

# ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

## Общая физиология сенсорных систем

### Органы чувств

*зрение, слух, обоняние, осязание, вкус.*

### Анализатор

совокупность образований, участвующих в обеспечении разложения и анализа в нервной системе раздражителей, воздействующих на организм.

- *периферические* воспринимающие приборы (рецепторный отдел);
- *проводниковый отдел* - проводящие пути и центры ствола мозга;
- *корковый отдел* - участки (области) коры головного мозга, куда проецируется импульсация.

*(болевого, вестибулярный, вкусовой, двигательный, зрительный, интероцептивный, кожный, обонятельный, проприоцептивный, слуховой, температурный, пространственный, речедвигательный, речеслуховой);*

# Сенсорная система

совокупность определенных структур ЦНС, связанных нервными путями с рецепторным аппаратом и друг с другом, функцией которых является анализ раздражителей одной физической природы, который завершается кодированием внешнего сигнала.

*(зрительная, слуховая, вестибулярная, обонятельная, вкусовая, тактильная и проприоцептивная)*

## Основные понятия

- *модальность*- совокупность сходных сенсорных ощущений, обеспечиваемых активацией определенной сенсорной системы;
  - *субмодальности (качества, валентности)*.
- *интенсивность (количество)* сенсорного ощущения;

# Общие принципы организации сенсорных систем

1. *Многослойность (многоэтажность);*
2. *Многоканальность;*
3. *Сенсорные воронки (принцип дивергенции и конвергенции);*
4. *Принцип положительной и отрицательной обратной связи;*
5. *Принцип двухсторонней симметрии;*
6. *Дифференциация анализаторов по вертикали и горизонтали;*

# Адаптация анализаторов

приспособление всех звеньев анализаторов к постоянной интенсивности длительно действующего раздражителя

## Дорецепторный уровень

(рефлекторная реакция зрачка и хрусталика, сокращение мышц среднего уха, поворот глаз и головы в сторону раздражителя и т.д.).

## Рецепторный уровень (функциональная мобильность рецепторов).

### Снижение возбудимости рецепторов.

- кальциевый механизм: повышение концентрации  $Ca^{2+}$  в рецепторе активирует  $Ca^{2+}$ -зависимые  $K^{+}$ -каналы, что препятствует фазе деполяризации и усиливает фазу реполяризации рецепторного потенциала.
- фосфорилирование рецепторных молекул, которые утрачивают свойство активировать G-белки и запускать каскад реакций, приводящих к формированию РП (например, родопсина при действии света, обонятельных молекул при действии цАМФ-зависимой протеинкиназы А).
- инактивация  $K^{+}$ -каналов в зоне перехода рецепторного потенциала в потенциал действия (ПД).

### Повышение возбудимости рецепторов.

- увеличение количества функционирующих рецепторных молекул: их активация (например, молекул родопсина в темноте) и увеличение их синтеза.
- активация ионных каналов в результате увеличения температуры в области рецепторов (в связи с местным увеличением кровотока).

### Адаптационные процессы на уровне проводникового отдела

- эфферентные тормозящие и возбуждающие влияния на рецепторы от центров переключения в проводниковом отделе (напр., от нейронов верхней оливы на слуховые рецепторы, формирование полей колбочек с on- и off-центрами ганглиозными и таламическими нейронами);
- «воротный» контроль проведения болевой импульсации в задних рогах спинного мозга.

## Адаптационные процессы на корковом уровне

- изменение возбудимости корковых сенсорных зон (влияние ретикулярной формации, лимбической системы и охранительного торможения);
- возбуждающее и тормозное влияния сенсорной коры на центры переключения афферентной импульсации в таламусе, среднем и продолговатом мозге.

