребностей. В свою очередь, в процессе удовлетворения потребностей, т. е. при достижении адаптивных результатов, происходит своеобразная фиксация сложившейся под влиянием молекулярной потребности органной интеграции. Адаптивный результат на основе обратных афферентаций таким образом консолидирует организованные исходной доминирующей потребностью отдельные элементы в динамическую, саморегулирующуюся функциональную систему

Однако этим дело не ограничивается. После неоднократного, а иногда и однократного удовлетворения исходной потребности, т. е. достижения потребного результата, субъекты с помощью сформированной функциональной системы начинают активно предвидеть и оценивать свойства этого результата - формируется аппарат предвидения результата - акцептор результата действия.

Как следствие этого деятельность любой функциональной системы приобретает свойство саморегуляции и направленность на достижение полезных для организма приспособительных результатов. Полезные приспособительные результаты выступают, таким образом, в роли системообразующих факторов. Последовательное и избирательное формирование функциональных систем в процессе онтогенетического развития составляет, по П. К. Анохину, процессы системогенеза. В результате эволюционных преобразований функциональные системы выступили в роли объективно существующих аппаратов самоорганизации

приспособительных функций организма человека. Раскрытие закономерностей их организации и становления составили созданную П. К. Анохиным общую теорию функциональных систем.

Органный и системный подход в медицине

С давних пор организм человека традиционно рассматривается как совокупность различных органов, объединенных нервной и гуморальной регуляцией.

В медицине исторически под влиянием естественных наук, а главное - анатомических исследований, несмотря на провозглашенный, начиная с основополагающих работ С. Г. Зыбелина, М. Я. Мудрова, Е.О. Мухина, И.М. Сеченова, И. П. Павлова и др., принцип целостности организма, сложилось органное мышление.

Любой современный учебник по важнейшим фундаментальным дисциплинам, таким, например, как анатомия, физиология, гистология и др., строится по органному принципу. Этому следует органная патология - болезни сердца, легких, печени, желудочно-кишечного тракта, почек, мозга, и т. д. Врачи разделились по органным специальностям. Патогенез, диагностика и лечение непосредственно связываются с функцией конкретных органов, и профессиональный взгляд врача, как правило, в основном направлен в сторону больных органов.

П. К. Анохин сформулировал новый подход к пониманию функций целого организма. Взамен классической физиологии органов, традиционно следующей анатомическим принципам, теория функциональных систем провозглашает системную организацию функций человека, начиная от молекулярного вплоть до социального уровня.

Целый организм с этих позиций представляет слаженную интеграцию множества функциональных систем, одни из которых своей саморегуляторной деятельностью определяют устойчивость различных показателей внутренней среды - гомеостазис, другие - адаптацию живых организмов к среде обитания. Одни функциональные системы генетически детерминированы, другие складываются в индивидуальной жизни в процессе взаимодействия организма с разнообразными факторами внутренней и внешней среды, т. е. на основе обучения.

Теория функциональных систем, однако, коренным образом отличается от системного подхода, предложенного Л. фон Бергаланфи и его последователями.

Как известно, в соответствии с общераспространенным системным подходом под системами понимается только "совокупность составляющих их

элементов". В отличие от этого функциональные системы являются динамически функционирующими организациями, обеспечивающими своей саморегуляторной деятельностью полезные для организма приспособительные результаты.

Общие свойства функциональных систем

Ведущим свойством функциональной системы любого уровня организации является принцип саморегуляции.

В соответствии с теорией функциональных систем отклонение того или иного результата деятельности функциональных систем от уровня, определяющего нормальную жизнедеятельность организма, само является причиной к мобилизации всех составляющих функциональные системы компонентов на возвращение измененного результата к уровню, определяющему оптимальное течение процессов жизнедеятельности.

В саморегуляции проявляются торсионные свойства функциональных систем, идентичные процессам, происходящим на атомном уровне. Известно, что торсионный механизм обусловлен вращательными моментами спинов взаимодействующих атомных частиц. Рождаясь под влиянием информации, спин направлен в одну сторону и его крутящий момент имеет одно направление. В следующий момент спин под влиянием информации направлен в другую сторону и его крутящий момент имеет другое направление.

В функциональных системах организма отклонение результата деятельности функциональной системы от уровня, определяющего нормальную жизнедеятельность, заставляет все элементы функциональной системы работать в сторону его возвращения к оптимальному уровню. При этом формируется субъективный информационный сигнал - отрицательная эмоция, позволяющая живым организмам оценивать возникшую потребность. При возвращении результата к оптимальному для жизнедеятельности уровню элементы функциональных систем работают в противоположном направлении. Достижение оптимального уровня результата в норме сопровождается информационной положительной эмоцией. Саморегуляторная деятельность функциональных систем определяется дискретными процессами системного квантования жизнедеятельности. Сменяющие друг друга циклы саморегуляции функциональных систем - от потребности к ее удовлетворению - составляют отдельные системокванты, которые выступают в роли исполнительных операторов функциональных систем. Дискретность системоквантов определяется их триггерными свойствами. Под влиянием потребности возбудимость составляющих "системокванты" элементов последовательно наращивается до критического уровня. По достижении критического уровня

наблюдается наиболее интенсивная активность "системоквантов", которая снижается по мере удовлетворения исходной потребности. Таким образом, в зависимости от состояния регулируемого результата функциональные системы усиливают или, наоборот, снижают интенсивность своей саморегуляторной деятельности.

