

Основные 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.*

Что такое мозг как субстрат высших психических функций?

Какие отделы мозга играют ведущую роль в их реализации?

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, 1974а; Л. И. Московичюте, А. Л. Кадин, 1975; Л. И. Московичюте и др., 1982б; Т. Ш. Гагошидзе, Е.Д. Хомская, 1983; Я. К. Корсакова, Л. И. Московичюте, 1985; С. Б. Буклина, 1998; 1999, Г. Н. Болдырева, Н. Г. Манелис, 1998 и др.)!

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

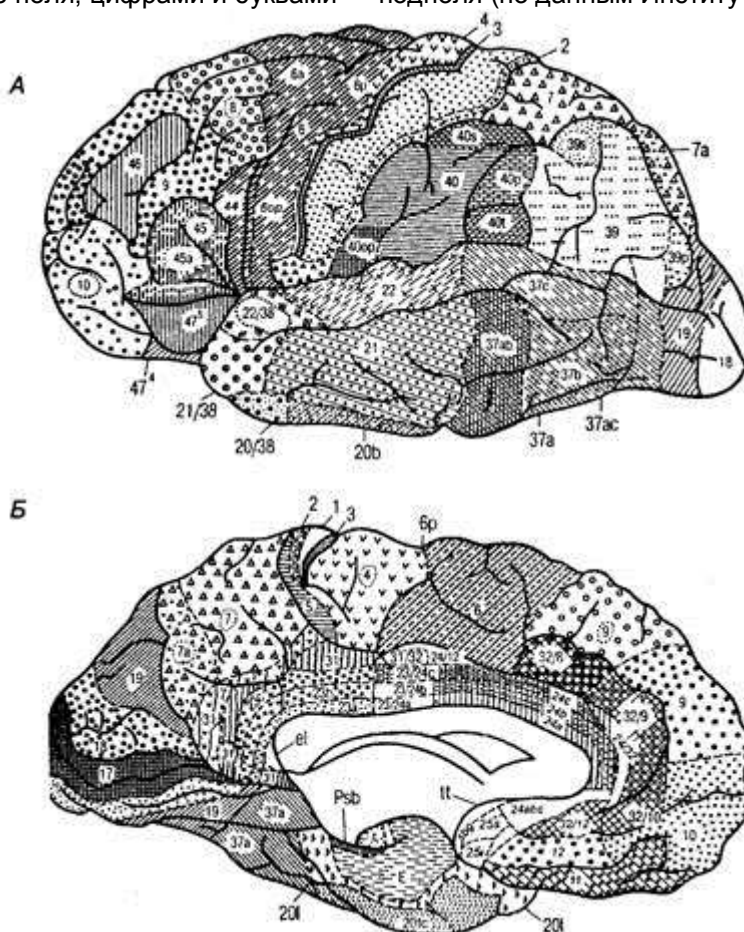
Следует, однако, отметить, что эти два аспекта мозговой организации высших психических функций изучены в разной степени. Значительно лучше изучены корковые механизмы психической деятельности, в меньшей степени — подкорковые структуры и их роль в обеспечении высших психических функций, однако и в этой области за последние годы в нашей стране достигнуты существенные успехи, главным образом благодаря работам академика Н. П. Бехтеревой, ее коллектива и сотрудников Института нейрохирургии РАМН.

Важнейшим достижением современных нейроморфологических исследований является утверждение нового подхода к изучению принципов организации мозга. Этот подход объединяет, с одной стороны, тщательное изучение микроструктуры разных мозговых образований (клеток, синапсов и др.) с использованием современных прецизионных технических методов исследования, с другой — общие представления об интегративной системной работе мозга как целого. Данный подход, развиваемый Институтом Мозга РАМН, открывает широкие возможности для анатомического обоснования нейропсихологических знаний о функциях мозга.

Понимание *соотношения мозга и психики существенно зависит от* уровня анатомических знаний, от успехов нейроморфологии. Современные методы исследования строения мозга (электронная микроскопия, цитохимия, регистрация работы отдельных клеток и др.) позволяют не только обнаруживать статические характеристики нервных элементов, но и фиксировать их функциональные динамические изменения, что дало основание для выделения новой дисциплины — *функциональной нейроморфологии* (Э. Я. Попова и др., 1976; О. С. Адрианов, 1983 и др.). В ее русле открываются широкие возможности для понимания не только общей, но и индивидуальной изменчивости мозга, индивидуальных особенностей мозговой организации психических процессов.

Карта цитоархитектонических полей коры головного мозга:

А — конвексальная кора; Б — медиальная кора. Цифрами обозначены отдельные корковые поля; цифрами и буквами — подполя (по данным Института Мозга РАМН)



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.

