

Сенсорные системы

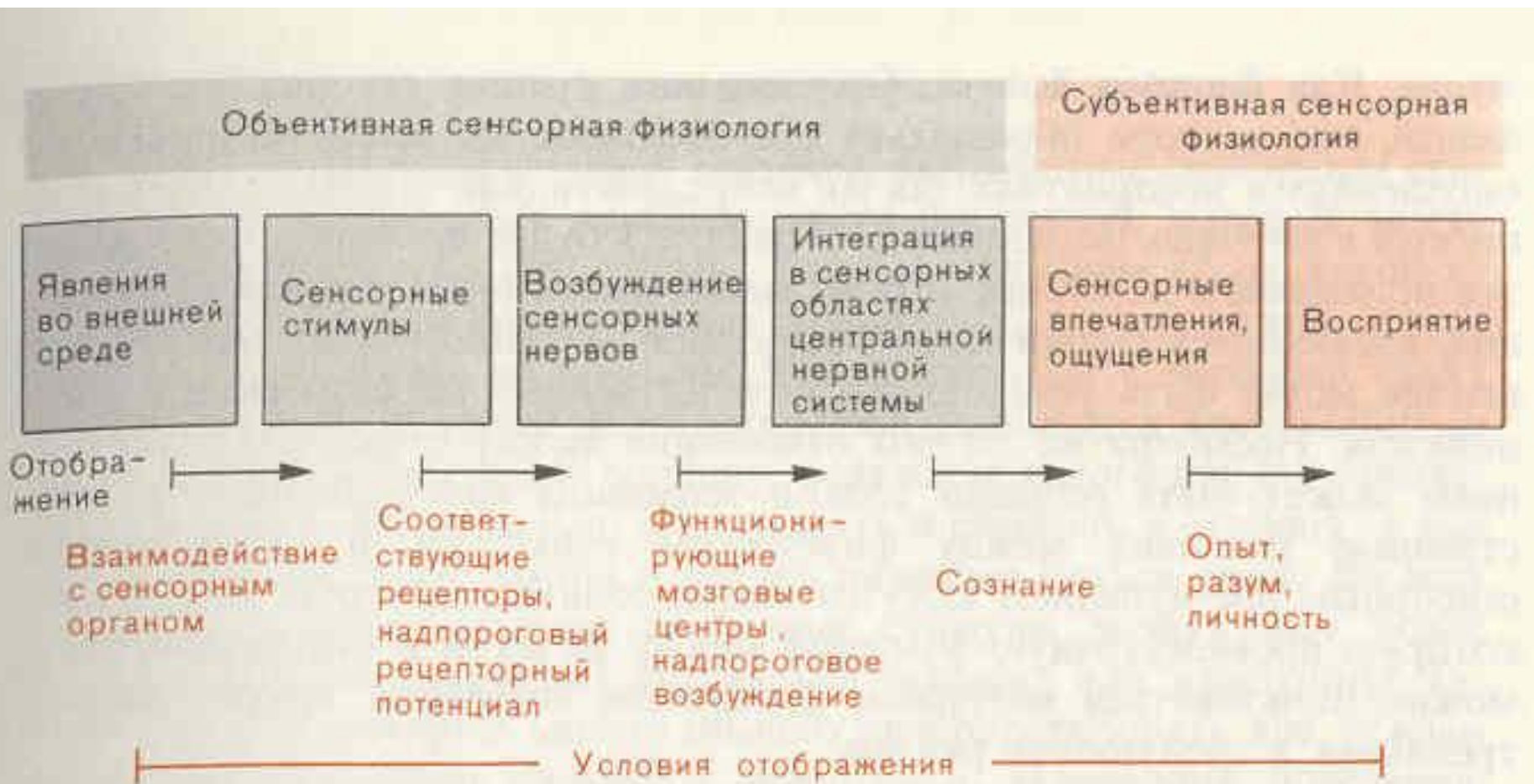
Лектор – доцент кафедры
физиологии человека и животных И.
В. Соболева

2016 г.



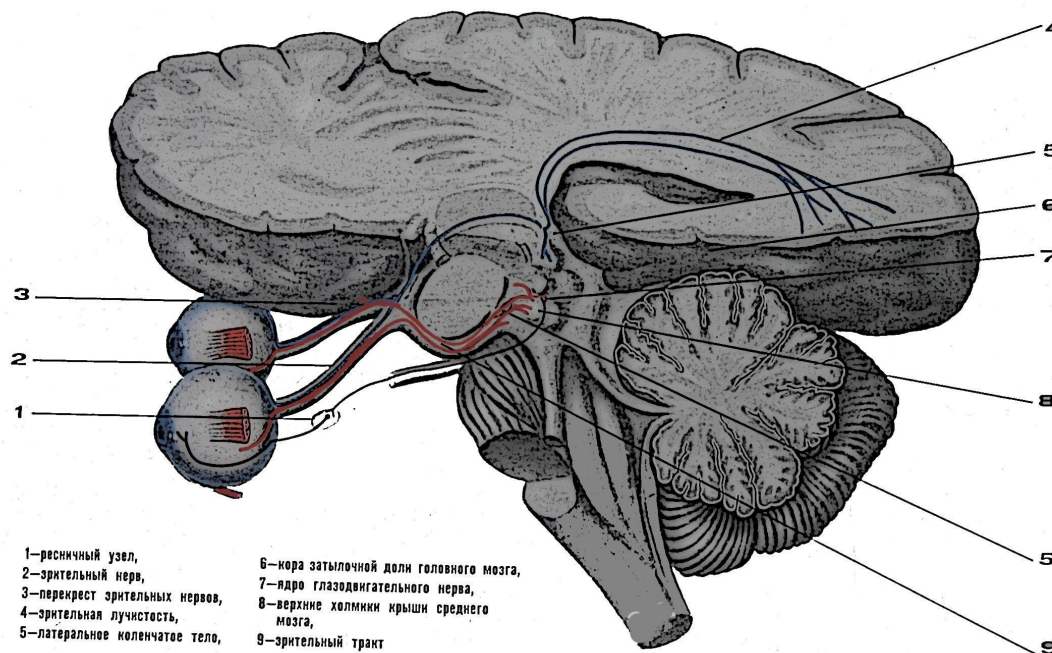
Понятие сенсорной системы:

Сенсорная система — это совокупность специфических нервных образований, обеспечивающих отражение физических характеристик сенсорных стимулов, необходимых для формирования эффекторных реакций.



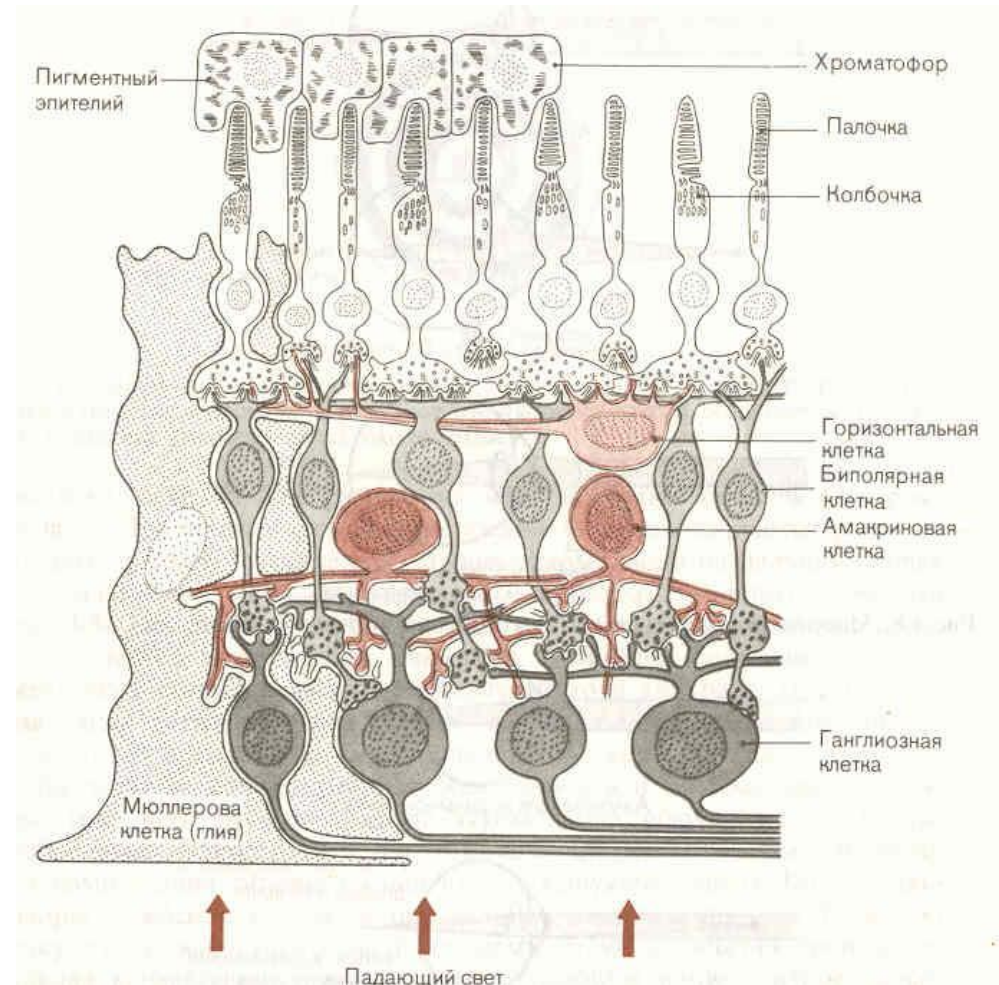
Анализатор (по И.П. Павлову) -

- Периферический отдел (органы чувств)
- Проводниковый отдел
- Корковый отдел



Принципы строения сенсорных систем

- **Многослойность**
- **Многоканальность**
- **Воронка** (рецептивное поле)
- **Обратные связи**
- **Дифференциация по горизонтали**
(св-ва рецепторов)
- **Дифференциация по вертикали**
(сетчатка, ВБЧ, НКТ, кора)



