

Общие принципы строения мозга

Мозг как субстрат психических процессов представляет собой единую суперсистему, единое целое, состоящее, однако, из дифференцированных отделов (участков или зон), которые выполняют различную роль в реализации психических функций.

Это главное положение теории локализации высших психических функций человека опирается не только на сравнительно-анатомические, физиологические данные и результаты клинических наблюдений, но и на современные сведения об основных принципах строения мозга человека.

Все данные (и анатомические, и физиологические, и клинические) свидетельствуют о ведущей роли коры больших полушарий в мозговой организации психических процессов. Кора больших полушарий (и прежде всего, новая кора) является наиболее дифференцированным по строению и функциям отделом головного мозга. В недавнем прошлом коре больших полушарий придавалось исключительное значение, ее считали единственным субстратом психических процессов. Эта точка зрения подкреплялась учением об условных рефлексах И.П.Павлова, считавшего кору больших полушарий единственным мозговым образованием, где могут замыкаться условные связи — основа психической деятельности.

Подкорковым структурам отводилась вспомогательная роль, за ними признавались прежде всего энергетические, активационные функции. Однако по мере накопления знаний о подкорковых образованиях представления об их участии в реализации различных психических процессов изменились. В настоящее время общепризнанной стала точка зрения о важной и специфической роли не только корковых, но и подкорковых структур в психической деятельности при ведущем участии коры больших полушарий. Эти представления подкрепляются материалами стереотаксических операций на глубоких структурах мозга и результатами электрической стимуляции различных подкорковых образований (Я.П.Бехтерева, 1971, 1980; В.М.Смирнов, 1976 и др.), а также клиническими наблюдениями за больными с поражениями

различных подкорковых структур (А.Р.Лурия, Л.И.Московичюте, А.Л.Кадин, Т.Ш.Гагошидзе, Е.Д. Хомская и др.).

Таким образом, *все высшие психические функции имеют и горизонтальную (корковую), и вертикальную (подкорковую) мозговую организацию.*

Как известно, головной мозг (encephalon) — высший орган нервной системы — как анатомо-функциональное образование может быть условно подразделен на несколько уровней, каждый из которых осуществляет собственные функции.

I уровень — кора головного мозга — осуществляет высшее управление чувствительными и двигательными функциями, преимущественное управление сложными когнитивными процессами.

II уровень — базальные ядра полушарий большого мозга — осуществляет управление произвольными движениями и регуляцию мышечного тонуса.

III уровень — гиппокамп, гипофиз, гипоталамус, поясная извилина, миндалевидное ядро — осуществляет преимущественное управление эмоциональными реакциями и состояниями, а также эндокринную регуляцию.

IV уровень (низший) — ретикулярная формация и другие структуры ствола мозга — осуществляет управление вегетативными процессами (Р.Д.Синельников, Я.Р.Синельников, 1996).

Головной мозг подразделяется на ствол, мозжечок и большой мозг.

Как анатомическое образование большой мозг (cerebrum) состоит из двух полушарий — правого и левого (hemisphererum cerebri dextrum et sinistrum); в каждом из них объединяются три филогенетически и функционально различные системы:

- 1) обонятельный мозг (rhinencephalon);
- 2) базальные ядра (nucii basales);
- 3) кора большого мозга (cortex cerebri) — конвекситальная, базальная, медиальная.

В каждой полушарии имеется пять долей:

- 1) лобная (lobus frontalis);
- 2) теменная (lobus parietalis);
- 3) затылочная (lobus occipitalis);
- 4) височная (lobus temporalis);
- 5) островковая, островок (lobus insularis, insule).

Как известно, у человека по сравнению с другими представителями животного мира существенно больше развиты филогенетически новые отделы мозга, и прежде всего кора больших полушарий.