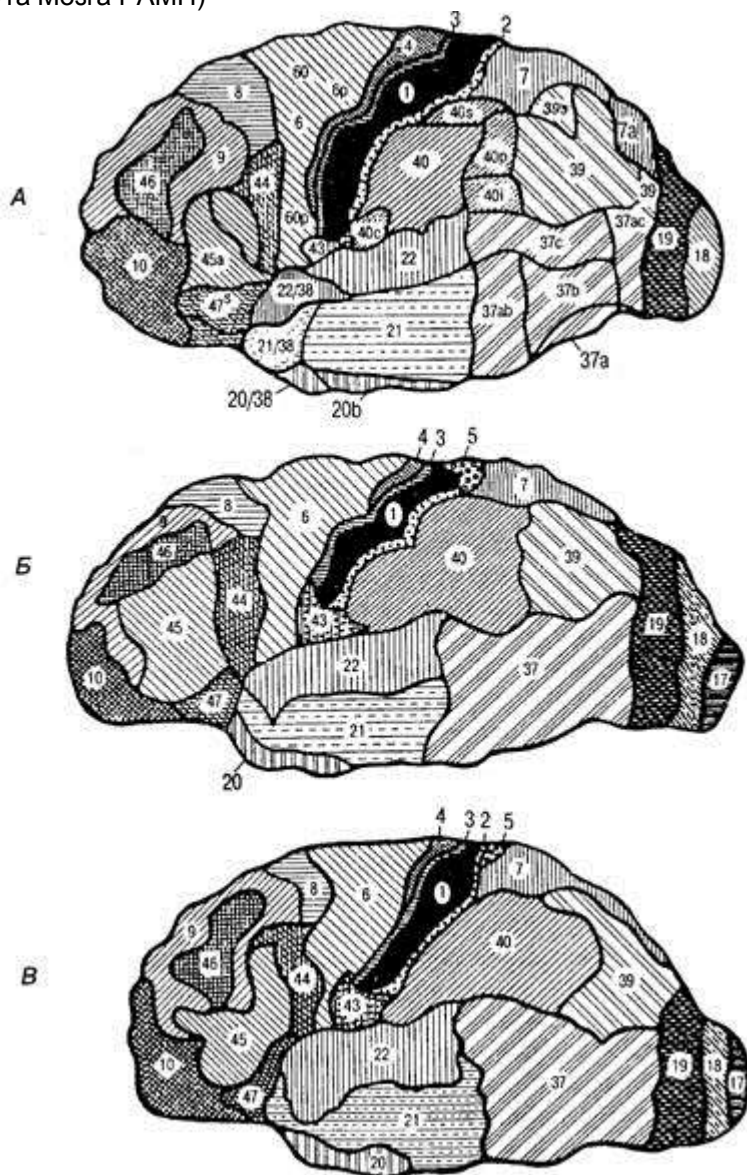
Работа каждой системы, а также процессы взаимодействия систем имеют не жестко закрепленный, а динамический характер. Эта динамика определяется особенностями поступающих афферентных импульсов и спецификой реакции организма. Динамичность этих взаимоотношений проявляется на поведенческом, нейронном, синаптическом 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. Андрианова (1976, 1979, 1983, 1999), различным образованиям и системам мозга в разной степени свойственны две основные формы строения и деятельности: *инвариантные, генетически детерминированные и подвижные, вероятно-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.

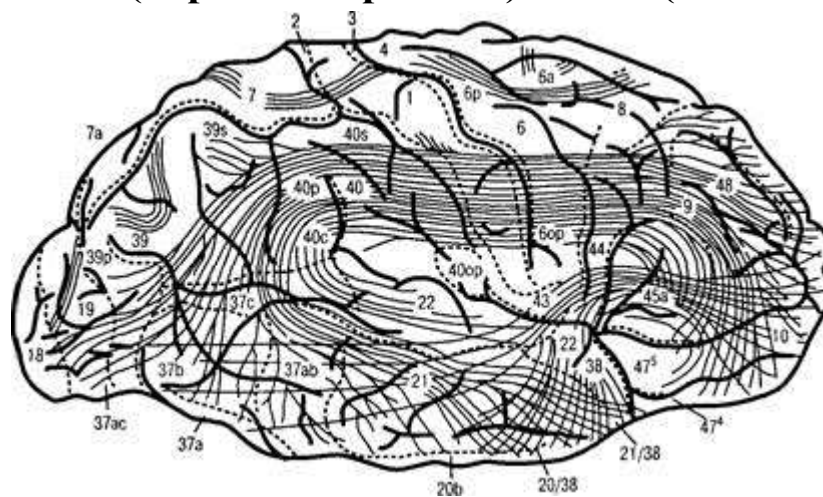
Таким образом, в соответствии с концепцией О. С. Андрианова, несмотря на врожденную, достаточно жесткую организацию макроконструкций и макросистем, этим системам присуща определенная *приспособительная изменчивость*, которая проявляется на уровне