Интенсивность процессов саморегуляции функциональных систем определяет ритмы временных изменений различных функций организма. Причем каждая функциональная система имеет свой индивидуальный специфический ритм деятельности, тесно увязанный с ритмами деятельности других взаимосвязанных с ней функциональных систем.

В нормально функционирующем организме действует универсальное правило: общая сумма механизмов, возвращающих отклоненный от оптимального уровня результат, с избытком преобладает над отклоняющими механизмами.

Для удержания полезного приспособительного результата на оптимальном уровне и его возвращения к этому уровню в случае отклонения каждая функциональная система избирательно объединяет различные органы и ткани, комбинации нервных элементов и гуморальных влияний, а также - при необходимости - специальные формы поведения. Примечательно, что в различные функциональные системы избирательно включаются одни и те же органы своими различными метаболическими степенями свободы. В результате одни и те же органы человека, включающиеся в деятельность различных функциональных систем, приобретают особые свойства. К примеру, почки своими различными степенями свободы, которые представлены в каждом случае специфическими физиологическими и биохимическими реакциями, могут включаться в функциональные системы поддержания оптимального уровня газов, кровяного и осмотического давления, температуры и др. Особенно разнообразны и специфичны постсинаптические процессы отдельных нейронов мозга, включенных в различные функциональные системы гомеостатического и поведенческого уровня.

Объединяемые в функциональные системы элементы не просто взаимодействуют, а **взаимосодействуют** достижению системой ее полезного приспособительного результата. Их тесное взаимодействие проявляется прежде всего в корреляционных отношениях ритмов их деятельности.

Торсионный механизм деятельности функциональных систем, будучи волновым процессом, определяет их **голографические свойства**. В каждой функциональной системе включенные в систему элементы в своей ритмической деятельности отражают ее торсионную деятельность и особенно состояние ее конечного результата (Б. В. Журавлев).

По аналогии с физической голографией сигнализацию о потребности можно рассматривать в качестве "опорной" волны, а сигнализацию о достигнутом результате - удовлетворении потребности - в качестве "предметной" волны.

Интерференционное взаимодействие "опорной" и "предметных" волн осуществляется на структурной основе многочисленных информационных экранов организма. На уровне тканей это - опережающие молекулярные реакции мембран и ядерных образований клеток, позволяющие программировать и оценивать потребность и ее удовлетворение.

В центральной нервной системе в процессе эволюции сформировались специальные информационные экраны. Голографическим информационным экраном мозга являются структуры, составляющие установленный П. К. Анохиным аппарат акцептора результата действия. Именно на нейронах акцептора результата действия осуществляется взаимодействие мотивационных и подкрепляющих возбуждений, формирующихся на основе сигнализаций о потребностях и их удовлетворении, а также программирование свойств потребных результатов. Как правило, древние лимбические структуры мозга определяют преимущественно эмоциональную оценку информации, в то время как программирование и оценка речевой и словесной информации у человека определяется преимущественно нейронами коры больших полушарий, особенно ее фронтальных отделов (П. Мак-Лейн).

В построении информационных экранов организма можно предполагать участие полимерных жидких кристаллов соединительной ткани, клеточных мембран и молекул ДНК и РНК.

Функциональным системам разного уровня организации присуще свойство **изоморфизма**. Все функциональные системы имеют принципиально одинаковую архитектуру, включающую на основе саморегуляторных взаимодействий результат, обратную афферентацию от результата, центр и исполнительные элементы. Центральная архитектура функциональных систем включает стадии афферентного синтеза, принятия решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез, действие и постоянную оценку достигнутых результатов с помощью обратной афферентации.

В развитие общей теории функциональных систем мы предложили различать у человека несколько уровней организации функциональных систем: метаболический, гомеостатический, поведенческий, психический и социальный.

На метаболическом уровне функциональные системы обуславливают достижение завершающих этапов химических реакций в тканях организма. При появлении определенных продуктов химические реакции по принципу

саморегуляции прекращаются или, наоборот, активируются. Типичным примером функциональной системы метаболического уровня является процесс ретроингибирования.

На гомеостатическом уровне многочисленные функциональные системы, объединяющие нервные и гуморальные механизмы, по принципу саморегуляции обеспечивают оптимальный уровень важнейших показателей внутренней среды организма, таких, как масса крови, кровяное давление, температура, рН, осмотическое давление, уровень газов, питательных веществ и т. д.

На поведенческом биологическом уровне функциональные системы определяют достижение человеком биологически важных результатов - специальных факторов внешней среды, удовлетворяющих его ведущие метаболические потребности в воде, питательных веществах, защите от разнообразных повреждающих воздействий и в удалении из организма вредных продуктов жизнедеятельности, половую активность и т. д.