Свойства сенсорных раздражителей

- **Модальность** (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус, температурная, болевая, чувство равновесия, интероцепция)
- **Качество** (цвет, яркость, контраст и т.п.)
- **Интенсивность**
- **Пространственно-временные характеристики**

Анализ интенсивности

Абсолютные и дифференциальные пороги

Закон Вебера-Фехнера

Диф.порог

----- = const

Абсол.порог

$$E = a \log J + b$$

Классификация рецепторов

- первичночувствующие (обонятельные, болевые) и
- вторичночувствующие рецепторы

Закон специфической энергии органов чувств
Мюллера

Специфичность рецепторов

- механорецепторы
- терморецепторы
- хеморецепторы
- фоторецепторы

Кодирование информации

- это установление соответствия между параметрами стимула и характеристиками ответной реакции системы

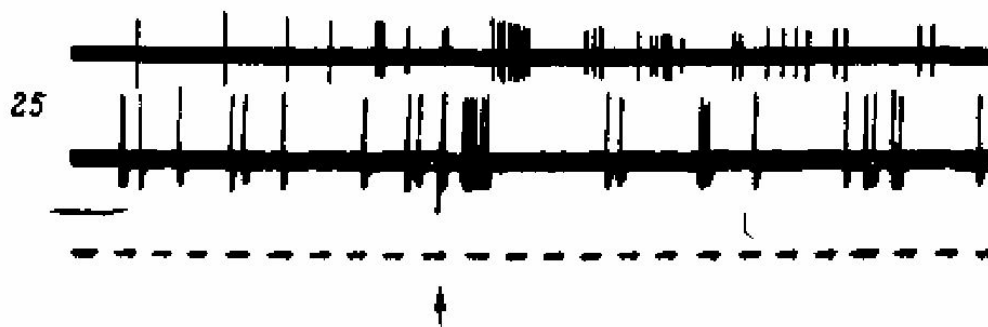
Виды кодирования –

- Частотное
- пространственное

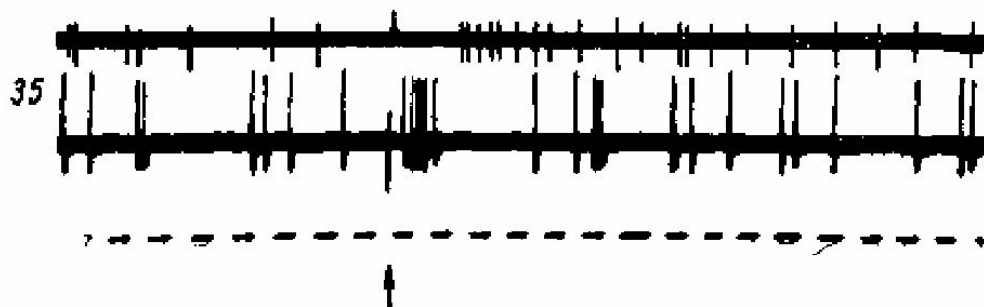
Временное кодирование



Частотный код

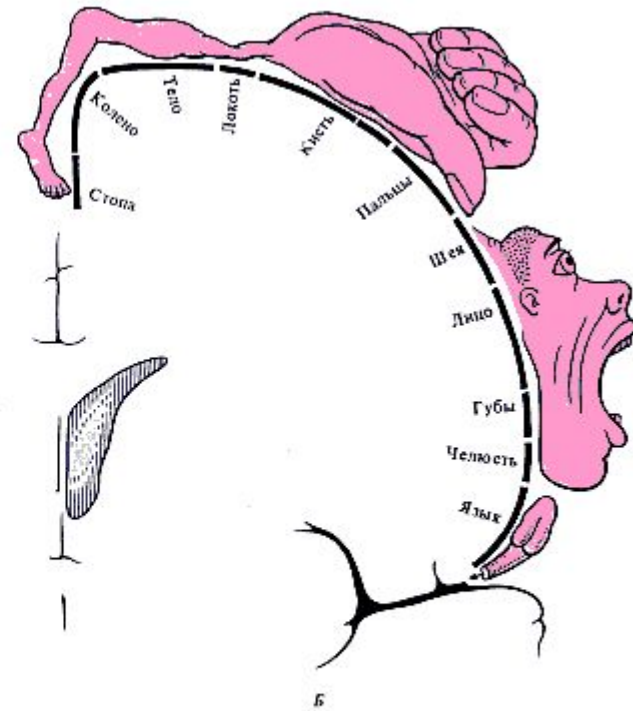
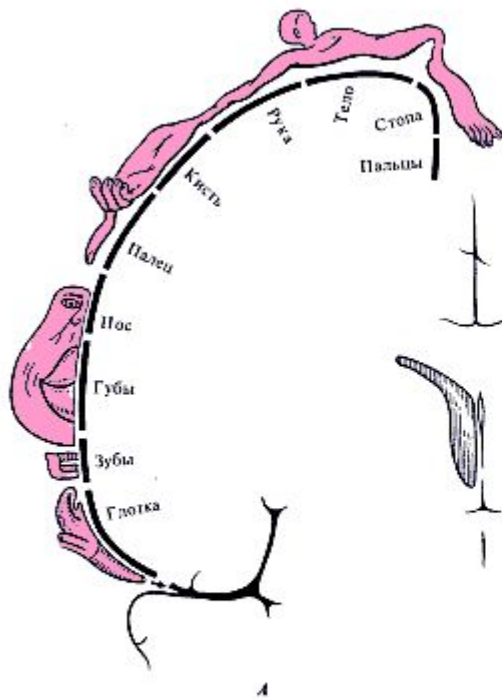


Интервальные коды



Пространственное кодирование

Соматотопическая организация коры



286

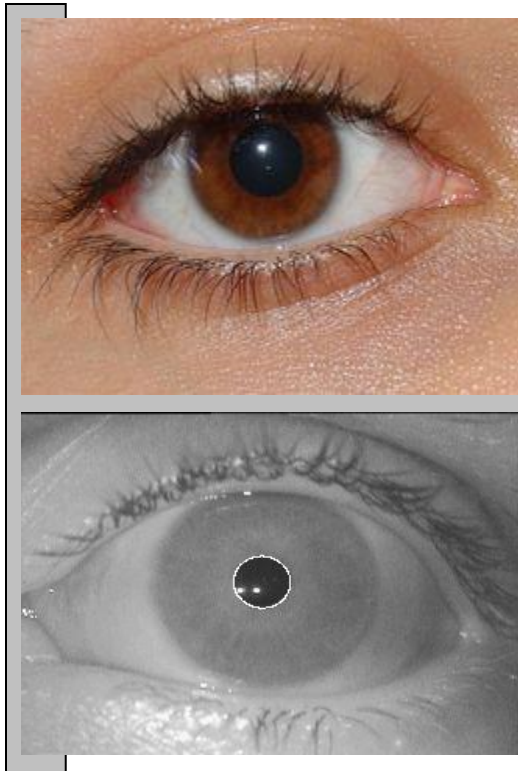
Рис. 286. Представительство чувствительных функций в задней центральной извилине (А) и двигательных функций в передней центральной извилине (Б). Части тела гомошукулюса соответствуют локализации данных функций в коре (по У. Пенфилду, 1956)