Варианты расположения цитоархитектонических полей на поверхности мозга человека

(по данным Института Мозга РАМН)

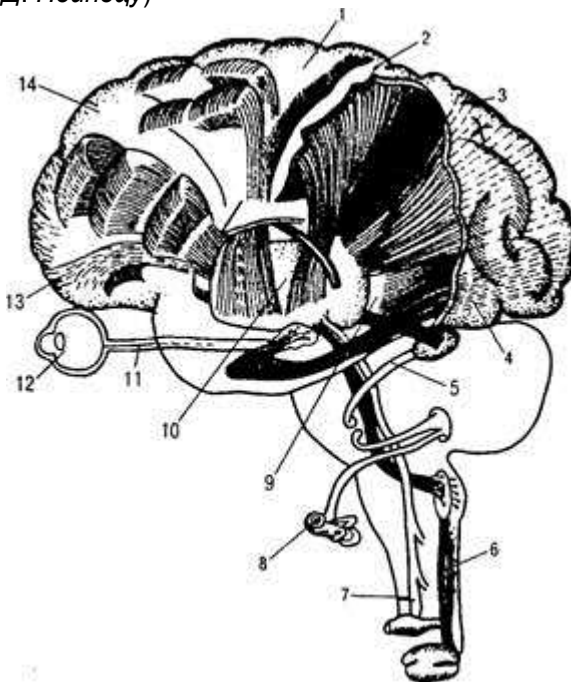


Ассоциативные (корково-корковые) связи (по С. Б. Дзугаевой)



Вертикальная организация основных анализаторных систем:

1 — двигательная область; 2 — соматосенсорная область; 3 — теменная кора;
4 — зрительная область; 5 — слуховые пути; 6 — пути мышечной чувствительности; 7 —
пути кожной чувствительности; 8 — ухо; 9 — зрительное сияние; 10 — ядра зрительного бугра;
11 — зрительный путь; 12 — глаз; 13 — орбитальная кора; 14 —
префронтальная кора (по Д. Пейпецу)



ческими принципами, лежащими в основе их работы, и той ролью, которую они играют в осуществлении психических функций (рис. 9, А, Б, В).

Энергетический блок включает неспецифические структуры разных уровней:

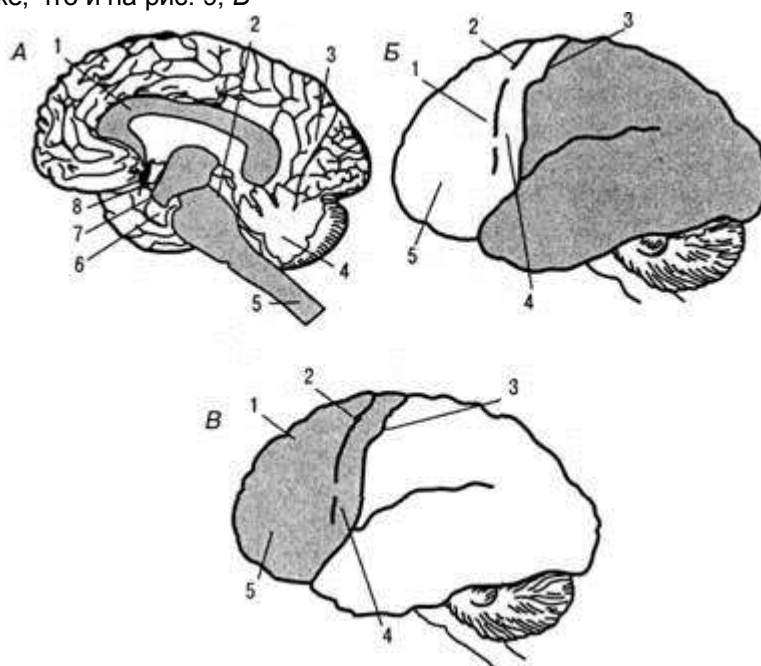
- ◆ ретикулярную формацию ствола мозга;
- ◆ неспецифические структуры среднего мозга, его диэнцефальных отделов;
- ◆ лимбическую систему;
- ◆ медиобазальные отделы коры лобных и височных долей мозга.