Функциональные системы психической деятельности человека строятся на информационной основе идеального отражения человеком его различных эмоциональных состояний и свойств предметов окружающего мира с помощью языковых символов и процессов мышления. Результаты функциональных систем психической деятельности представлены отражением в сознании человека его субъективных переживаний, важнейших понятий, абстрактных представлений о внешних предметах и их отношений, инструкций, знаний и т. д.

На социальном уровне многообразные функциональные системы определяют достижение отдельными людьми или их группами социально значимых результатов в учебной и производственной деятельности, в создании общественного продукта, в охране окружающей среды, в мероприятиях по защите отечества, в духовной деятельности, в общении с предметами культуры, искусства и т. д.

Все функциональные системы в целом организме слаженно взаимодействуют, определяя в конечном счете нормальное течение метаболизма организма в целом. Устойчивость различных метаболических процессов в тканях и их слаженная приспособленность к различным поведенческим и психическим задачам в свою очередь определяют нормальное, здоровое состояние человека.

Межсистемные отношения в организме

Взаимодействие функциональных систем в организме осуществляется на основе принципов иерархического доминирования, мультипараметрического

и последовательного взаимодействия, системогенеза и системного квантования процессов жизнедеятельности.

Иерархическое доминирование функциональных систем. Как известно, принцип доминанты был открыт выдающимся отечественным физиологом А. А. Ухтомским. В каждый данный момент времени в организме человека совершается множество разнообразных метаболических реакций, составляющих в целом многопараметрическую общую потребность организма. Однако каждая специфическая функциональная система организма формируется только каким-либо одним параметром внутренней среды, составляющим только часть общей потребности организма. Всегда один из параметров общей потребности организма выступает в роли ведущего доминирующего, будучи наиболее значимым для выживания, продления рода или для адаптации человека во внешней и прежде всего социальной среде, формируя доминирующую функциональную систему. При этом все другие функциональные системы либо вытормаживаются, либо своей результативной деятельностью способствуют деятельности доминирующей функциональной системы. По отношению к каждой доминирующей функциональной системе субдоминирующие функциональные системы в соответствии с их биологической значимостью и значимостью для социальной деятельности человека, начиная от молекулярного вплоть до организменного и социально общественного уровня, выстраиваются в определенном иерархическом порядке. Иерархические взаимоотношения функциональных систем в организме строятся на основе результатов их деятельности.

После удовлетворения доминирующей потребности деятельностью организма человека завладевает следующая ведущая по социальной и биологической значимости потребность. Теперь она организует доминирующую функциональную систему, по отношению к которой другие также выстраиваются в иерархическом порядке, и т. д. Практически вся жизнь человека складывается из постоянной смены доминирующих функциональных систем, отражая сущность непрерывно происходящего обмена веществ и постоянного приспособления человека к окружающей, особенно социальной среде.

Иерархия функциональных систем в организме человека, упрощенно говоря, отражает их взаимодействие по вертикали. Другим принципом, отражающим взаимодействие мультипараметрическое их взаимодействие.

Мультипараметрическое взаимодействие. Этот принцип отражает обобщенную деятельность различных функциональных систем в организме человека. Особенно отчетливо принцип мультипараметрического взаимодействия проявляется в деятельности функциональных систем гомеостатического уровня, в которых изменение одного показателя

внутренней среды, представляющего результат деятельности какой-либо функциональной системы, немедленно сказывается на результатах деятельности других связанных с ним функциональных систем. Принцип мультипараметрического взаимодействия отчетливо выявляется, например, в деятельности функциональной системы, определяющей уровень газовых показателей в организме. В этой функциональной системе одновременно осуществляется взаимодействие нескольких взаимосвязанных дыхательных показателей - рН, PO_2 и PCO_2 . Изменение одного из этих показателей приводит к перераспределению содержания других (Е. А. Юматов).

На основе принципа мультипараметрического взаимодействия строится гомеостазис в целом как обобщенный результат взаимосвязанной деятельности различных функциональных систем, одни из которых обеспечивают достижение человеком поведенческих или социально значимых результатов, а другие - пригнанное взаимодействие с функциональными системами поведенческого уровня различных показателей гомеостаза. В результате этих взаимодействий происходит оптимальное достижение поведенческих, так же как и социально значимых результатов.

Нетрудно заметить, что для функциональных систем, объединенных принципом многосвязного взаимодействия, характерен качественно иной принцип саморегуляции: отклонение оптимального уровня того или иного параметра обобщенного результата выступает в качестве стимула к направленному перераспределению в определенных соотношениях значений всех других параметров результатов других системных организаций, связанных с данной функциональной системой.

Последовательное взаимодействие функциональных систем. В целом организме человека деятельность различных функциональных систем последовательно связана друг с другом во времени, когда результат деятельности одной функциональной системы последовательно формирует другую потребность и соответствующую функциональную систему.