Методы исследования СС

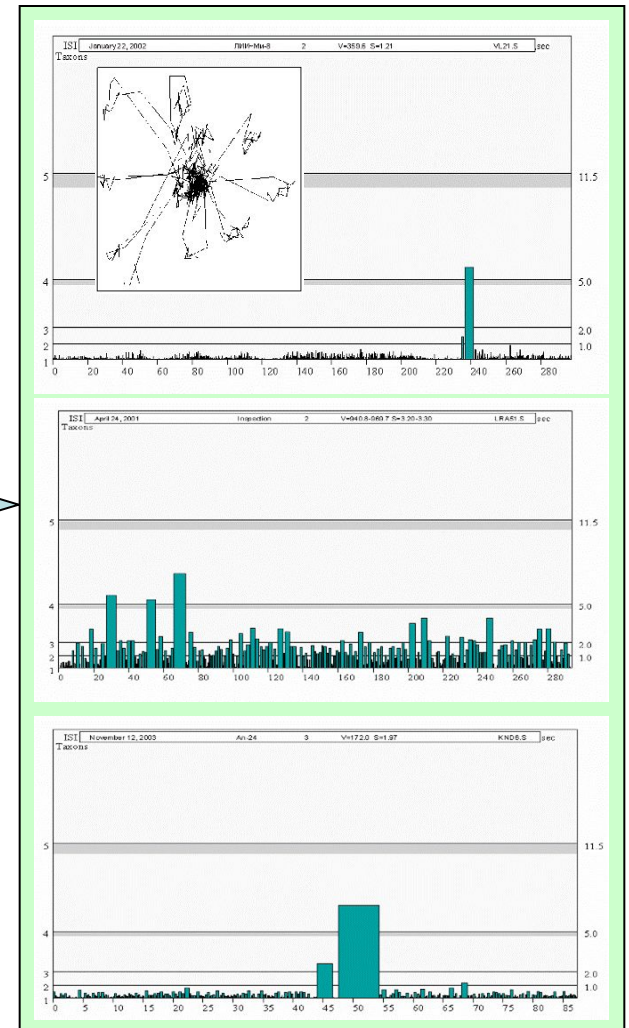
- Клинические
- Психофизиологические
- Условнорефлекторные
- Экспериментальные
- Электрофизиологические

Зрительная система

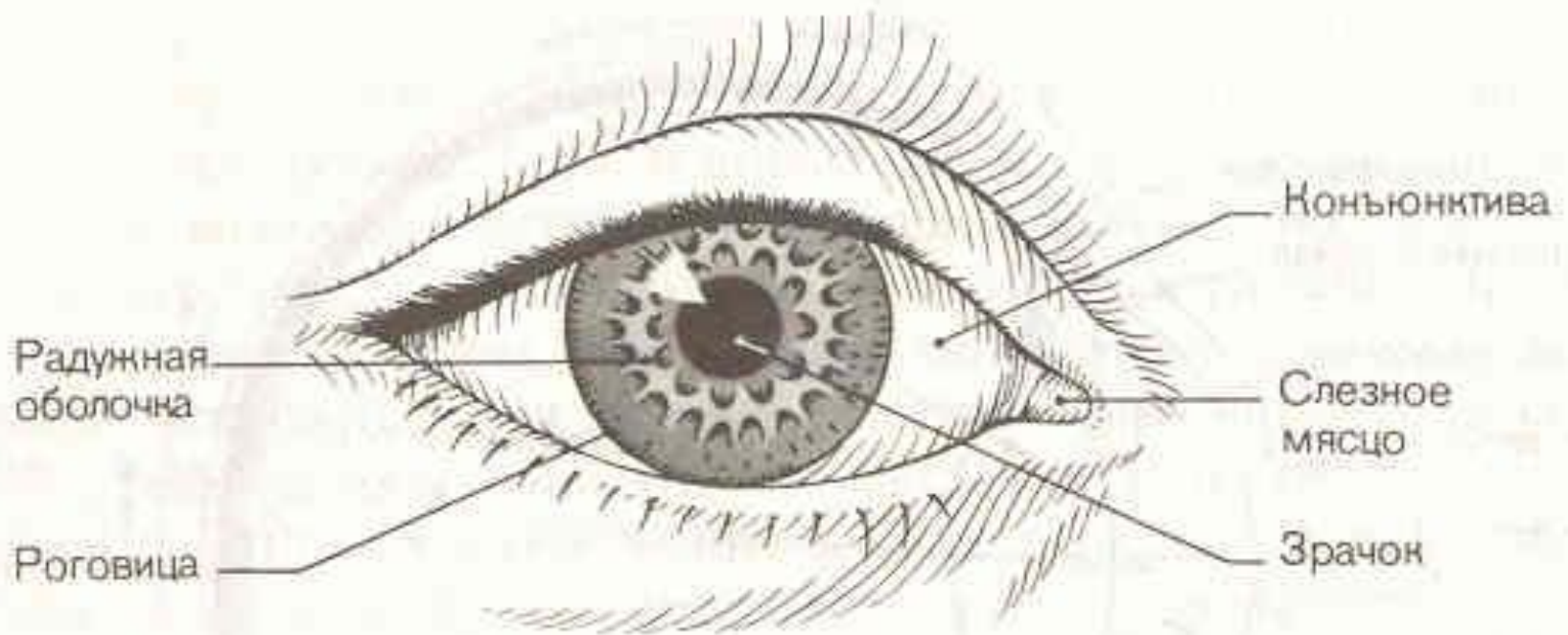
Регистрация
движений глазного
яблока



Анализ динамики
движения глаз.
Формирование
сигналов управления



Зрительная система (периферический отдел)



Зрительная система (анализатор)