# РЕЦЕПТОРНЫЙ ОТДЕЛ

## Рецептор

(*recipio, receptum* - брать, принимать)

высокоспециализированное образование, способное воспринять, трансформировать и передать энергию внешнего стимула в нервную систему

## Свойства рецепторов

1. **Специфичность** (избирательная чувствительность) — способность воспринимать определенный, т. е. адекватный данному рецептору, раздражитель.
2. **Высокая чувствительность** — способность реагировать на очень малые по интенсивности параметры адекватного раздражителя.
3. Способность к **ритмической генерации** импульсов возбуждения в ответ на однократное действие раздражителя.

4. **Способность к адаптации** — способность приспосабливаться («привыкать») к постоянно действующему стимулу.

5. **Низкая способность к аккомодации.**

6. **Специализация рецепторов** к определенным параметрам адекватного раздражителя.

7. **Способность к элементарному первичному анализу.**

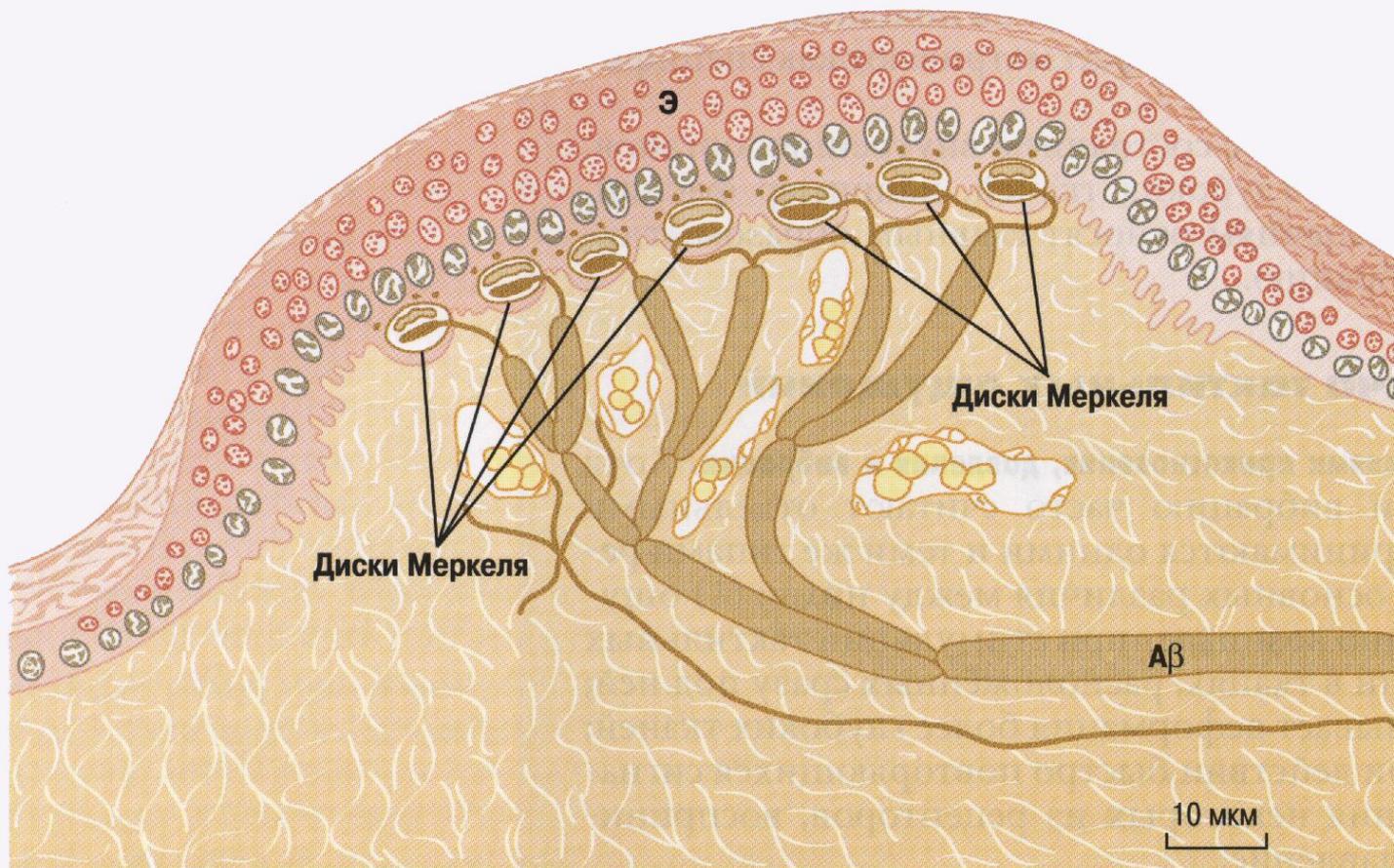
8. **Кодирование информации.** Информация о действии раздражителей, имеющих разнообразную природу, преобразуется рецепторами в универсальные для мозга сигналы — нервные импульсы.