Принцип последовательного взаимодействия различных функциональных систем в организме человека отчетливо проявляется в континууме процессов кровообращения, пищеварения, дыхания, выделения и т. д. Типичным примером последовательного взаимодействия функциональных систем является процесс питания. В этом процессе функциональная система, определяющая поиск и потребление пищи, сменяется функциональной системой, результатом деятельности которой является обработка принятой пищи в ротовой полости. Эта функциональная система, в свою очередь, последовательно завершается актом глотания. Процессы механической и химической обработки пищи в желудке последовательно завершаются конечным результатом - поступлением пищи в двенадцатиперстную кишку. Обработка пищи в двенадцатиперстной кишке и тонком кишечнике

завершается всасыванием принятых питательных веществ. После этого происходит смена пищеварительных функциональных систем на функциональную систему формирования и выведения из организма каловых масс, завершающим результатом деятельности которой является акт дефекации.

Особую разновидность последовательного взаимодействия функциональных систем во времени представляют процессы **системогенеза**.

П. К. Анохин определил системогенез как избирательное созревание функциональных систем и их отдельных частей в процессах пре- и постнатального онтогенеза. В последние годы мы расширили понятие "системогенез" применительно к динамике становления функциональных систем в процессе индивидуального обучения человека, автоматизации и утрате его разнообразных навыков. Этот раздел теории функциональных систем мы обозначили как "системогенез системогенеза" оказалось возможным распространить практически на весь период индивидуальной жизни человека - от рождения до старческого возраста. Закономерности формирования системных отношений в человеческих популяциях рассматриваются как "популяционный системогенез".

Континуум жизнедеятельности каждого человека на разных уровнях организации благодаря последовательному взаимодействию функциональных систем подразделяется на отдельные, дискретные "системокванты". Каждый отдельный "системоквант" жизнедеятельности включает возникновение той или иной биологической или социальной потребности, формирование на уровне мозга доминирующей мотивации, и через достижение промежуточных и конечного результата завершается удовлетворением этой потребности. При этом оценка различных параметров промежуточных и конечных результатов деятельности постоянно осуществляется с помощью обратной афферентации, поступающей от разнообразных органов чувств и рецепторов организма к аппарату предвидения потребного результата - акцептору результата действия.

По характеру организации можно выделить последовательное, иерархическое и смешанное квантование процессов жизнедеятельности.

Системные отношения человека с окружающей средой

Отдельные функциональные системы гомеостатического уровня для обеспечения своего полезного для организма результата, постоянно взаимодействуют с окружающей человека средой. Таковыми являются функциональные системы, определяющие оптимальный для метаболизма организма уровень газовых показателей, питательных веществ, осмотического давления, уровень продуктов метаболизма, функциональная система половых функций и др.

Во всех этих функциональных системах окружающая человека среда становится неотъемлемым компонентом, внешним звеном саморегуляции, биологической средой их деятельности. В этом положении получает дальнейшее развитие мысль И. М. Сеченова о том, что организм и окружающая его среда представляют единство. При отсутствии специфической биологической среды, своеобразной экологической "ниши", удовлетворяющей ведущие потребности человека, существование его, так же как и других видов живых существ, практически невозможно.

Особое значение для человека имеет социальная среда, созданная всей историей развития человечества. В человеческой популяции социальная среда становится доминирующей по отношению к отдельным личностям и их системной биологической организации. Информационные социальные отношения приобретают для человека ведущее значение, как в плане системной организации его поведения, так и в состоянии его здоровья.

Социальная среда формирует у человека функциональные системы, принципиально отсутствующие в биологических популяциях. Эти чисто человеческие функциональные системы, направленные на получение отдельными индивидами и популяциями людей социально значимых результатов, определяющих учебную, производственную и бытовую деятельность, деятельность по защите общества, духовное развитие, религиозные культы и т. д. В социальных человеческих популяциях индивиды уже становятся отдельными элементами популяционных системных организаций, деятельность которых направлена на получение общественно значимых социальных результатов. Таким образом, внешняя среда, которая для функциональных систем гомеостатического уровня является всего лишь внешним звеном саморегуляции, приобретает для человека самостоятельное значение и подчиняет себе отдельных человеческих индивидов со всеми составляющими их функциональными системами метаболического и гомеостатического уровня. Функциональные системы, составляющие внутреннюю среду организма человека, начинают обеспечивать социально значимые задачи.

Теория функциональных систем, таким образом, радикально изменяет сложившиеся представления о строении организма человека и его функциях. Взамен представлений о человеке как наборе органов, связанных нервной и гуморальной регуляцией, теория функциональных систем рассматривает организм человека как совокупность множества взаимодействующих функциональных систем различного уровня организации, каждая из которых, избирательно объединяя различные органы и ткани, так же как и потребные предметы окружающей действительности, обеспечивает достижение полезных для организма приспособительных результатов, обуславливающих в конечном счете устойчивость метаболических процессов.

Одни функциональные системы в целом организме взаимодействуют по принципу иерархического доминирования, другие - по принципу мультипараметрического взаимодействия. Ряд функциональных систем связан последовательно во времени.