Кора большого мозга (cortex cerebri) — наиболее высокодифференцированный раздел нервной системы — подразделяется на следующие структурные элементы:

- ◆ древнюю (paleocortex);
- ◆ старую (archeocortex);
- ◆ среднюю, или промежуточную (mesocortex);
- ◆ новую (neocortex).

У человека новая кора — наиболее сложная по строению — по протяженности составляет 96 % от всей поверхности полушарий. Наиболее типична для человека новая шестислойная кора, однако в разных отделах мозга число слоев различно. По морфологическим критериям выделены разные цитоархитектонические поля, характеризующиеся различным строением клеток.

Наибольшее признание получила цитоархитектоническая карта полей Бродмана, согласно которой выделяется 52 поля. В пределах многих полей выделены подполя.

В пределах новой коры у человека наибольшее развитие получили ассоциативные отделы. Одновременно отмечаются усложнение и дифференцировка ассоциативных таламических ядер, подкорковых узлов, а также филогенетически новых отделов мозгового ствола. Существенно более развиты у человека по сравнению со всеми представителями животного мира, включая и высших приматов, лобные доли мозга — как их корковые отделы, так

и подкорковые связи.

Ассоциативные отделы коры больших полушарий у человека не только больше по занимаемой площади, чем проекционные (в абсолютных и относительных размерах), но и характеризуются более тонким архитектурным и нейронным строением.

На основании анализа новых экспериментальных данных, полученных в Институте Мозга РАМН и в других научных учреждениях, а также обобщения огромного литературного материала О.С.Адриановым (1983 и др.) была разработана концепция структурно-системной организации мозга как субстрата психической деятельности. В соответствии с этой концепцией деятельность мозга обеспечивается проекционными, ассоциативными, интегративно-пусковыми и лимбико-ретикулярными системами, каждая из которых выполняет свои функции.

Проекционные системы обеспечивают анализ и переработку соответствующей по модальности информации.

Ассоциативные системы связаны с анализом и синтезом разномодальных возбуждений.

Для *интегративно-пусковых систем* характерен синтез возбуждений различной модальности с биологически значимыми сигналами и мотивационными влияниями, а также окончательная трансформация афферентных влияний в качественно новую форму деятельности, направленную на быстрейший выход возбуждений на периферию (т. е. на аппараты, реализующие конечную стадию приспособительного поведения).

Лимбико-ретикулярные системы обеспечивают энергетические, мотивационные и эмоционально-вегетативные влияния.

Все перечисленные выше системы мозга работают в тесном взаимодействии друг с другом по принципу либо одновременно, либо последовательно возбужденных структур.

Работа каждой системы, а также процессы взаимодействия систем имеют не жестко закрепленный, а динамический характер. Эта динамика определяется

особенностями поступающих афферентных импульсов и спецификой реакции организма. Динамичность этих взаимоотношений проявляется на поведенческом, нейронном, синаптическом и молекулярном (нейрохимическом) уровнях. Условием, способствующим этой динамичности, является свойство мультифункциональности (или функциональной многозначности), присущее различным системам мозга в разной степени.

Согласно концепции О.С.Адрианова, различным образованиям и системам мозга в разной степени свойственны две основные формы строения и деятельности: инвариантные, генетически детерминированные и подвижные, вероятностно-детерминированные. Эти представления хорошо согласуются с идеями Н.П.Бехтеревой (1971, 1980 и др.) о существовании «жестких» и «гибких» звеньев систем мозгового обеспечения психической деятельности человека.

Таким образом, в организации мозга можно вычленить как общие принципы строения и функционирования, присущие всем макросистемам, так и динамически изменяющиеся индивидуальные особенности этих систем, определяемые индивидуальными особенностями составляющих их микросистем.

Установлено, что головной мозг человека обладает значительной изменчивостью. Различают этническую, половую, возрастную и индивидуальную изменчивость.