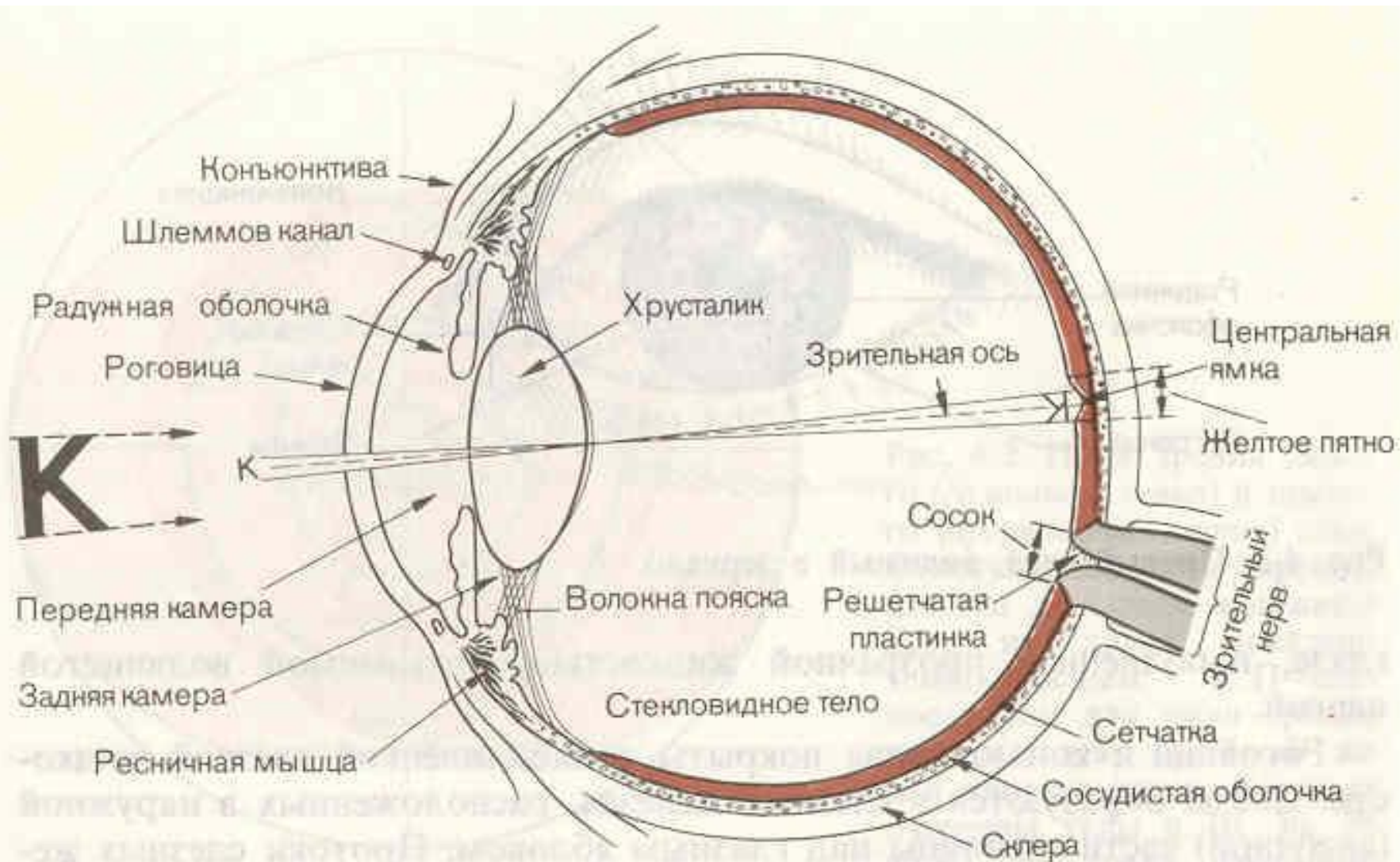
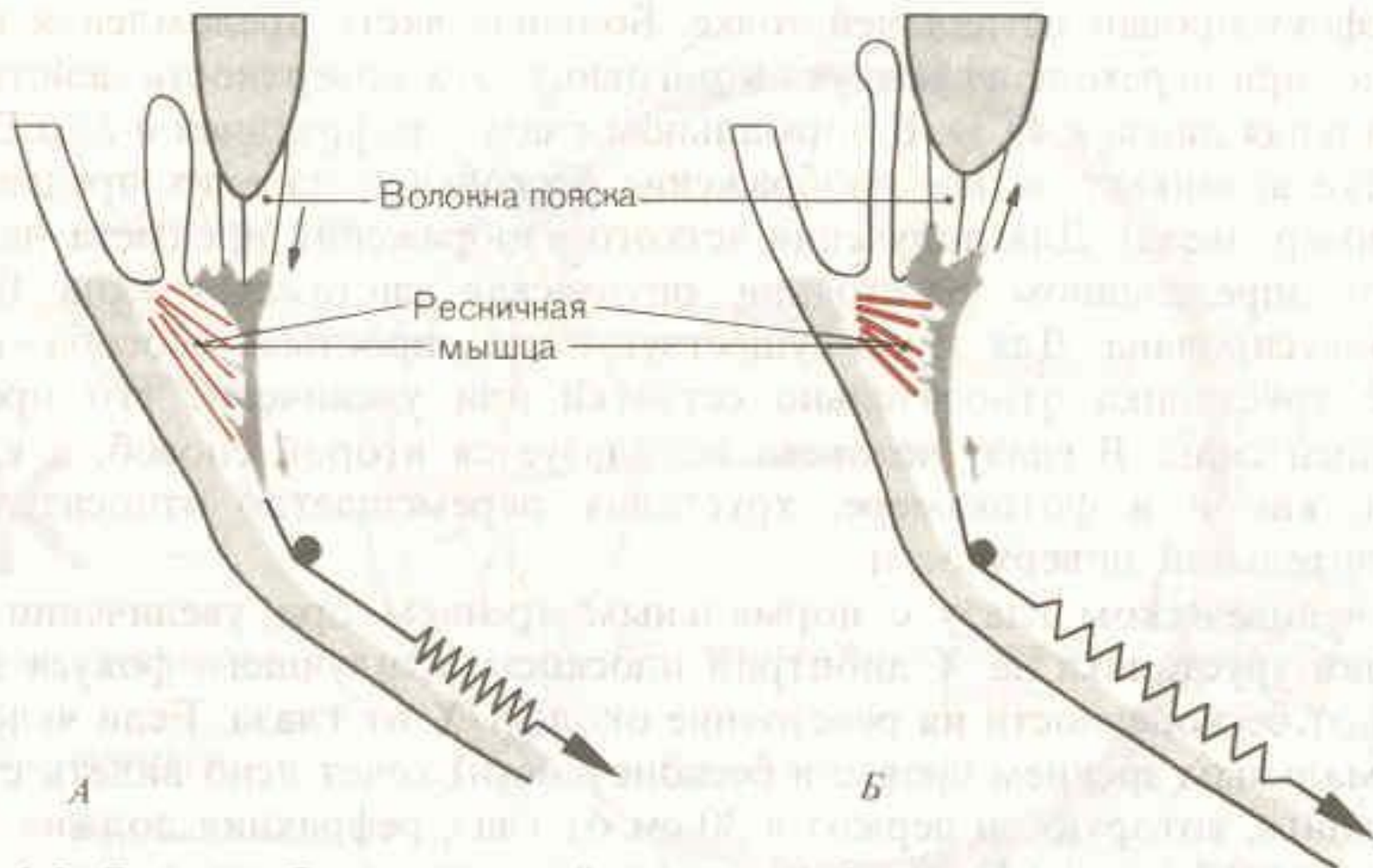
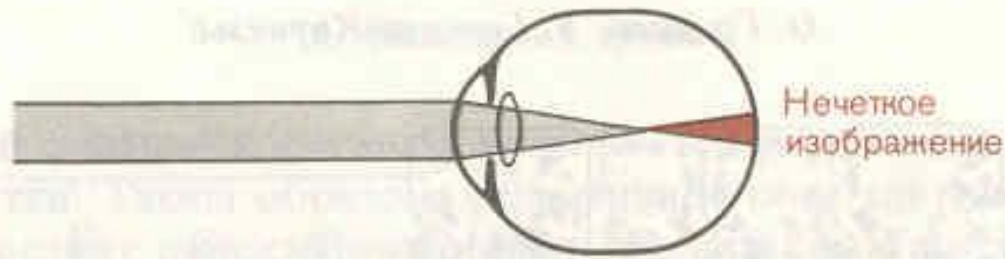


Рис. 4-4. Горизонтальный разрез правого глаза.

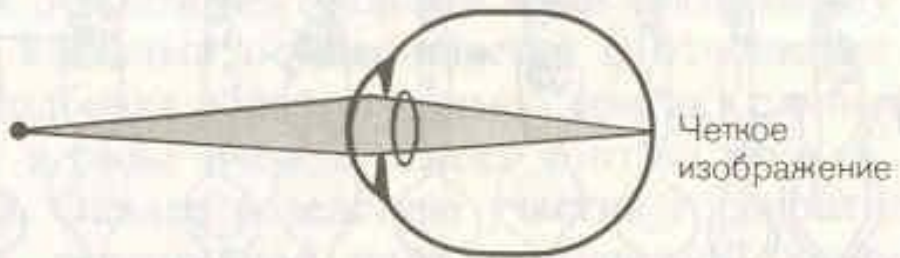
Зрительная система (анализатор)



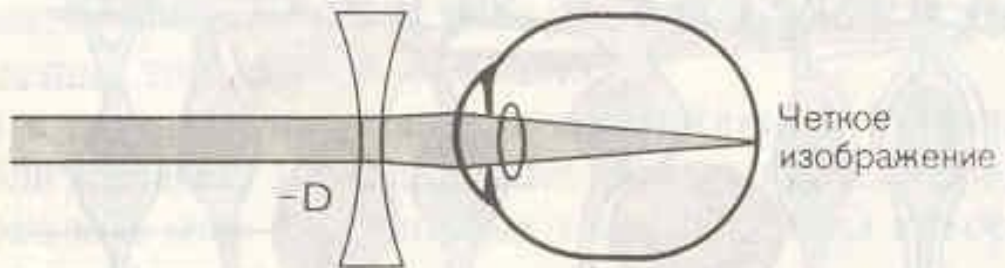
Зрительная система (анализатор)



Анкомодация на дальнюю точку



Анкомодация на ближнюю точку



Анкомодация на дальнюю точку
с помощью корректирующей линзы

Рис. 4-8. Миопия (близорукость) и ее коррекция вогнутой линзой.

Зрительная система (анализатор)