Образно говоря, морфологический субстрат представляет только клавиатуру рояля, на которой различные функциональные системы разыгрывают разнообразные мелодии, удовлетворяющие различные потребности человека.

Функциональные системы человеческих социальных популяций представляют качественно новую форму их организации, отличную от животных. Необходимость содружественного достижения полезных в биологическом и социальном плане результатов привели к тому, что функциональные системы социального уровня организации объединяют человеческих индивидов в системные организации в качестве отдельных элементов. Возможно, что и функциональные системы социального уровня, являются отдельными компонентами функциональных систем более высокого космического уровня, существование которых можно предполагать на основе работ В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского, В. П. Казначеева и др. Однако этот вопрос требует специального изучения.

Системные представления об организации функций человека его общественных популяций открывают новые возможности оценки его состояния в процессе различных проявлений жизнедеятельности, особенно трудовой активности, а также при проведении реабилитационных мероприятий.

Системная диагностика здоровья

С позиций теории функциональных систем нормальное состояние человека может быть определено как слаженное взаимодействие функциональных систем разного уровня организации в их иерархических, мультипараметрических и временных соотношениях по горизонтали и вертикали, обеспечивающее оптимальный для жизнедеятельности организма гомеостазис и адаптацию к условиям обитания. С этих же позиций социальная адаптация человека определяется как способность его функциональных систем обеспечивать достижение социально значимых результатов.

Здоровый организм характеризуется таким образом системной и межсистемной **гармонией**. Слаженное взаимодействие функциональных систем в организме человека по иерархическому и мультипараметрическому принципам осуществляется на основе синхронизации ритмов их деятельности, а также ритмов, составляющих их отдельных элементов. В этом проявляются прозорливые представления А. А. Ухтомского о хронотопе.

Проведенные нами специальные исследования показали, что во всех случаях, когда физиологические функции работающего человека не соответствуют заданному технологическим процессом ритму производственной деятельности, когда утрачивается гармония ритма производственной деятельности с ритмом физиологических показателей, обеспечивающих рабочий процесс, и особенно нарушается синхронизация ритмов сердцебиений и дыхания, у рабочих проявляется психоэмоциональное напряжение - стресс.

Системная диагностика ранних дисфункций. Теория функциональной системы открыла новые перспективы ранней диагностики нарушений физиологических функций человека в условиях реальной производственной деятельности, особенно в условиях напряженной работы современного производства. При регистрации физиологических показателей в соответствии с результатами социально значимой производственной деятельности человека оказалось возможным профилактически определять физиологическую "цену" результативной производственной деятельности и выявлять индивидов, сохраняющих нормальные физиологические показатели и проявляющих различные дисфункции.

В соответствии с теорией функциональных систем любая производственная деятельность каждого человека подразделяется на отдельные результативные "системокванты", каждый из которых определяется совокупной деятельностью функциональных систем поведенческого и гомеостатического уровня. Оценка системных физиологических показателей на рабочем месте осуществляется в соответствии с этапными и конечными результатами "системоквантов" производственной деятельности.

Проведенные нами наблюдения обнаружили выраженные индивидуальные различия физиологических показателей, обеспечивающих выполнение однотипных производственных "системоквантов" у различных рабочих. Рабочие, у которых ритм сердечной деятельности и дыхания был скоррелирован и соответствовал этапным и конечным результатам "системоквантов" производственной деятельности, как правило, во время работы не обнаруживали психоэмоционального напряжения и утомления и показывали хорошие производственные результаты. Рабочие, ритм сердцебиений и дыхания у которых не был синхронизирован и не соответствовал этапным и конечным результатам "системоквантов" производственной деятельности, во время работы жаловались на психоэмоциональное напряжение и утомление. Рабочие этой группы проявляли низкую производительность труда. У них отмечалась более высокая заболеваемость. Рабочие этой группы чаще увольнялись с производства, хотя оно в целом им нравилось.

Таким образом оказалось возможным осуществлять своеобразную диагностику здоровья у людей в процессе их реальной производственной деятельности.

Системная диагностика эмоционального стресса

Эмоциональный стресс, как постулирует теория функциональных систем, формируется в условиях длительных и непрерывных конфликтных ситуаций, в которых субъекты лишены возможности удовлетворять свои ведущие потребности, т. е. достигать полезных для них приспособительных результатов. В конфликтных ситуациях нарастают и суммируются отрицательные эмоции, резко редуцируются антистрессорные положительные эмоции и на основе изменения химических свойств мозговых структур создаются условия перехода отрицательных эмоций в устойчивое стационарное возбуждение мозга. В результате формируются такие психосоматические заболевания, как неврозы, психозы, артериальная гипертензия, стенокардия, иммунодефициты, гормональные нарушения, диабет, язвенные поражения желудочно-кишечного тракта и т. д.

Эмоциональный стресс нарушает имеющую место в нормальном организме гармонию внутри- и межсистемных информационных отношений, которая является наиболее чувствительной к различным повреждающим воздействиям. Вследствие этого при эмоциональных стрессах прежде всего нарушаются основные биоритмы организма: бодрствования и сна, менструальные циклы и пр. Одним из ранних показателей дисфункций при эмоциональном стрессе является нарушение синхронизации ритма дыхания и сердцебиения.