9. Ряд рецепторов (волосковые механорецепторы, хеморецепторы и т.д.) характеризуются наличием **фоновой (спонтанной) активности**, которая обеспечивает высокую чувствительность и определение изменения направления действия стимула в сторону увеличения или уменьшения (например силы действующего раздражителя).

10. Для многих рецепторов характерна **направленная чувствительность**

# Классификация рецепторов

- 1) по **природе** внешнего раздражителя (*фото, фоно, баро, термо, электро* и т.д.)
- 2) по **расположению** (*экстеро-,интеро-, проприо ...*);
- 3) по **эффекту их стимуляции** (*ноцицепторы, тепловые, холодовые, тактильные, давления...*);
- 4) по **числу воспринимаемых раздражителей** (*моно- и поливалентные*);
- 5) по **воспринимаемой модальности** (*мономодальные; полимодальные*);
- 6) **психофизиологическая** (*зрительные, слуховые, обонятельные, вкусовые, тактильные*);
- 7) от **расстояния** - *дистантные и контактные*;
- 8) по **месту возникновения и протекания электрических процессов** - *первично - и вторично чувствующие*;
- 9) по **особенностям протекания электрических процессов** - (*фазические, тонические и фазно-тонические*);
- 10) *центральные и периферические.*



Рецептор купола Игго. Видно большое количество дисков Меркеля, связанных с одним толстым миелинизированным нервным волокном (Аβ) и тесно прилегающих к нижней поверхности эпителия (Э)

# Механизм формирования возбуждения в рецепторе

## *Первичночувствующие рецепторы*

1. Специфическое взаимодействие раздражителя с мембраной рецептора на молекулярном уровне;
2. Возникновение рецепторного потенциала в месте взаимодействия стимула и рецептора (в результате изменения ионной проницаемости мембраны);
3. Электротоническое распространение рецепторного потенциала к аксону сенсорного нейрона;
4. Генерация ПД;
5. Проведение ПД по нервному волокну в ортодромном направлении.

## *Вторичночувствующие рецепторы*

- 1,2 и 3 этапы такие же.
4. Выделение медиатора в синаптическую щель.
  5. Возникновение генераторного потенциала на постсинаптической мембране нервного волокна (т.е. ВПСП).
  6. Распространение электротонического генераторного потенциала по нервному волокну.
  7. Генерация ПД электрогенными участками нервного волокна.
  8. Распространение ПД в ортодромном направлении.

# Функциональная мобильность

(П.Г. Снякин)

явление изменяющейся возбудимости рецепторных образований

Число рецепторов, активно воспринимающих раздражение, постоянно изменяется. При этом возбудимый рецептор может стать невозбудимым и наоборот.

Уровень функциональной мобильности (т.е. количество рецепторов, способных воспринимать в данный момент адекватный раздражитель) зависит от:

- качества раздражителя

- длительности его воздействия на рецептор

- находился ли данный рецептор перед воздействием стимула в состоянии покоя или относительно длительное время был

возбужден.

## Рецептивная зона

область сосредоточения рецепторов, принадлежащих определенной сенсорной системе, представленная совокупностью рецепторных, опорных и вспомогательных элементов (например, сетчатка, кортиева орган и т.д.).