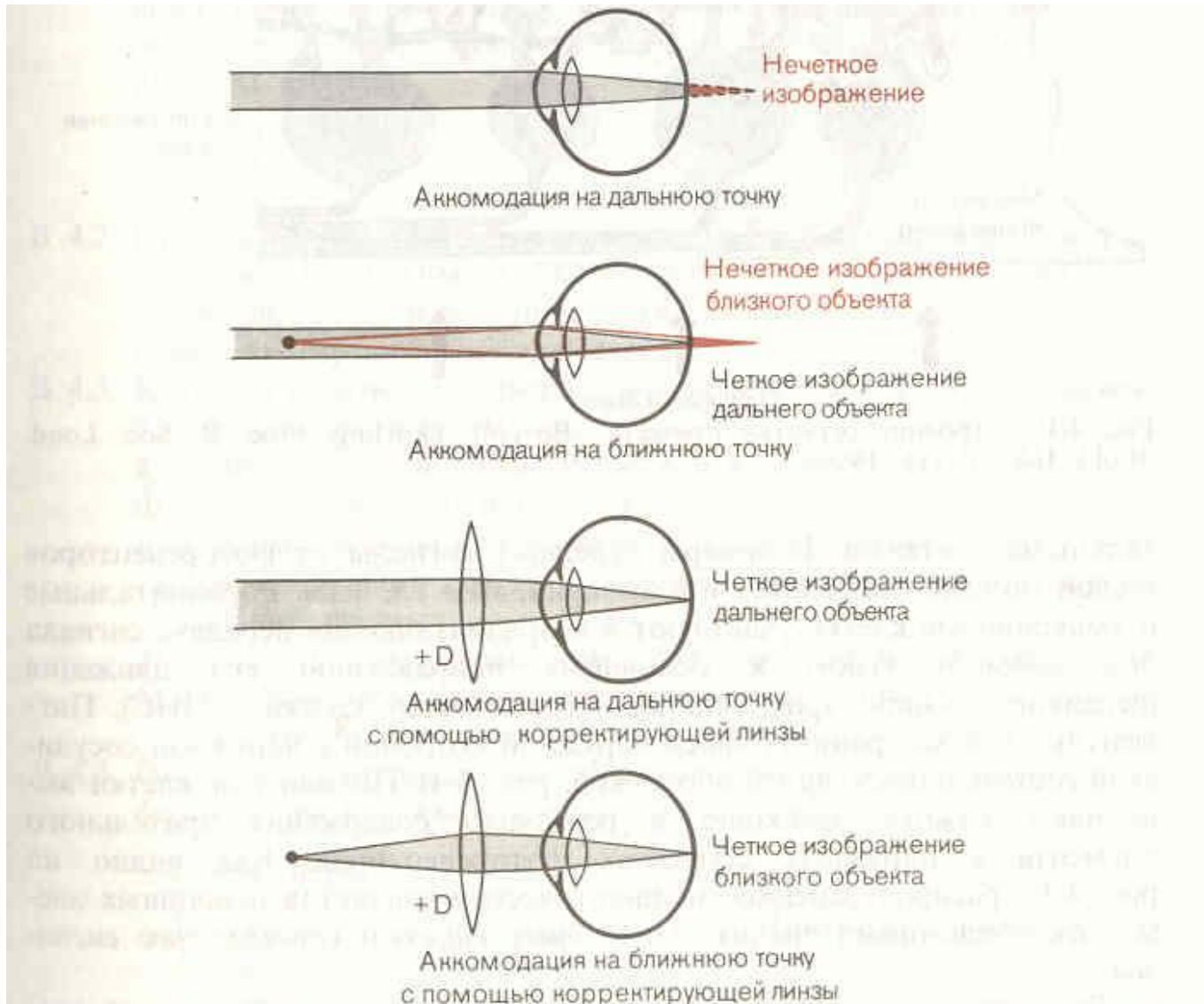
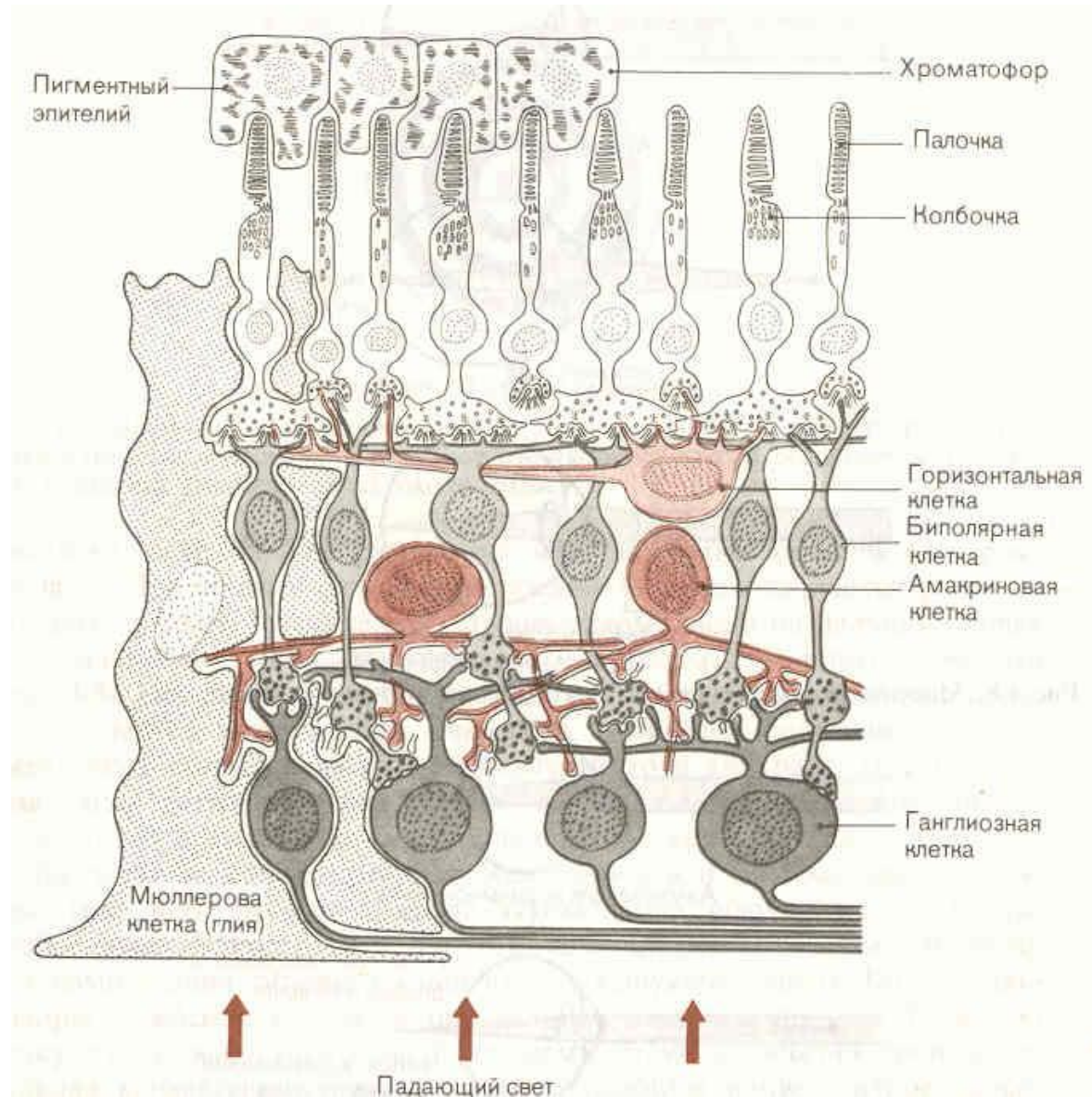
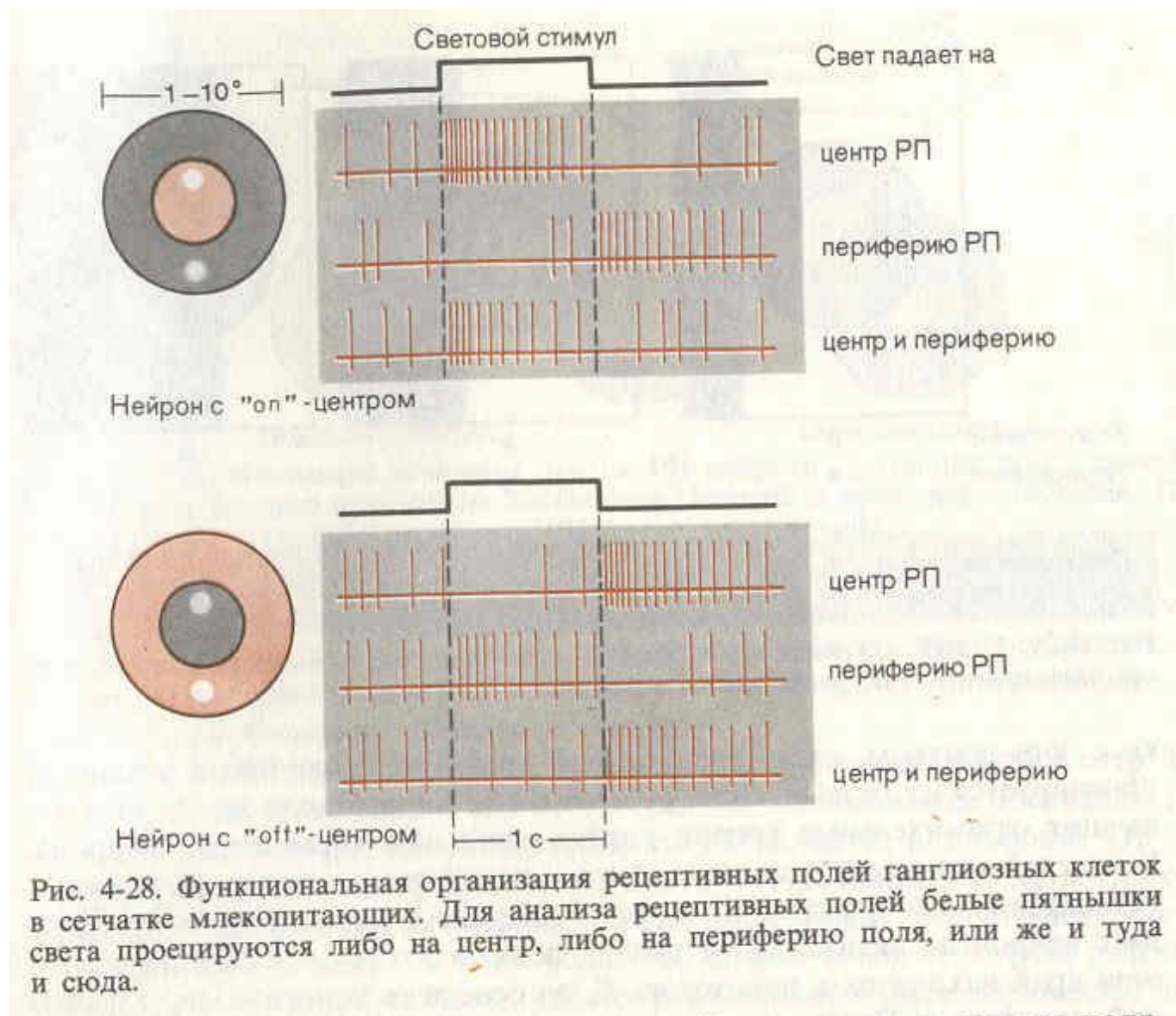


Рис. 4-9. Гиперметропия (дальнозоркость) и ее коррекция выпуклой линзой.