Этнические различия, сохраняющиеся от поколения к поколению, относятся к общему весу (массе) головного мозга, его размерам, организации борозд и извилин. Считается, однако, что средний вес мозга, свойственный одной этнической группе, — весьма условный показатель, так как индивидуальная изменчивость может перекрывать средние величины. Масса мозга коррелирует с весом тела и формой черепа.

Установлены различия между мужским и женским мозгом: 1375 г для мужчин и 1245 г для женщин — средние показатели веса мозга европейца. С возрастом масса мозга и морфологическое строение отдельных структур и

проводящих волокон (мозолистого тела, передних комиссур и др.) изменяются, причем у женщин эти изменения менее заметны, чем у мужчин. С момента рождения головной мозг постепенно увеличивается и достигает максимальной массы к 20 годам; после 50 лет происходит постепенное уменьшение массы мозга (примерно на 30 г каждые 10 лет жизни).

Описана значительная индивидуальная морфологическая изменчивость мозга. Это относится и к массе мозга, и к другим его характеристикам. Современная нейроанатомия признает существование пороговых значений веса мозга: по одним данным, минимальная масса мозга равна 900 г; по другим — 750-800 г (С.В.Савельев, 1996).

При объеме мозга 246-622 г (микроцефалия) наблюдается явное снижение умственных способностей. Максимальная масса мозга здорового человека равна 2200-2300 г. Еще большая масса, как правило, является следствием патологического процесса (гидроцефалии и др.).

Помимо веса индивидуальные морфологические различия относятся и к организации мозга. Существует высокая изменчивость в строении поверхности полушарий переднего мозга, что отражается в изменчивости строения его борозд и извилин. По данным Института Мозга РАМН, существуют индивидуальные варианты не только строения борозд и извилин, но и расположения цитоархитектонических полей.

Достаточно велика индивидуальная изменчивость и подкорковых образований, что не связано ни с объемом мозга, ни с полом, ни с национальной принадлежностью. Так, объем подкорковых ядер (скорлупа, хвостатое ядро и др.) у разных людей может различаться в 2-3 раза.

Таким образом, современные нейропсихологические представления о мозге как субстрате психических процессов должны учитывать не только общие характеристики его строения, но и фактор большой изменчивости, вариативности его морфологических показателей.

Весьма важным принципом структурной организации мозга как субстрата психической деятельности является также принцип иерархической

соподчиненности различных систем мозга, соответственно которому уменьшается число степеней свободы каждой нижележащей системы и осуществляется управление одного уровня иерархии другими, а также контроль за этим управлением на основе прямых и обратных связей.

Вместе с тем подобная иерархия допускает определенную избыточность в структурной организации мозга за счет вовлечения в ту или иную его функцию большого числа нервных элементов, что приводит к повышению надежности работы мозга и служит основой для компенсации функций при его поражениях. Принцип иерархии систем, как и другие принципы организации мозга, обеспечивает его интегративную целостную деятельность.

Наконец, современная нейропсихология выдвигает как один из важнейших принципов структурно-системной организации мозга принцип многоуровневого взаимодействия вертикально организованных (подкорково-корковых) и горизонтально организованных (корково-корковых) путей проведения возбуждения, что создает широкие возможности для различных типов переработки (трансформации) афферентных сигналов и является одним из механизмов интегративной работы мозга.

Таким образом, согласно современным анатомическим сведениям об основных принципах организации мозга, он представляет собой сложную метасистему, состоящую из различных макросистем (проекционных, ассоциативных, интегративно-пусковых, лимбико-ретикулярных), каждая из них строится из разных микросистем (микроансамблей).

В нейропсихологии на основе анализа клинических данных (т. е. изучения нарушений психических процессов при различных локальных поражениях мозга) была разработана общую структурно-функциональную модель работы мозга как субстрата психической деятельности. Эта модель, предложенная А.Р.Лурия, характеризует наиболее общие закономерности работы мозга как единого целого и является основой для объяснения его интегративной деятельности. Согласно данной модели, весь мозг может быть подразделен на три основных структурно-функциональных блока:

I — энергетический блок, или блок регуляции уровня активности мозга;

II — блок приема, переработки и хранения экстероцептивной (т. е. исходящей извне) информации;

III — блок программирования, регуляции и контроля за протеканием психической деятельности.