Плотность рецепторов в рецепторной зоне неодинакова, поэтому где выше плотность, там ниже пороги, а область представительства этих участков в центральных отделах сенсорной системы наибольшая и информационно такие участки оказываются наиболее важными для восприятия стимулов.

# ПРОВОДНИКОВЫЙ ОТДЕЛ АНАЛИЗАТОРОВ

(афферентные пути и подкорковые центры)

## Основные функции проводникового отдела

1. анализ и передача информации
2. осуществление рефлексов
3. межанализаторное взаимодействие

## Свойства проводникового отдела анализаторов

1. От каждого рецептора, идет строго локализованный специфический сенсорный путь (эти пути, как правило, передают сигналы от рецепторов одного типа).
2. От каждого специфического сенсорного пути отходят коллатерали к ретикулярной формации головного мозга (РФ – место конвергенции специфических путей, формирования мультимодальных или неспецифических путей, место межанализаторного взаимодействия)

3. Многоканальность проведения возбуждения от рецепторов к коре (специфические и неспецифические пути), что обеспечивает надежность передачи информации.

4. При передаче возбуждения происходит многократное переключение возбуждения на различных уровнях ЦНС.

Выделяют три основных переключающих уровня:

- спинальный или стволочной (продолговатый мозг);

- зрительный бугор;

- соответствующая проекционная зона коры головного мозга.

Вместе с тем, в пределах сенсорных путей существуют афферентные каналы срочной передачи информации (без переключения) в высшие мозговые центры.

5. Кроме специфических и неспецифических путей существуют так называемые ассоциативные таламо-кортикальные пути, связанные с ассоциативными областями коры больших полушарий (с деятельностью таламо-кортикальных ассоциативных систем связана межсенсорная оценка биологической значимости стимула и др.).

## Принцип меченой линии

специфичность нервных путей способствует развитию ощущений только одной модальности

(Тип ощущения, испытываемого при стимуляции нервного волокна, определяется тем участком нервной системы, к которому от него приходит возбуждение).

Например, если стимулируется болевое волокно, человек чувствует боль независимо от того, стимул какого типа (механический, химический, термический, электрический и т.д.) возбуждает волокно.

Волокна от сетчатки оканчиваются в зрительных областях, слуховые пути в слуховой коре и не зависимо какой стимул будет действовать, у нас будет ощущение света, звука и т.д.

# КОРКОВЫЙ ОТДЕЛ АНАЛИЗАТОРОВ

центральная часть (высокодифференцированные в функциональном отношении нейроны, которые осуществляют высший анализ и синтез информации)

окружающая ассоциативная зона (менее дифференцированные нейроны, способные к выполнению простейших функций)

## Первичные области

черпают основную часть информации от проекционных ядер таламуса (коленчатых тел и вентробазального комплекса)

характерно топическое представительство, осуществляют анализ физических характеристик сенсорного раздражителя

получают информацию одной модальности, но не обеспечивают полностью интегративной функции восприятия сенсорной информации.