Зрительная система (анализатор)



Зрительная система (анализатор)



Зрительная система (анализатор)



Рис. 4-30. Изменение величины центра РП нейрона с «оп»-центром в сетчатке млекопитающего при разных состояниях световой и темновой адаптации. При темновой адаптации периферия РП (серая зона) исчезает.

Зрительная система (анализатор)

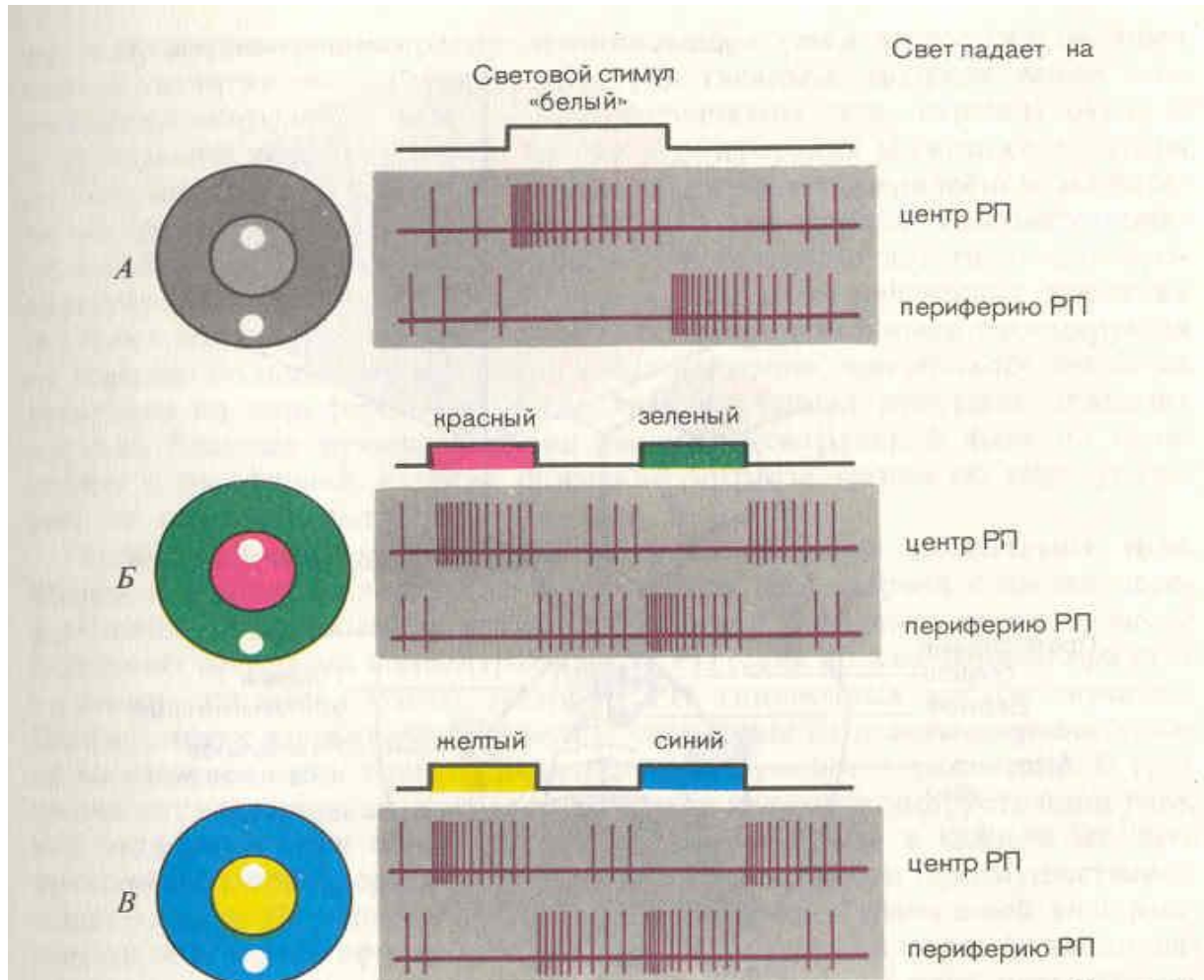


Рис. 4-31. Схема пространственной организации трех рецептивных полей в слое ганглиозных клеток сетчатки и в латеральном колленчатом теле млекопитающего с цветовым зрением. А. Нервная клетка в системе свет-темнота. Б. Нервная клетка в системе красный-зеленый. В. Нервная клетка в системе желтый-синий. В цветоспецифических рецептивных полях (Б и В) центр и периферия организованы антагонистически.

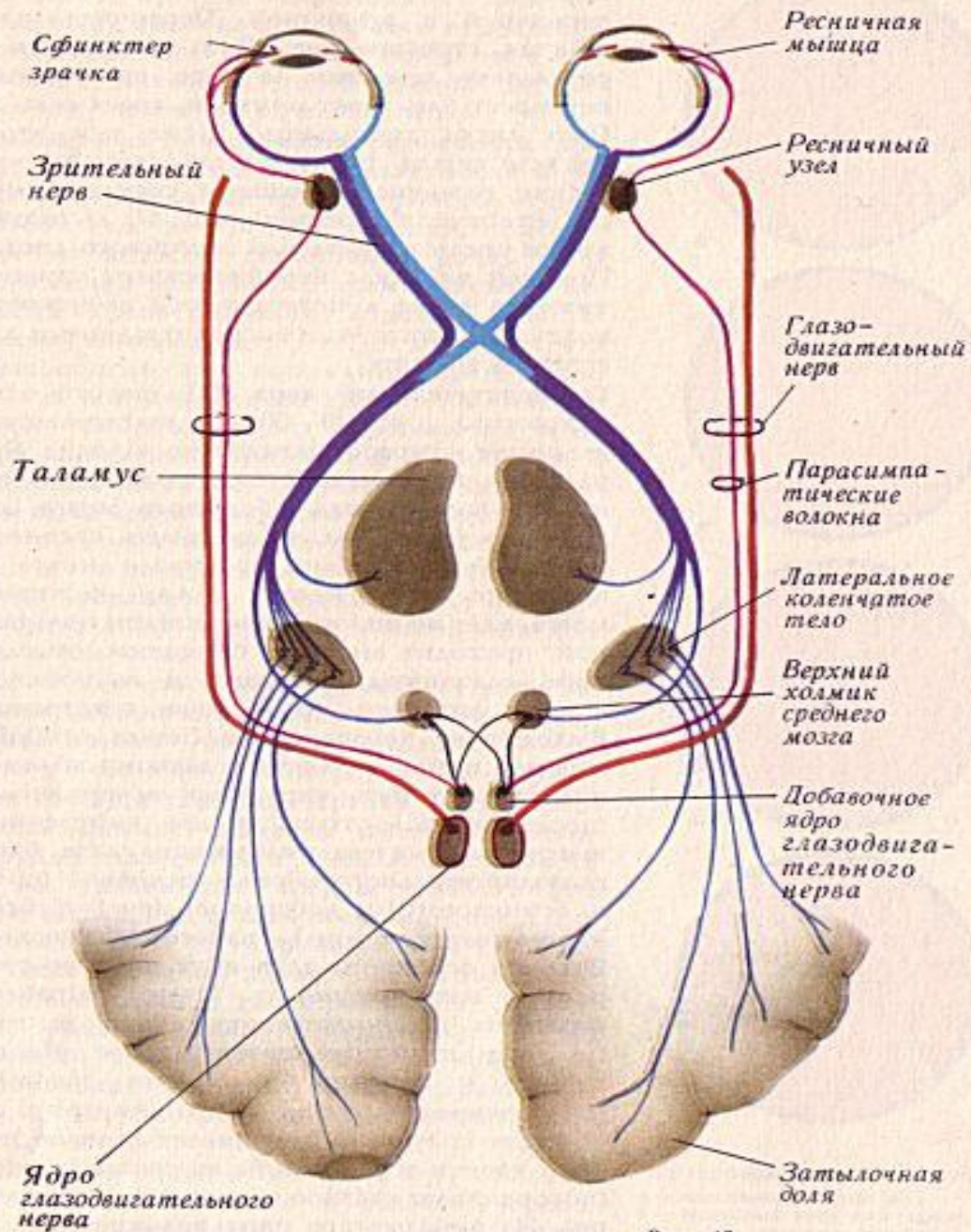


Рис. 48
Глазодвигательный нерв.