Сигналом информационных нарушений в организме является возникновение неприятных эмоциональных ощущений.

С системных позиций патогенез вызванных эмоциональным стрессом психосоматических заболеваний можно представить следующим образом.

В конфликтной ситуации при отсутствии возможности достижения субъектом поведенческого результата происходит активация эмоциогенных лимбико-ретикулярных структур мозга. При этом усиливаются нисходящие нервные и гуморальные влияния эмоциогенных центров на периферические органы. Это приводит к нарушению ранее согласованной иерархической и мультипараметрической интеграции функциональных систем организма, т. е. к их дезинтеграции. Эту стадию можно рассматривать как **информационную** стадию развития дисфункций. Механизмы саморегуляции функциональных систем в этих условиях стремятся удержать свои полезные для организма приспособительные результаты в рамках, обеспечивающих нормальное течение метаболических процессов. Они начинают работать весьма интенсивно, хотя это удается не во всех случаях.

При длительных и непрерывных конфликтных ситуациях, когда в центральной нервной системе складывается "застойное" эмоциональное возбуждение, на основе непрерывных нисходящих влияний эмоциогенных структур мозга на периферические органы повреждаются механизмы саморегуляции наиболее генетически или индивидуально ослабленных функциональных систем. При этом общая сумма отклоняющихся от нормального уровня тот или иной результат деятельности этих функциональных систем становится преобладающей над факторами, возвращающими этот результат к оптимальному для метаболизма уровню. Чаще всего при этом страдают механизмы саморегуляции деятельности сердца, артериального давления, иммунитет, гормональный гомеостазис и устойчивость слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта.

В условиях длительного преобладания отклоняющих факторов нарушаются нормальные механизмы саморегуляции и ткани переходят на местные патологические механизмы регуляции процессов жизнедеятельности. Нередко это приводит или к патологическому росту, или гибели клеток и различным дистрофическим процессам. Эту стадию развития патологического процесса можно рассматривать как **метаболическую**. На этой стадии развития патологический процесс уже затрагивает молекулярные и клеточные механизмы, включая активность их генетического аппарата.

Функциональные системы в патологии

При действии на организм повреждающих факторов физической, химической или биологической природы формируются патологические системы. Свойства и особенности формирования патологических систем подробно изучены Г. Н. Крыжановским.

Патологический очаг может объединять в патологический процесс местные метаболические реакции и ряд органов, так же как и регуляторные процессы. По отношению к патологическим системам происходит перестройка деятельности нормальных функциональных систем, причем их активность может быть направлена на ликвидацию патологической системы или установление нового компенсаторного уровня меж- и внутрисистемных отношений. Наличие в организме патологической системы, функционирующей по своим законам патологии, естественно, изменяет слаженную деятельность дефинитивных функциональных систем организма. В этом случае деятельность одних из них оказывается нарушенной, а другие компенсируют нарушенные функции, обеспечивая в меру возможности оптимальный уровень процессов жизнедеятельности. При этом в целом организме складываются противодействующие взаимодействия двух тенденций: с одной стороны, патологическая, создающая нарушения нормальных физиологических функций, с другой - компенсаторная

деятельность физиологических функциональных систем, направленная на ликвидацию патологического процесса.

Результаты деятельности самих патологических систем часто утрачивают адаптивное для организма значение. Наоборот, их достижение способствует деструкции организма. Внешним проявлением деятельности патологических систем является формирование патологических синдромов.

В некоторых случаях и естественные функциональные системы вследствие нарушения их нормальных саморегуляторных механизмов могут стать причиной патологических расстройств в организме.

Наиболее характерны в этом плане патологические системы, которые складываются, например, у алкоголиков или наркоманов под влиянием приемов алкоголя и наркотиков. Прием этих веществ у отдельных индивидов приводит к серьезным изменениям свойств центров основных биологических мотиваций в гипоталамической области, их метаболическому перерождению и, как следствие, нарушению деятельности определяющих их функциональных систем. Сформированная при этом патологическая система теряет адаптивное значение и становится деструктивной.

В условиях патологии, в частности при эмоциональных стрессах и некоторых инфекционных заболеваниях, наблюдается растормаживание отдельных функциональных систем, которые на ранних стадиях онтогенетического развития имели адаптивное значение, например сосательная и хватательная функции, спинальные автоматизмы, общедвигательные некоординированные реакции, а затем были заторможены вновь сформированными приспособительными функциональными системами.

В связи с рассматриваемым вопросом естественно предположить, можно ли патологическую систему рассматривать как адаптивную? В большинстве случаев патологическая система не является адаптивной, так как она своей деятельностью направлена на деструкцию организма. Однако в отдельных случаях патологическая система через активацию дефинитивных физиологических функциональных систем может оказывать адаптивное действие на организм, повысив за счет компенсаторной деятельности устойчивость организма к патологическим воздействиям, например, при иммунизации.