## *Вторичные области*

получают информацию от ассоциативных ядер таламуса

обрабатывается информация о биологической значимости  
стимула

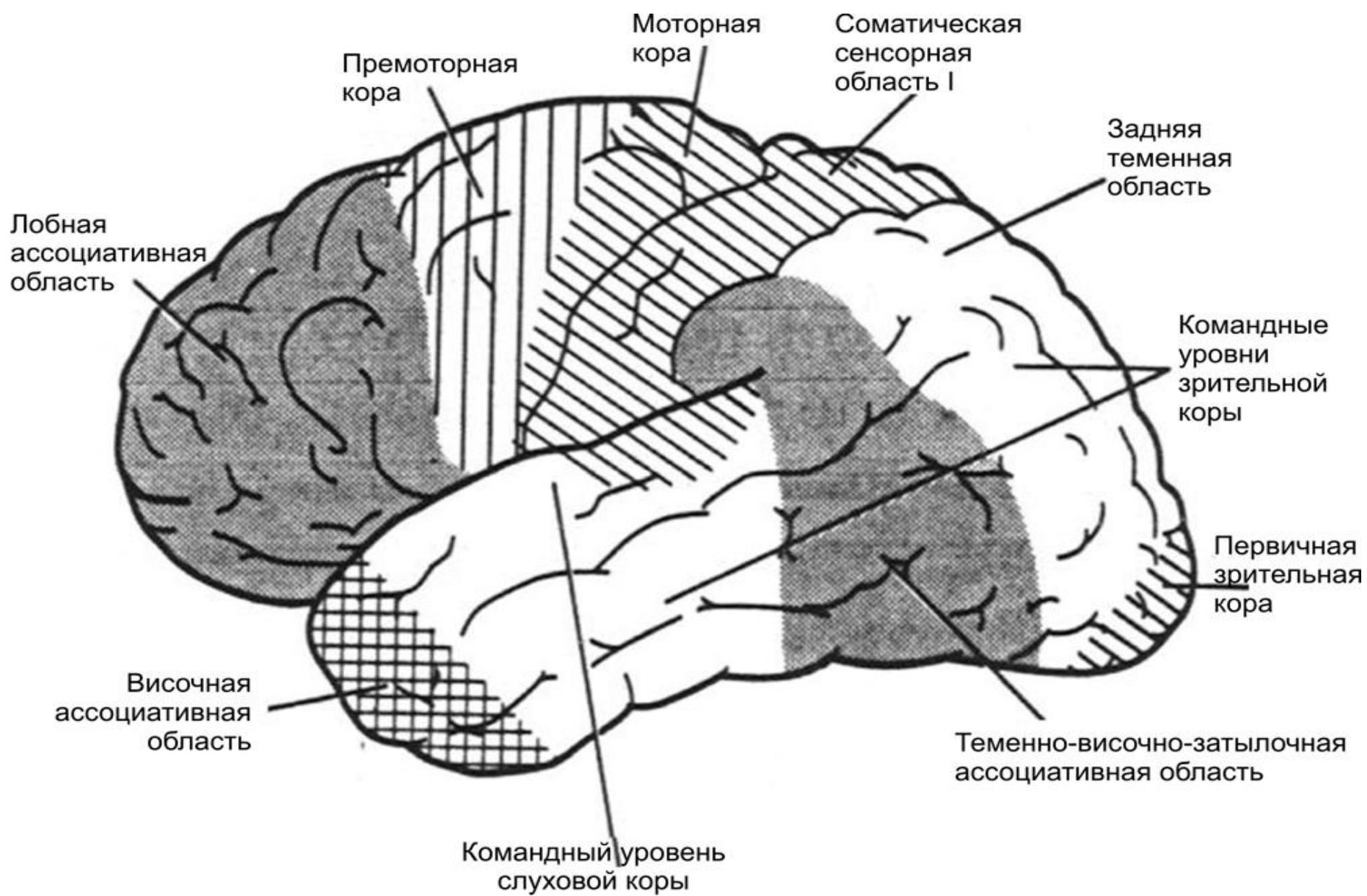
выполняют интегративную функцию

## *Третичные зоны (ассоциативные)*

связаны с нижележащими структурами через многонейронные пути, включающие в себя структуры ретикулярной формации, образования лимбической системы, неспецифические таламические ядра и др.

выполняют интегративную функцию

представлены во всех отделах коры головного мозга, выполняют объединяющую роль, создают основу для динамического взаимодействия всех сенсорных систем



Кора больших полушарий. Показаны первичные сенсорная и моторная области и ассоциативные области

## Ассоциативные зоны (третичные)

- *теменная ассоциативная область* - выполняет функции интеграции зрительной, слуховой и соматосенсорной модальностей;
- *нижневисочная ассоциативная область* - выполняет функции интеграции зрительного и слухового восприятия;
- *лобная ассоциативная область* - интегрирует информацию, поступающую не только из проекционных областей и теменной ассоциативной зоны, но также из гипоталамуса и некоторых подкорковых ядер, имеет тесные связи с моторной корой и другими областями мозга (у человека, вероятно, в лобной коре происходит анализ всей совокупности действующих на организм разномодальных раздражителей, и на этой основе формируется программа адекватного поведения в конкретной ситуации).