Каждая высшая психическая функция (или сложная форма сознательной психической деятельности) осуществляется при участии всех трех блоков мозга, вносящих свой вклад в ее реализацию. Они характеризуются определенными особенностями строения, физиологическими принципами, лежащими в основе их работы, и той ролью, которую они играют в осуществлении психических функций.

Первый блок включает неспецифические структуры разных уровней: ретикулярную формацию ствола мозга; неспецифические структуры среднего мозга, его диэнцефальных отделов; лимбическую систему; медиобазальные отделы коры лобных и височных долей мозга.

Данный блок мозга регулирует два типа процессов активации:

- ◆ общие генерализованные изменения активации, являющиеся основой различных функциональных состояний;

- ◆ локальные избирательные изменения активации, необходимые для осуществления высших психических функций.

Первый тип процессов активации связан с длительными тоническими сдвигами в активационном режиме работы мозга, с изменением уровня бодрствования.

Второй тип процессов активации — это преимущественно кратковременные фазические изменения в работе отдельных структур (систем) мозга.

Первый блок регулирует общие изменения активации мозга и локальные избирательные активационные изменения, необходимые для осуществления высших психических функций. С точки зрения психических функций, энергетический неспецифический блок имеет отношение к процессам общего и

селективного внимания, а также к сознанию в целом, процессам неспецифической памяти (запечатлению, хранению и переработке разномодальной информации), к сравнительно элементарным эмоциональным состояниям (страх, боль, удовольствие, гнев).

Корковые структуры первого блока (поясная кора, кора медиальных и базальных, или орбитальных, отделов лобных долей мозга) принадлежат по своему строению главным образом к коре древнего типа, состоящей из пяти слоев.

Функциональное значение первого блока в обеспечении психических функций состоит, как уже говорилось выше, прежде всего в регуляции процессов активации, в обеспечении общего активационного фона, на котором осуществляются все психические функции, в поддержании общего тонуса ЦНС, необходимого для любой психической деятельности. Этот аспект работы блока имеет непосредственное отношение к процессам внимания — общего, неизбирательного и селективного, — а также сознания в целом. Внимание и сознание с энергетической точки зрения связаны с определенными уровнями активации. С качественной, содержательной точки зрения они характеризуются набором различных действующих систем и механизмов, обеспечивающих отражение разных аспектов внешнего и внутреннего мира.

Помимо общих неспецифических активационных функций, первый блок мозга непосредственно связан с процессами памяти (в их модально-неспецифической форме), с запечатлением, хранением и переработкой разномодальной информации.

Первый блок мозга является непосредственным мозговым субстратом различных мотивационных и эмоциональных процессов и состояний (наряду с другими мозговыми образованиями). Лимбические структуры мозга, входящие в этот блок (область гиппокампа, поясной извилины, миндалевидного ядра и др.), имеющие тесные связи с орбитальной и медиальной корой лобных и височных долей мозга, являются полифункциональными образованиями. Они участвуют в регуляции различных эмоциональных состояний, прежде всего

сравнительно элементарных (базальных) эмоций (страха, удовольствия, гнева и др.), а также мотивационных процессов, связанных с различными потребностями организма. В сложной мозговой организации эмоциональных и мотивационных состояний и процессов лимбические отделы мозга занимают одно из центральных мест. Этот блок мозга воспринимает и перерабатывает разную интероцептивную информацию о состояниях внутренней среды организма и регулирует эти состояния с помощью нейрогуморальных, биохимических механизмов.