Патологические системы могут приводить к подавлению деятельности дефинитивных функциональных систем. При этом складывается дезинтеграция их деятельности, когда одни функциональные системы подавляются патологическим процессом на фоне компенсаторного усиления деятельности других функциональных систем. Вопросы перестройки функциональных систем в условиях патологии все еще требуют дальнейшей разработки.

Клинические аспекты системной диагностики. Болезнь, как правило, затрагивает в целом организме деятельность множества взаимосвязанных функциональных систем. В связи с этим оценка различных показателей деятельности организма в условиях патологии должна учитывать системную интеграцию физиологических функций.

При каждом заболевании прежде всего необходимо определить, какие функциональные системы затронул патологический процесс и нарушение деятельности которых усугубляет его, а деятельность каких функциональных систем имеет компенсаторную направленность.

Стойкое повышение артериального давления, например, может быть связано с нарушениями в самых разных звеньях функциональной системы, определяющей оптимальный уровень артериального давления в организме: барорецепторного аппарата, центральных эмоциогенных и сосудодвигательных механизмов, периферической сосудистой или гормональной регуляции и т. д. Одновременно с этим изменяется деятельность других, связанных с ней функциональных систем выделения, водно-солевого баланса, поддержания температуры тела и т. д.

При хирургическом удалении того или иного органа, исходя из представлений о том, что одни и те же органы различными сторонами своего метаболизма участвуют в деятельности различных функциональных систем, прежде всего необходимо определить, какие функциональные системы и в какой степени затронула хирургическая операция, какие компенсаторные механизмы при этом продолжают обеспечивать ведущие физиологические функции организма, какие полезные приспособительные результаты деятельности организма при этом сохранены, а какие нарушены, а также какие стороны гомеостаза или поведения они затрагивают?

При нарушении структур мозга особо значимо определить, какая стадия системной организации психической деятельности человека нарушена: афферентный синтез, принятие решения, предвидение или оценка достигнутых результатов.

Системная компенсация нарушенных функций. С системных позиций компенсация нарушенных функций всегда идет в направлении сохранения функциональными системами способности обеспечивать полезные для организма приспособительные результаты.

Основным условием компенсации нарушенных функций в любой функциональной системе является сохранение хотя бы минимальной информации о конечном результате ее деятельности. По мере компенсации складывается новая системная интеграция, которую в каждом конкретном случае необходимо хорошо представлять и, если она полезна, закреплять.

Как показали, например, исследования сотрудницы П. К. Анохина Е.Л. Голубевой, при удалении одного легкого компенсаторный процесс связан не только с деятельностью второго оставшегося легкого, но и с функциями сердца, почек, крови и других исполнительных компонентов разветвленного внутреннего звена саморегуляции функциональной системы дыхания. При этом нарушается деятельность и других функциональных систем, определяющих оптимальный для организма уровень кровяного и осмотического давления, реакции крови, выделения и т. д., которые по принципу многосвязного взаимодействия компенсаторно перестраивают свою деятельность.

Хирургическая операция, например замена протезом восходящей дуги аорты, может нарушить функции барорецепторов и хеморецепторов газового гомеостаза. В этом случае компенсаторная функция в значительной степени ложится на другие хеморецепторные зоны: синокаротидную и центральные, состояние которых в этом случае необходимо оценить еще до операции.

Компенсаторные процессы при хирургических операциях, когда перерезаются некоторые афферентные нервы, могут затрагивать и механизмы распространения афферентации от периферических рецепторов в центральные образования функциональных систем. В этом случае компенсаторные функции берут на себя другие рецепторы. При этом может усиливаться значение прямых гуморальных влияний на центры нервной системы. При исключении афферентных влияний от результата той или иной функциональной системы изменяются свойства соответствующих мозговых структур, повышается их чувствительность к физиологически активным веществам: гормонам, нейромедиаторам, нейропептидам. К тому же еще надо иметь в виду, что в нормальных условиях жизнедеятельности, как правило, большинство функциональных систем гомеостатического уровня работают в автоматическом режиме при значительном сужении обратной афферентации от результата их действия. В условиях патологии, когда возникают затруднения в достижении полезного приспособительного результата, нередко объем обратной афферентации расширяется. Это, в свою очередь, приводит к расширению объема эффекторных механизмов различных функциональных систем, интенсификации их деятельности. Указанные процессы могут наблюдаться в функциональной системе, поддерживающей оптимальный уровень артериального давления при нарушении функций депрессорных нервов, и в функциональной системе дыхания при повреждении проводимости блуждающих нервов и т. д.

С другой стороны, при повреждении гуморального звена саморегуляции компенсаторная роль в значительно большей степени ложится на нервное звено. Компенсация может затронуть сами центральные аппараты функциональных систем, особенно связанные с приуроченностью

гомеостатических функций к эмоциональным состояниям, движениям, речевым функциям, процессам пения и т. д.

Широкими резервами компенсации обладают исполнительные звенья саморегуляции функциональных систем, у которых имеется огромная возможность перебора и взаимозаменяемости для достижения полезного приспособительного результата. В любом случае при удалении или повреждении того или иного органа необходимо учитывать, на какие другие исполнительные органы и в каких функциональных системах ляжет дополнительная нагрузка.