# Сенсорные системы – пути с двух сторонним движением информации

Нисходящие влияния проявляются в виде функциональных воздействий:

- нисходящее торможение повышает порог синаптической передачи (например, подавление непрерывной стимуляции от одежды);
- при повышении порога синаптической передачи уменьшается размер рецептивного поля центрального нейрона;
- изменение модальности нейрона, на котором конвергируют разные виды афферентов (тормозятся механорецепторы, но не рецепторы боли или кожи, но не мышечные афференты);
- снижение чувствительности передачи афферентной информации (т.е. контроль чувствительности) например, снижение частоты разрядов нейронов спинного мозга под воздействием стимулов от среднего мозга.

ЦНС участвует в восприятии периферической информации не пассивно, а активно и разными способами изменяет, контролирует и фильтрует поток информации.

## *Взаимодействие сенсорных систем*

осуществляется на спинальном, ретикулярном, таламическом и корковом уровне

Особенно широка интеграция сигналов в ретикулярной формации.

В коре мозга происходит интеграция сигналов высшего порядка. Межсенсорное (кросс-модальное) взаимодействие на корковом уровне создает условия для формирования «схемы мира» (или «карты мира») и непрерывной увязки, координации с ней собственной «схемы тела» данного организма.

Способность сенсорных систем взаимодействовать между собой обеспечивает образное и целостное представление о предметах внешнего мира