Структурно-функциональная модель интегративной работы мозга (по А. Р. Лурия, 1970):

А) I блок — регуляции общей и избирательной неспецифической активации мозга, — включающий ретикулярные структуры ствола, среднего мозга и диэнцефальных отделов, а также лимбическую систему и медиобазальные отделы коры лобных и височных долей мозга: 1 — мозолистое тело, 2 — средний мозг, 3 — теменно-затылочная борозда, 4 — мозжечок, 5 — ретикулярная формация ствола, 6 — крючок, 7 — гипоталамус, 8 — таламус;

Б) II блок — приема, переработки и хранения экстероцептивной информации, — включающий основные анализаторные системы (зрительную, кожно-кинестетическую, слуховую), корковые зоны которых расположены в задних отделах больших полушарий: 1 — премоторная область, 2 — прецентральная извилина, 3 — центральная извилина, 4 — моторная область, 5 — префронтальная область; В) III блок — программирования, регуляции и контроля за протеканием психической деятельности, — включающий моторные, премоторные и префронтальные отделы мозга с их двухсторонними связями.

Обозначения те же, что и на рис. 9, Б



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.

Разные уровни неспецифической системы вносят свой вклад в обеспечение длительных тонических и кратковременных фазических процессов активации:

- ◆ нижние уровни неспецифической системы (ретикулярные отделы ствола и среднего мозга) обеспечивают преимущественно первый генерализованный тип процессов активации;

Системы связей первичных, вторичных и третичных полей коры

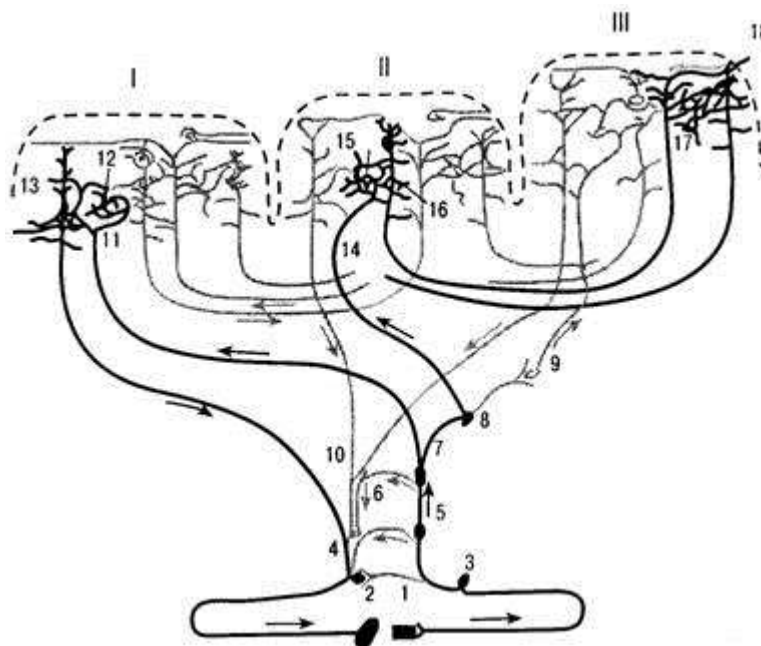
(по Г. И. Полякову):

I — первичные (центральные) поля;

II — вторичные (периферические) поля;

III — третичные поля (зоны перекрытия анализаторов). Сплошной линией выделены системы проекционных (корково-подкорковых) проекционно-ассоциативных и ассоциативных связей коры; пунктиром — другие связи.

1 — рецептор; 2 — эффектор; 3 — нейрон чувствительного узла; 4 — двигательный нейрон; 5, 6 — переключаательные нейроны спинного мозга и ствола; 7-10 — переключаательные нейроны подкорковых образований; 11, 14 — афферентные волокна из подкорки; 13 — пирамида V слоя; 16 — пирамида подслоя III; 18 — пирамиды подслоев III₂ и III; 12, 15, 17 — звездчатые клетки коры



название «вторичного проекционно-ассоциативного нейронного комплекса». Связи вторичных полей коры с подкорковыми структурами более сложны, чем связи первичных полей.

К вторичным полям афферентные импульсы поступают не непосредственно из реле-ядер таламуса, как к первичным, а из ассоциативных ядер таламуса (после их переключения). Иными словами, вторичные поля коры получают более сложную, переработанную информацию с периферии, чем первичные.