Системные механизмы реабилитации

Теория функциональных систем позволяет по-новому подойти к проблеме реабилитации нарушенных функций человека.

С позиций теории функциональных систем все реабилитационные мероприятия выступают в роли дополнительного внешнего звена саморегуляции, компенсируя тем самым недостаточную функцию тех или иных функциональных систем организма.

Особого внимания в этом плане заслуживает первая информационная стадия формирования патологического процесса.

На этой стадии нарушенные информационные внутри- и межсистемные отношения функциональных систем в организме легко восстанавливаются информационными методами реабилитации: гипнотическим воздействием, массажем, гомеопатией, акупунктурой, тепло-холодовыми процедурами, гипоксией и т. д., позволяющими предупредить переход дисфункций в устойчивую патологическую форму. Исходя из того, что болезнь первично проявляется как нарушение информационных системных отношений в организме, становится понятной роль культурных, семейных и производственных отношений как своеобразного "человеческого иммунитета". Эти же факторы важны и для сохранения и упрочения эффектов реабилитации.

Отдельные мероприятия могут быть направлены непосредственно на центральные механизмы застойного эмоционального возбуждения при эмоциональных стрессах. Весьма эффективное действие в этом плане оказывают процедуры электросна и воздействие полями УВЧ. Изменения химических свойств нейронов лимбико-ретикулярного комплекса, составляющие "застойное" эмоциональное возбуждение, в эксперименте успешно нормализуются применением соответствующих олигопептидов, таких, как вещество Р, пептид, вызывающий дельтасон, пролактин, мелатонин и др.

Как правило, человек не оценивает объективно и количественно результаты деятельности функциональных систем, определяющих различные показатели гомеостаза. Информационным сигналом метаболических потребностей и их удовлетворения выступают соответственно отрицательные и положительные эмоции. Установлено, что положительные эмоции играют реабилитационную роль, нормализуя нарушенные эмоциональным стрессом метаболические свойства нейронов мозга. Положительные эмоции при предъявлении человеку приятной музыки, действии тепла, тепло-холодовых воздействий в сауне и вообще при достижении любых полезных приспособительных результатов могут выступать в роли значимых реабилитационных факторов, особенно при невротических состояниях. Все это формирует дополнительное внешнее звено саморегуляции с положительным эмоциональным результатом. Такую же роль могут выполнять олигопептиды, участвующие в формировании положительных эмоций.

В Институте нормальной физиологии имени П. К. Анохина РАМН разработаны специальные технические устройства, позволяющие человеку объективно оценивать различные информационные параметры гомеостаза. Эти приборы получили название "Стражи здоровья". Такое название отражает их профилактическую направленность на диагностику ранних дисфункций с целью их своевременной коррекции. С их помощью человек получает возможность оценить состояние того или иного показателя гомеостаза и в случае его нарушения выбрать адекватную форму поведения: прекратить напряженную деятельность, принять соответствующее лекарство, обратиться к врачу и т. п.

Теория функциональных систем, предложенная П. К. Анохиным, оказалась универсальной не только для биологии и медицины.

Функциональные системы как объективно существующие самоорганизующиеся и саморегулирующиеся построения пронизывают все мироздание - от атомных и молекулярных отношений до сложных космических явлений.

Можно думать, что теории функциональных систем принадлежит большое будущее, особенно в понимании природы информационной сущности живых организмов. Наличие в центральной архитектонике функциональных систем аппарата предсказания свойств потребного результата - акцептора результатов действия делает их универсальными организациями для оценки циркулирующей в них и поступающей к ним информации.

А. Эйнштейн, говоря об истории науки, часто подчеркивал, что "только идеи имеют непреходящую ценность", и очень часто сетовал на то, "что ученые

мало заботятся о написании "истории идей", "драме идей" или пренебрегают историей развития научных идей".

Идейное наследие П. К. Анохина - теория функциональных систем как своеобразных единиц интегративной деятельности организма человека с каждым годом все более воплощается в конкретные научные знания о природе мироздания и ведет к новым открытиям.

ЛИТЕРАТУРА

Анохин П. К. Внутреннее торможение как проблема физиологии.- М.: Медгиз, 1956.- 378 с.

Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. - М.: Медицина, 1968.- 540 с.

Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. - М.: Медицина, 1974. - 446 с.

Судаков К.В. Биологические мотивации. -М.:Медицина, 1971.-303 с.

Судаков К. В. Общая теория функциональных систем. - М.: Медицина,1984. - 224 с.

Судаков К. В. Функциональные системы организма. - М: Медицина, 1987.- 432 с.

Судаков К. В. Избранные лекции по нормальной физиологии. - М.: Эрус, 1992.- 243 с.

Судаков К. В. Теория функциональных систем. Под ред. Нувахова Б.Ш. - М.,1996.- 89 с.

Институт нормальной физиологии им. П. К. Анохина РАМН

Поступила в редакцию 9.03.99.