## Голографический принцип

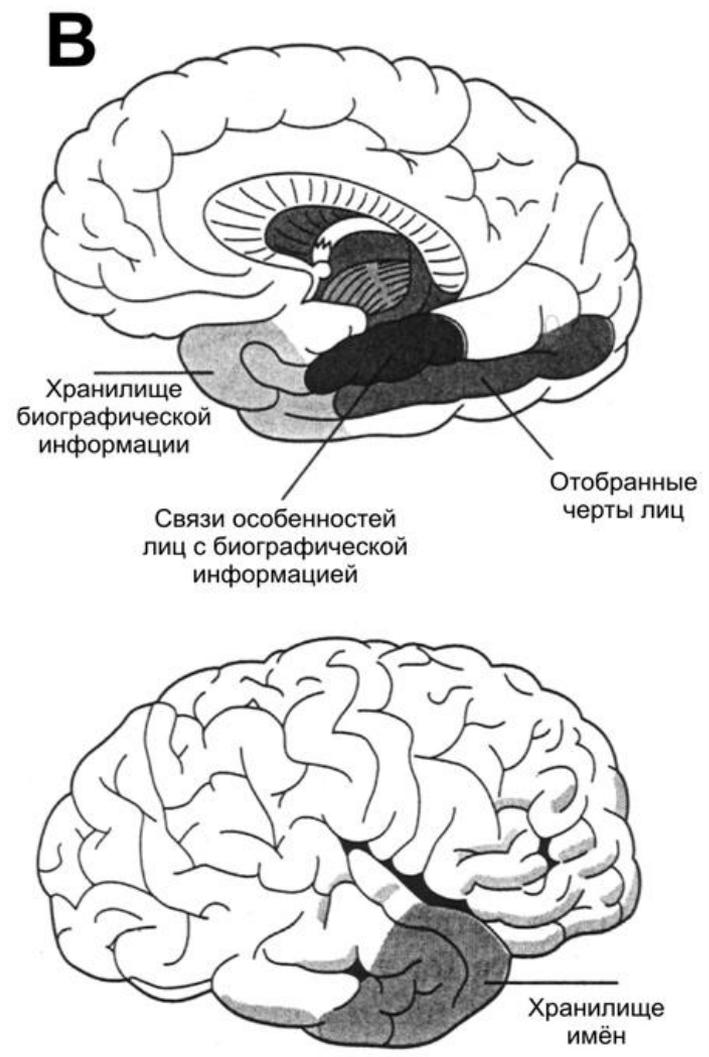
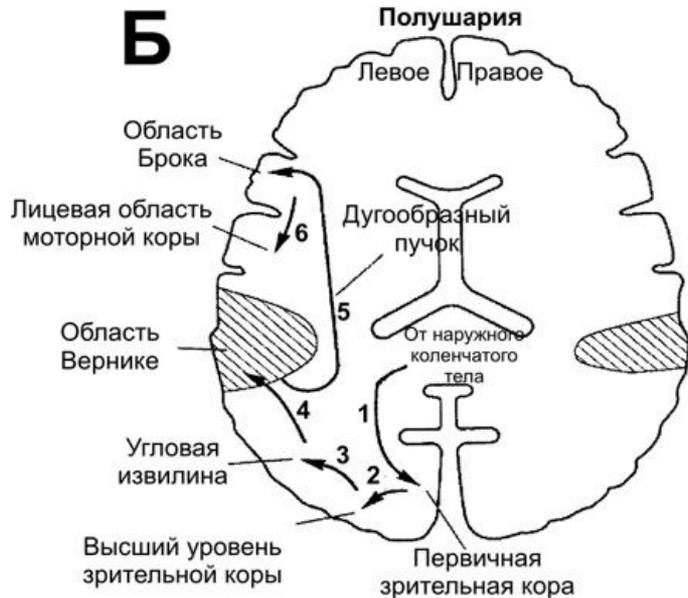
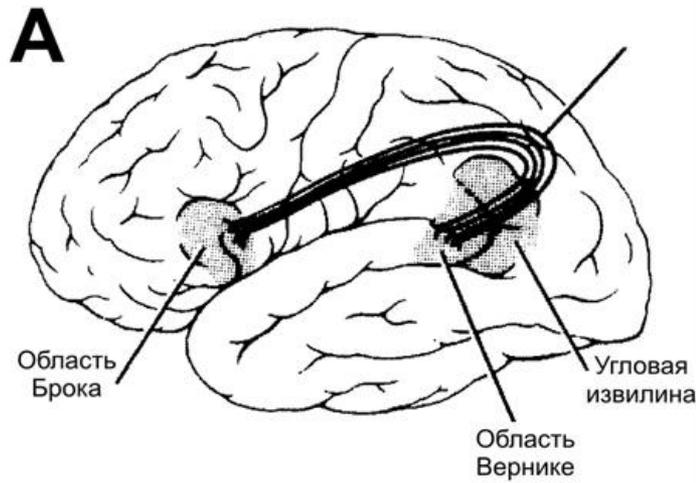
один из вероятных механизмов работы мозга (К. Прибрам, 1970).

По мнению Прибрама человеческий мозг функционирует по принципу голограммы. Сигналы, исходящие от частиц, из которых состоит окружающая нас материя, проецируются на все точки мозга. А уже сам мозг, учитывая частоты воспринимаемых волн, математически воссоздает на основе интерференционной картины «конкретную реальность». При этом, как и в голограмме, полная информация представлена в каждой точке мозга.

Кроме этого, Прибрам полагает, что сама Вселенная голографична, и наш мозг просто создает голограмму, которая отражает

Вселенную;

т.о. каждый человеческий мозг является элементом большой голограммы, имеющей доступ ко всей информации.



Некоторые функции коры мозга. **А.** Области левого полушария, имеющие отношение к функции речи. **Б.** Пути движения импульсов при назывании видимого объекта (горизонтальное сечение мозга). **В.** Области правого полушария правши, имеющие отношение к распознаванию лица.



Практически каждый фрагмент портрета представляет собой часть, не имеющую смыслового эквивалента. Восприятие лица основано на правильном отображении в пространственных соотношениях множества фрагментов. Джузеппе Арчимбольдо «Библиотекарь» (1566 г).