Таким образом, первый блок мозга участвует в осуществлении любой психической деятельности, особенно в процессах внимания, памяти, регуляции эмоциональных состояний и сознания в целом.

По мнению А.Р.Лурия, если болезненный процесс (опухоль или кровоизлияние) выведет из нормальной работы образования верхних отделов ствола мозга и тесно связанные с ними образования ретикулярной формации или внутренних медиальных отделов больших полушарий, у больного не возникнет ни нарушения зрительного и слухового восприятия, ни каких-либо дефектов чувствительной и двигательной сферы, речь его останется прежней, и он продолжит владеть имеющимися у него знаниями. Однако заболевание приводит в этом случае к снижению тонуса коры головного мозга, а это проявляется в очень своеобразной картине нарушений: внимание больного становится неустойчивым, он проявляет патологически повышенную истощаемость, быстро впадает в сон, его аффективная жизнь изменяется. Он может стать либо безразличным, либо патологически встревоженным. Страдает его способность запечатлевать и удерживать впечатления, организованное течение мыслей нарушается и теряет тот избирательный характер, который оно имеет в норме. Нарушение нормальной работы стволовых образований, не меняя аппаратов восприятия или движения, может привести к глубокой патологии сознания человека.

Второй блок — блок приема, переработки и хранения экстероцептивной (т. е. исходящей из внешней среды) информации — включает в себя

центральные части основных анализаторных систем: зрительной, слуховой и кожно-кинестетической, корковые зоны которых расположены в затылочных, теменных и височных долях мозга. В системы этого блока формально включаются и центральные аппараты вкусовой и обонятельной рецепции, но у человека они настолько оттеснены представителями высших экстероцептивных анализаторов, что занимают в коре головного мозга незначительное место. Основу данного блока составляют *первичные* или проекционные зоны коры (поля), выполняющие узкоспециализированную функцию отражения только стимулов одной модальности. Их задача – идентифицировать стимул по его качеству и сигнальному значению. Основная функция первичных полей – тончайшее отражение свойств внешней и внутренней среды на уровне ощущений. *Вторичные поля* представляют собой клеточные структуры, морфологически и функционально надстроенные над проекционными. В них происходит последовательное усложнение процесса переработки информации, чему способствует предварительное происхождение афферентных импульсов через ассоциативные ядра таламуса. Вторичные поля обеспечивают превращение соматотопических импульсов в такую функциональную организацию, которая на уровне психики эквивалентна процессу восприятия. *Третичные поля* имеют наиболее сложную функциональную нагрузку. Они расположены на границе затылочного, височного и заднецентрального отделов коры и не имеют непосредственного выхода на периферию. Их функции почти полностью сводятся к интеграции возбуждений, приходящих от вторичных полей всего комплекса анализаторов. Работа этих зон своим психологическим эквивалентом имеет сценopodobное восприятие мира во всей полноте и комбинации пространственных, временных и количественных характеристик внешней среды. Второе значение этих зон – переход от непосредственного наглядного синтеза к уровню символических процессов, благодаря которым становится возможным осуществление речевой и интеллектуальной деятельности.

Работа второго блока подчиняется трем законам. *Закон иерархического*

строения: первичные зоны являются фило- и онтогенетически более ранними. Поэтому недоразвитие первичных полей у ребенка приводит к потере поздних функций (принцип «снизу-вверх»), а у взрослого с полностью сложившимся психологическим строем третичные зоны управляют работой подчиненных им вторичных и при повреждении последних оказывают на их работу компенсирующее влияние (принцип «сверху-вниз»). *Закон убывающей специфичности*: наиболее модально специфичными являются первичные зоны; третичные зоны вообще надмодальны. *Закон прогрессирующей латерализации*: по мере восхождения от первичных к третичным зонам возрастает дифференцированность функций левого и правого полушария.