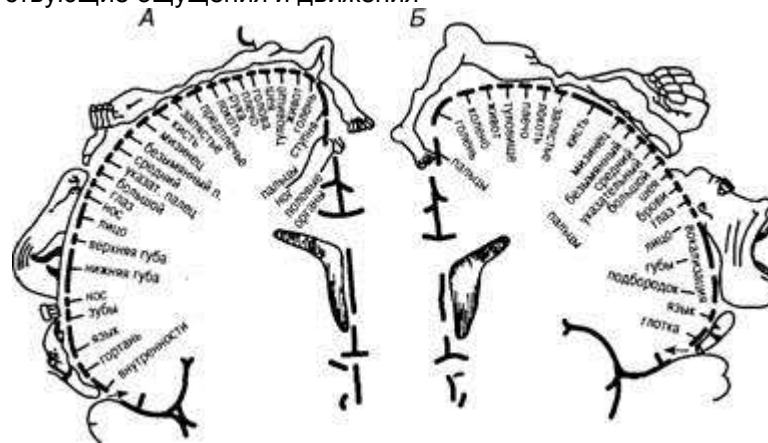
Различные участки 4-го первичного поля двигательного анализатора, построенного по соматотопическому принципу, иннервируют разные группы мышц на периферии. В 4-м поле представлена вся мышечная система человека (и поперечно-полосатая, и гладкая мускулатура). Раздражая различные участки 3-го и 4-го полей, У. Пенфилд и Г. Джаспер (1958) уточнили конфигурацию «чувствительного» и «двигательного» человечков — зон проекции и представительства различных мышечных групп (рис. 11, А, Б).

Схема соматотопической проекции общей чувствительности и двигательных функций в коре головного мозга (по У. Пенфилду):

А — корковая проекция общей чувствительности;

Б — корковая проекция двигательной системы.

Относительные размеры органов отражают ту площадь коры головного мозга, с которой могут быть вызваны соответствующие ощущения и движения



Как видно из рис. 11, Б, «двигательный» человек имеет непропорционально большие губы, рот, руки, но маленькие туловище и ноги — в соответствии со степенью управляемости теми или иными группами мышц и их общим функциональным значением. «Чувствительный» человек в целом повторяет строение «двигательного» (рис. 11, А).

В V слое 4-го поля содержатся самые большие клетки ЦНС — моторные клетки Беца, дающие начало пирамидному пути. В 6-м и 8-м полях коры V слой менее широк, но по типу своего строения (наличие пирамид в V и III слоях) эти поля также относятся к моторным агранулярным корковым полям.

44-е поле (или «зона Брока») имеет хорошо развитые V и III слои, моторные клетки которых управляют оральными движениями и движениями речевого аппарата.

Прецентральная моторная и премоторная кора (4, 6, 8-е поля) получает проекции от вентролатеральных ядер зрительного бугра; префронтальная конвекситальная кора является зоной проекции мелкоклеточной части ДМ (дорсомедиального) ядра таламуса. В прецентральной (моторной) и премоторной коре берут начало пирамидный и экстрапирамидный пути. Эти области коры тесно связаны с различными базальными ганглиями: стриопаллидарной системой, красным ядром, Льюисовым телом и другими подкорковыми звеньями экстрапирамидной системы.

Префронтальная конвекситальная кора связана многочисленными связями с корой задних отделов больших полушарий и с симметричными отделами коры лобных долей другого полушария.

Таким образом, многочисленные корково-корковые и корково-подкорковые связи конвекситальной коры лобных долей мозга обеспечивают возможности, с одной стороны, переработки и интеграции самой различной афферентации, а с другой — осуществления различного рода регуляторных влияний.

Анатомическое строение третьего блока мозга обуславливает его ведущую роль в программировании замыслов и целей психической деятельности, в ее регуляции и осуществлении контроля за результатами отдельных действий, а также всего поведения в целом.

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;

Проблема межполушарной асимметрии мозга и межполушарного взаимодействия

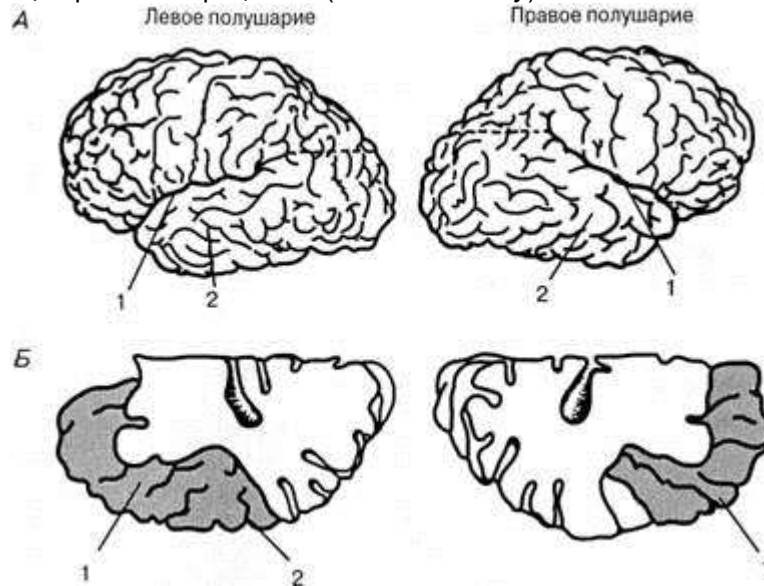
Проблема межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия — одна из наиболее актуальных в современном естествознании. В настоящее время она разрабатывается разными нейронауками: *нейроанатомией, нейрофизиологией, нейробиологией* и др. Весьма продуктивно она изучается и *нейропсихологией*. Локальные поражения мозга в качестве основной модели для нейропсихологических исследований открывают уникальные возможности изучения данной проблемы на человеке. Все возрастающее число публикаций, посвященных оценке функций левого и правого полушарий мозга у человека, их роли в различных видах психической деятельности, свидетельствует о широком научном интересе к этому направлению исследований.