Зрительная система (анализатор)

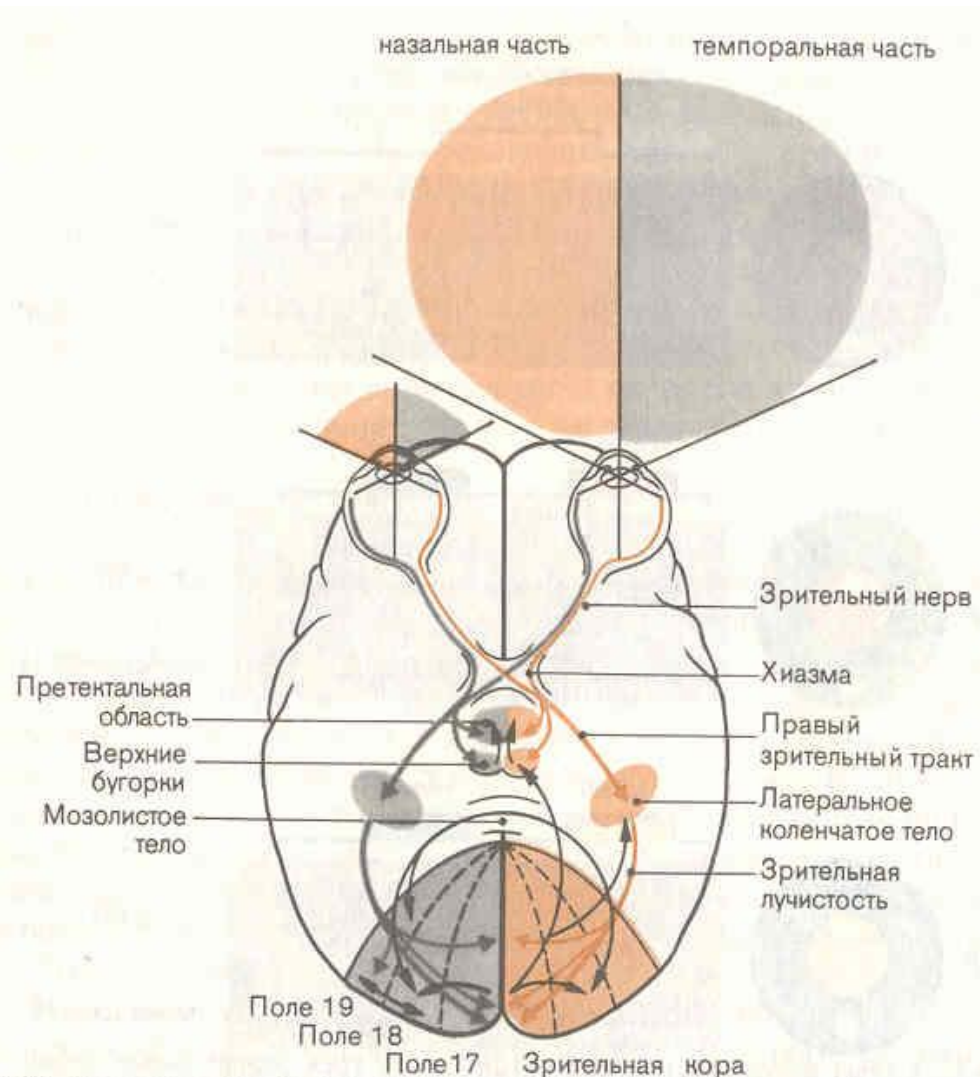
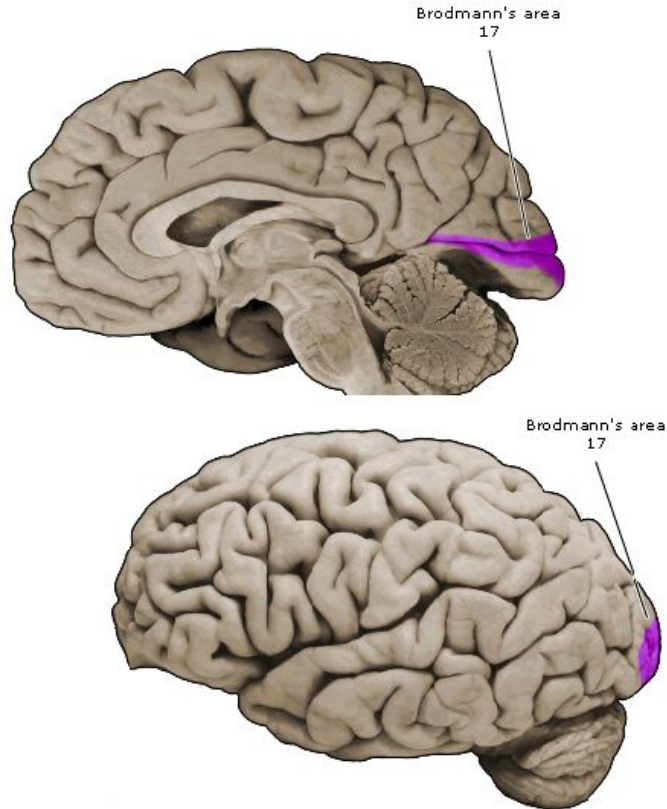


Рис. 4-32. Схема зрительных путей в головном мозгу человека. *Справа* показаны также некоторые эфферентные связи между зрительной корой и подкорковыми структурами. Зрительные зоны в левом и правом полушариях соединены между собой аксонами, идущими через мозолистое тело. Разделение на поля 17, 18 и 19 сильно упрощено.

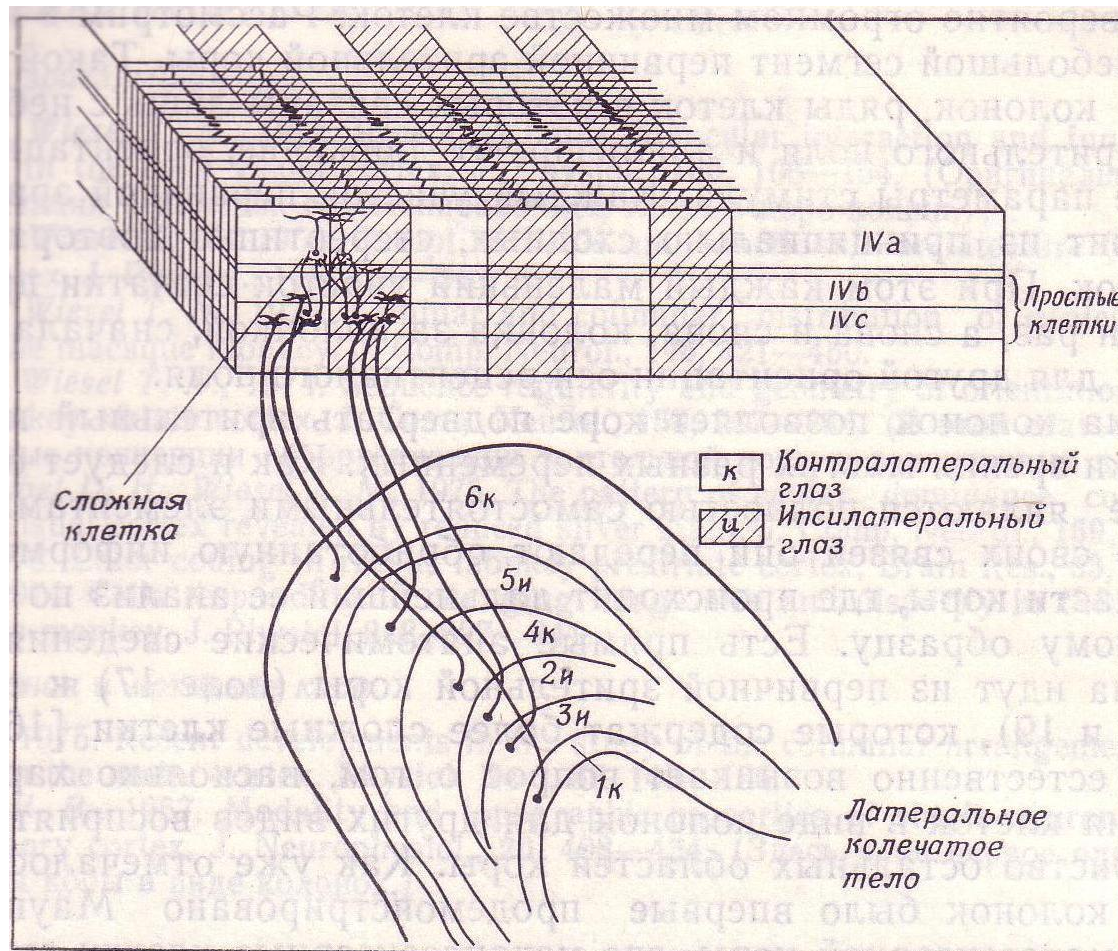
Анализаторные функции зрительной коры.