Как писал А.Р.Лурия, нарушение нормальной работы второго блока проявляется в совсем иных чертах. Существенной для поражения этих отделов мозга является высокая специфичность вызываемых нарушений; если поражение ограничено теменными отделами коры, у больного наступает нарушение кожной и глубокой чувствительности: он затрудняется узнать на ощупь предмет, нарушается нормальное ощущение положений тела и рук, а потому теряется четкость движений. Если поражение ограничивается пределами височной доли мозга, может существенно пострадать слух; если оно располагается в пределах затылочной области или прилежащих участков мозговой коры, страдает процесс получения и переработки зрительной информации, в то время как осязательная и слуховая информация продолжает восприниматься без изменений.

Третий блок — блок программирования, регуляции и контроля за протеканием психической деятельности — включает моторные, премоторные и префронтальные отделы коры лобных долей мозга. Лобные доли характеризуются большой сложностью строения и множеством двухсторонних связей с корковыми и подкорковыми структурами. К третьему блоку мозга относится конвекситальная лобная кора с ее корковыми и подкорковыми связями.

Основная цель работы этого блока – формирование планов действий, т.е.

создание программы психического акта и развертка последовательности исполнения его во времени в реальном поведении. Находясь под постоянным влиянием второго блока, префронтальные отделы лобных долей одновременно зависимы от речевого и мотивационного компонентов.

Нарушения, возникающие при поражении третьего блока, приводят к дефектам поведения, резко отличающимся от тех, которые описаны выше. Ограниченные поражения этих отделов мозга не вызывают ни нарушений бодрствования, ни дефектов притока информации; у больного может сохраниться и речь. Существенные нарушения проявляются в этих случаях в сфере движений, действий и организованной по известной программе деятельности больного. Сознательное, целесообразное поведение, направленное на выполнение определенной задачи заменяется либо импульсивными реакциями на отдельные впечатления, либо инертными стереотипами, в которых целесообразное действие подменяется бессмысленным повторением движений, переставших направляться заданной целью.

Общая структурно-функциональная модель организации мозга, предложенная А. Р. Лурия, предполагает, что различные этапы произвольной, опосредованной речью, осознанной психической деятельности осуществляются с обязательным участием всех трех блоков мозга.

Согласно современным представлениям о психической деятельности, ее структура и процесс протекания может выглядеть следующим образом:

- ◆ она начинается с фазы мотивов, намерений, замыслов;
- ◆ затем эти мотивы, намерения, замыслы превращаются в определенную программу (или «образ результата») действительности, включающую представления о способах ее реализации;
- ◆ после чего она продолжается в виде фазы реализации этой программы с помощью определенных операций;
- ◆ завершается психическая деятельность фазой сличения полученных результатов с исходным «образом результата». В случае несоответствия этих

данных психическая деятельность продолжается до получения нужного результата.

Эта схема (или психологическая структура) психической деятельности, многократно описанная в трудах А.Н.Леонтьева (1972) и других отечественных и зарубежных психологов (В.П.Зинченко, 1967; К. Прибрам, 1975 и др.), в соответствии с моделью «трех блоков» может быть соотнесена с мозгом следующим образом.

1. В начальной стадии формирования мотивов в любой сознательной психической деятельности (гностической, мнестической, интеллектуальной) принимает участие преимущественно первый блок мозга. Он обеспечивает также оптимальный общий уровень активности мозга и осуществление избирательных, селективных форм активности, необходимых для протекания конкретных видов психической деятельности. Первый блок мозга преимущественно ответствен и за эмоциональное «подкрепление» психической деятельности (переживание успеха-неуспеха).

2. Стадия формирования целей, программ деятельности связана преимущественно с работой третьего блока мозга, так же как и стадия контроля за реализацией программы.

3. Операциональная стадия деятельности реализуется преимущественно с помощью второго блока мозга.

Поражение одного из трех блоков (или его отдела) отражается на любой психической деятельности, так как приводит к нарушению соответствующей стадии (фазы, этапа) ее реализации.