Межполушарная асимметрия представляет собой одну из фундаментальных закономерностей работы мозга не только человека, но и животных (*В. Л. Бианки, 1975, 1989; О. С. Адрианов, 1979; С. Спрингер, Г. Дейч, 1983* и мн. др.). Однако, несмотря на сравнительно длительную историю изучения данной проблемы (ее начало можно отнести к 1861 году, когда П. Брока открыл «центр» речевой моторики в левом полушарии головного мозга) и огромное количество современных публикаций по различным ее аспектам (биологическим, морфологическим, физиологическим, экспериментально-психологическим, клиническим, лингвистическим и др.), сколько-нибудь законченной теории, объясняющей функциональную асимметрию больших полушарий и учитывающей действие как генетических, так и социокультурных факторов в ее формировании, пока не существует.

Фактические данные, полученные на разном клиническом и экспериментальном материале, многочисленны и нередко противоречивы. Можно сказать, что накопление фактического материала по данной проблеме явно опережает его теоретическое осмысление.

Анатомическая асимметрия коры мозга человека:

А — Сильвиева борозда, которая определяет верхнюю границу височной доли (1), поднимается более круто в правом полушарии по сравнению с левым; 2 — височная область;
Б — верхняя часть височной доли (1) обычно значительно больше в левом полушарии по сравнению с правым. Эта область в левом полушарии составляет часть зоны Вернике (2), играющей важную роль в мозговой организации речевых процессов (по Н. Гешвинду)



♦ размеры нейронов III и IV слоев в 44-м и 45-м полях в левом полушарии больше, чем в правом;

♦ размеры гигантских пирамидных клеток Беца в V слое 4-го моторного поля в левом полушарии также превышают размеры этих нейронов в правом полушарии (R. C. Truex, M.V. Carhenter, 1964; «Asymmetrical...», 1978 и др.).

Имеются данные о морфологическом различии в организации левого и правого таламусов, а также левого и правого хвостатых ядер. Особенно четкая асимметрия строения наблюдается в ядрах таламуса, связанных с речевыми функциями (например, в заднем латеральном ядре, которое имеет проекции к задней височно-теменной и к нижнетеменной коре).

Таким образом, большинство исследователей убеждены в существовании морфологической основы функциональной асимметрии мозга,

Межполушарные связи:

А — основные межполушарные комиссуры:

1 — мозолистое тело,

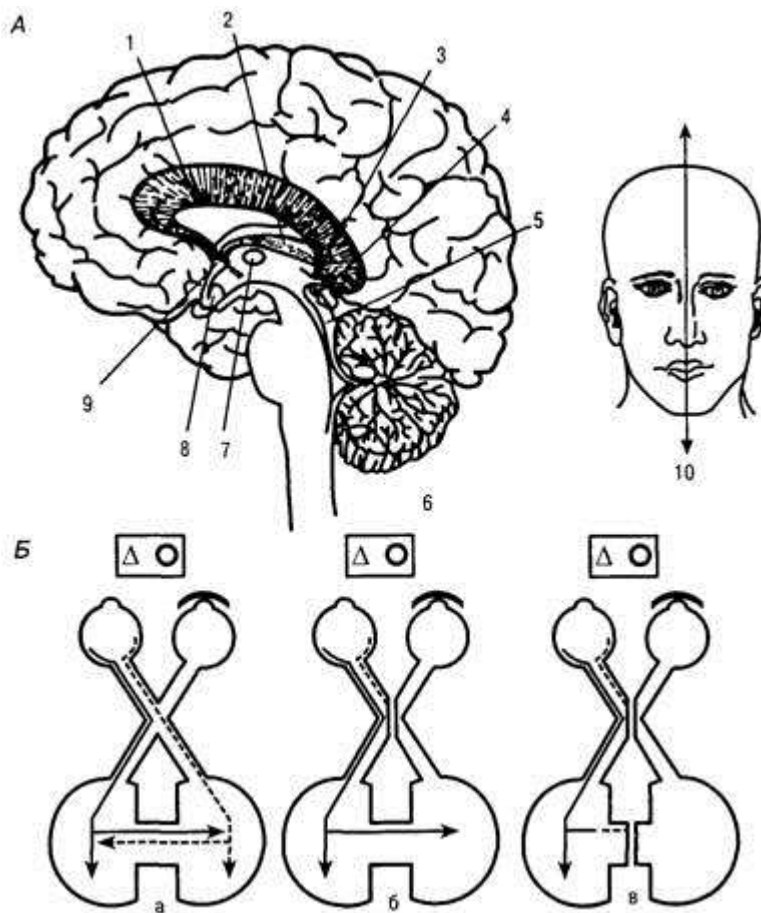
2 — гиппокампальная комиссура, 3 — уздечка, 4 — задняя комиссура, 5 — связи четверохолмия, 6 — мозжечок, 7 — промежуточная масса, 8 — зрительная хиазма, 9 — передняя комиссура, 10 — линия рассечения комиссур мозга (по Р. У. Сперри);

Б — поступление зрительной информации от каждого глаза в оба полушария

в норме (а), нарушение взаимодействия полушарий после рассечения

хиазмы (б); прекращение взаимодействия полушарий после рассечения и других комиссур (в)

(по Д. Брэдшоу и Н. Нетлетону)



Влияние комиссуротомии на рисунок и письмо:

А —

рисование куба до и после комиссуротомии: до операции больной (правша) может рисовать куб каждой рукой, после операции рисование куба правой рукой грубо нарушено (по М. S. Gazzaniga, J. E. Le Doux, 1978);

Б — синдром дисконии-дизграфии и его динамика после пересечения задних отделов мозолистого тела (по Л. И. Московичюте и др., 1982б)

А

Время исполнения	Левая рука	Правая рука
До операции		
После операции		

Б

Левая рука	Время исполнения	Правая рука
<p>ХАЛАТ ШИШКА</p>	До операции	<p>зика</p>



дизграфии. *Особенностью последствий частичной перерезки мозолистого тела являются нарушения межполушарного взаимодействия лишь в одной модальности* (зрительной, тактильной или слуховой). Модально-специфический характер этих нарушений зависит от места и объема перерезки волокон мозолистого тела (передние, средние, задние отделы). Так, при перерезке средне-задних отделов

мозолистого тела возникает *тактильная аномия* в виде нарушения называния стимулов при тактильном восприятии их левой рукой (при сохранности называния тех же объектов при ощупывании их правой рукой), что объясняется разобщением задних отделов больших полушарий. При более каудальной перерезке мозолистого тела нарушения межполушарного взаимодействия проявляются *только в зрительной сфере*, что иногда сочетается с гомонимной гемианопсией — выпадением полей зрения слева (чаще) или справа. Называние объектов, информация о которых поступает в правое полушарие, также невозможно. Больные могут писать только правой, а рисовать — только левой рукой, хотя до операции они могли выполнять эти действия обеими руками. Нарушение взаимодействия *слуховых систем* проявляется в виде невозможности воспроизведения слов, подаваемых в левое ухо (по методике дихотического прослушивания), и наблюдается при повреждении *передних и средних отделов мозолистого тела*. При частичном поражении только передних отделов мозолистого тела нарушается *реципрокная координация движений* и запаздывает время переноса кожно-кинестетической информации слева направо и наоборот — при его оценке по методике, разработанной С. М. Блинковым (1973).

Таким образом, результаты нейропсихологических исследований показали, что *мозолистое тело представляет собой дифференцированную систему, различные участки которой выполняют разные роли в механизмах межполушарного взаимодействия.*

Другой особенностью синдрома частичной перерезки мозолистого тела является *нестойкость появляющихся симптомов*, т. е. сравнительно быстрое восстановление психических функций. Скорость восстановления различных функций неодинакова: сначала восстанавливается вербальная оценка тактильных стимулов, наносимых на левую половину тела, позже исчезают игнорирование левой половины зрительного поля и явления дисконии-дизграфии (Л. И. Московичюте и др., 1982б).

Специальным направлением исследований проблемы межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия являются исследования закономерностей *формирования парной работы полушарий в онтогенезе*, начатые в нашей стране Э. Г. Симерницкой (1985) и ее сотрудниками. Теперь их продолжают Т. В. Ахутина, Н. К. Корсакова, Ю. В. Микадзе, Н. Г. Манелис, А. В. Семенович и другие. В работах Э. Г.

Симерницкой было показано, что функциональная неравнозначность полушарий проявляется уже на самых ранних ступенях онтогенеза. У детей одностороннее поражение левого или правого полушария приводит к различным по характеру расстройствам высших психических функций, как это наблюдается и у взрослых людей. Однако у детей речевые нарушения проявляются менее отчетливо, чем у взрослых, и в наибольшей степени страдают вербально-мнестические процессы. В ходе онтогенеза роль левого полушария в обеспечении речевых функций возрастает по мере изменения психологической структуры самой речевой деятельности (обучение грамоте, письму, чтению). В то же время поражение правого полушария в детском возрасте приводит к более грубым пространственным нарушениям, чем у взрослых. Для детского мозга характерна высокая пластичность, вследствие чего нейропсихологические симптомы поражения левого или правого полушария отчетливо проявляются лишь при быстро развивающихся патологических процессах или непосредственно сразу после поражения. *Иначе протекают у детей и процессы межполушарного взаимодействия: при их нарушении вследствие патологического очага в мозолистом теле полный синдром «расщепленного мозга» не возникает*, что объясняется неразвитостью структур, объединяющих левое и правое полушария. В то же время поражение гипоталамо-диэнцефальной области у детей дает более «богатую» симптоматику, чем у взрослых. Из-за позднего созревания мозолистого тела взаимодействие полушарий у детей происходит иначе, чем у взрослых, при более широком вовлечении экстракаллозальных комиссур.

Изучение закономерностей межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия проводилось и на детях с аутическими расстройствами (Я. Г. Манелис, 2000). Сравнительный анализ процесса формирования высших психических функций у здоровых детей и детей с аутизмом (5-10 лет) показал, что в норме существует определенная последовательность включения различных мозговых структур в общую интегративную деятельность мозга. Функции, связанные с работой правого полушария мозга, формируются раньше, связанные с работой левого — позже. Функции, обеспечиваемые задними мозговыми структурами (особенно правого полушария), формируются раньше, чем функции, обеспечиваемые передними лобными отделами. Таким образом, становление межполушарной асимметрии имеет возрастные особенности и происходит в разных отделах мозга по-разному.

Было показано, что важнейшим этапом формирования межполушарного взаимодействия является установление доминантности правой (или левой) руки, причем взаимодействие полушарий в разных отделах мозга происходит по-разному. У детей с аутизмом наряду с функциональной недостаточностью в работе задних отделов правого полушария и невыраженностью специализации полушарий наблюдается несформированность межполушарного взаимодействия, что и лежит в основе этого заболевания.

У детей с трудностями в обучении (в виде явлений дизлексии-дизграфии и других) также обнаружены нарушения динамики формирования межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия и функциональная недостаточность в работе разных отделов мозга (Я. К. Корсакова и др., 1997; Т. В. Ахутина, 1998; Н. Г. Манелис, 2000 и др.).

Таким образом, как показали нейропсихологические исследования здоровых и больных детей, в ходе онтогенеза изменяются как функциональная специализация полушарий, так и механизмы их взаимодействия. Следовательно, парная работа полушарий формируется под влиянием и генетических, и социальных факторов.

В целом можно констатировать следующее.

1. Проблема межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия в отечественной нейропсихологии разрабатывается с тех же теоретических позиций, что и другие проблемы, и прежде всего — с позиции теории системной динамической мозговой организации (или локализации) высших психических функций.

2. Знания о специфике работы левого и правого полушарий мозга и закономерностях их взаимодействия, полученные с помощью экспериментальных и клинических исследований, подтверждают справедливость основного положения этой теории, согласно которому в осуществлении любой психической функции — как относительно элементарной, так и сложной — принимает участие весь мозг в целом (и левое, и правое полушария), однако разные мозговые структуры и разные полушария выполняют различные роли в ее обеспечении.

3. В дифференцированном участии разных мозговых образований и разных полушарий в реализации психических функций и состоит системный характер мозговой организации психической деятельности. Ни одно из полушарий не может рассматриваться как доминирующее по отношению к какой бы то ни было психической деятельности или функции в целом. Каждое полушарие доминирует лишь по свойственному ему принципу работы, по

тому вкладу, который оно вносит в общую мозговую организацию любой психической деятельности.

А. Р. Лурия считал, что нужно «отказаться от упрощенных представлений, согласно которым одни (речевые) процессы осуществляются только левым (у правшей) полушарием, в то время как другие (неречевые) — только правым полушарием; <...> существует тесное взаимодействие обоих полушарий, причем роль каждого из них может меняться в зависимости от задачи, на решение которой направлена психическая