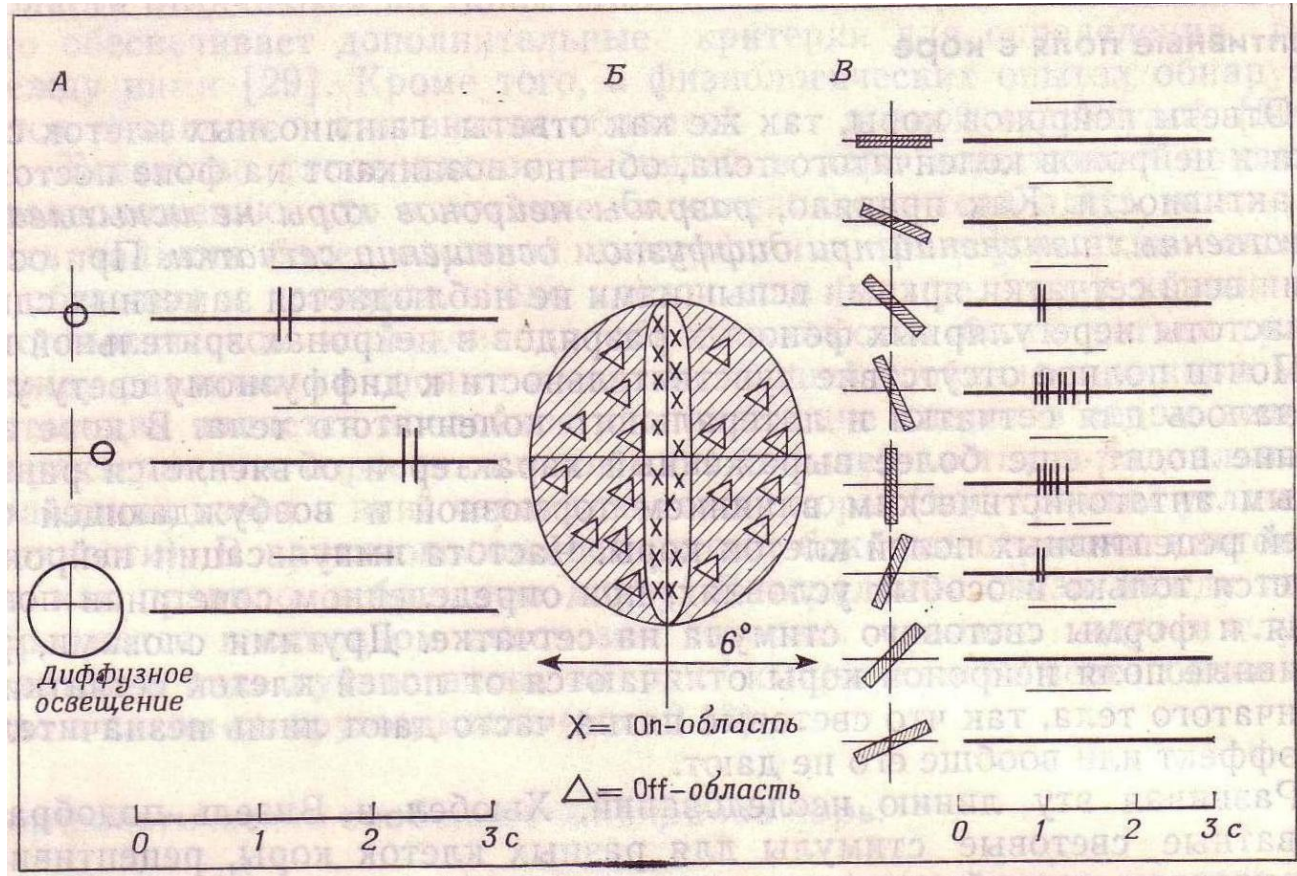
Первичная зрительная кора (поле 17) организована *ретинотопически*, причем максимальную поверхность занимает представительство центральной ямки (макулы), где плотность рецепторов максимальна. Площадь проекции периферического зрения зависит от плотности рецепторов на сетчатке.

- **Зрительная кора получает афферентную импульсацию** по волокнам зрительной радиации от наружных колленчатых тел таламуса (НКТ) где заканчиваются волокна зрительного нерва, образованного аксонами ганглиозных клеток сетчатки. НКТ имеют 6-ти-слойное строение и проекции от правого и левого глаза поступают в соседние слои НКТ. Рецептивные поля нижних уровней зрительной системы (сетчатки, НКТ) круглые, в то время как рецептивные поля корковых нейронов имеют вытянутую форму и обладают ориентационной чувствительностью.

Ориентационные и окулодоминантные колонки зрительной коры



Рецептивные поля нейронов зрительной коры



- Рецептивные поля нижних уровней зрительной системы (сетчатки, НКТ) круглые, в то время как рецептивные поля корковых нейронов имеют вытянутую форму и обладают ориентационной чувствительностью.

Корковые механизмы зрительного опознания

- Конечным результатом зрительного восприятия является **формирование зрительного образа объекта**. Формирование зрительного образа и его опознание можно рассматривать как получение сжатого экономного описания объекта. У высших млекопитающих **нейроны зрительной коры** являются фильтрами пространственных частот, выделяющие такие признаки сигнала **как форма, величина, цвет**. У высших млекопитающих каналы, выделяющие определенные признаки объекта разделены функционально и морфологически. Так повреждение задневисочной коры (**поле 37**) вызывает у человека **оптическую предметную агнозию** – больной не может зрительно опознать объект, хотя узнает его на ощупь.
- При повреждении нижнетеменной области (**поле 39**) больной не может оценить **пространственные отношения между предъявляемыми зрительными стимулами**, определить их величину и направление движения.

Бинокулярное зрение

- Одной из важных функций зрительной коры является *бинокулярное (стереоскопическое)* зрение. Наиболее развито у приматов и человека в связи с фронтальным расположением глаз. Эта функция выполняется бинокулярными нейронами, активирующимися при одновременной стимуляции идентичных (*корреспондирующих*) точек сетчатки правого и левого глаза.
- Бинокулярные нейроны обеспечивают объемное виденье предметов, за счет наличия клеток, способных измерять степень отклонения изображения предмета на сетчатке от корреспондирующих точек

Бинокулярное зрение

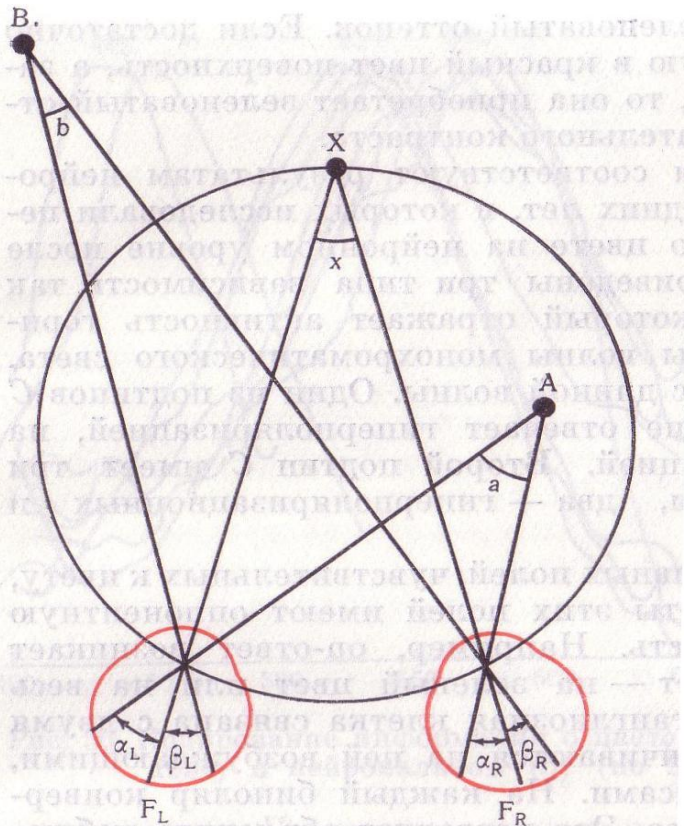


Рис. 51. Бинокулярный параллакс.
Объяснение в тексте.

Поскольку два глаза находятся между собой на определенном расстоянии, то они видят объекты по разным углами (*бинокулярный параллакс*). Когда глаза фиксируют точку X, расположенную на поверхности окружности, на которой располагаются точки четкого видения (*гороптер*), то ее изображение попадает на идентичные точки сетчатки (F_L , F_R). Если зрительные объекты лежат ближе (A) или дальше (B) гороптера, то их изображение попадает на *диспаратные* (неидентичные) точки сетчатки. Если объект расположен ближе гороптера диспаратность отрицательная, а если дальше – положительная.

Глазодвигательная система

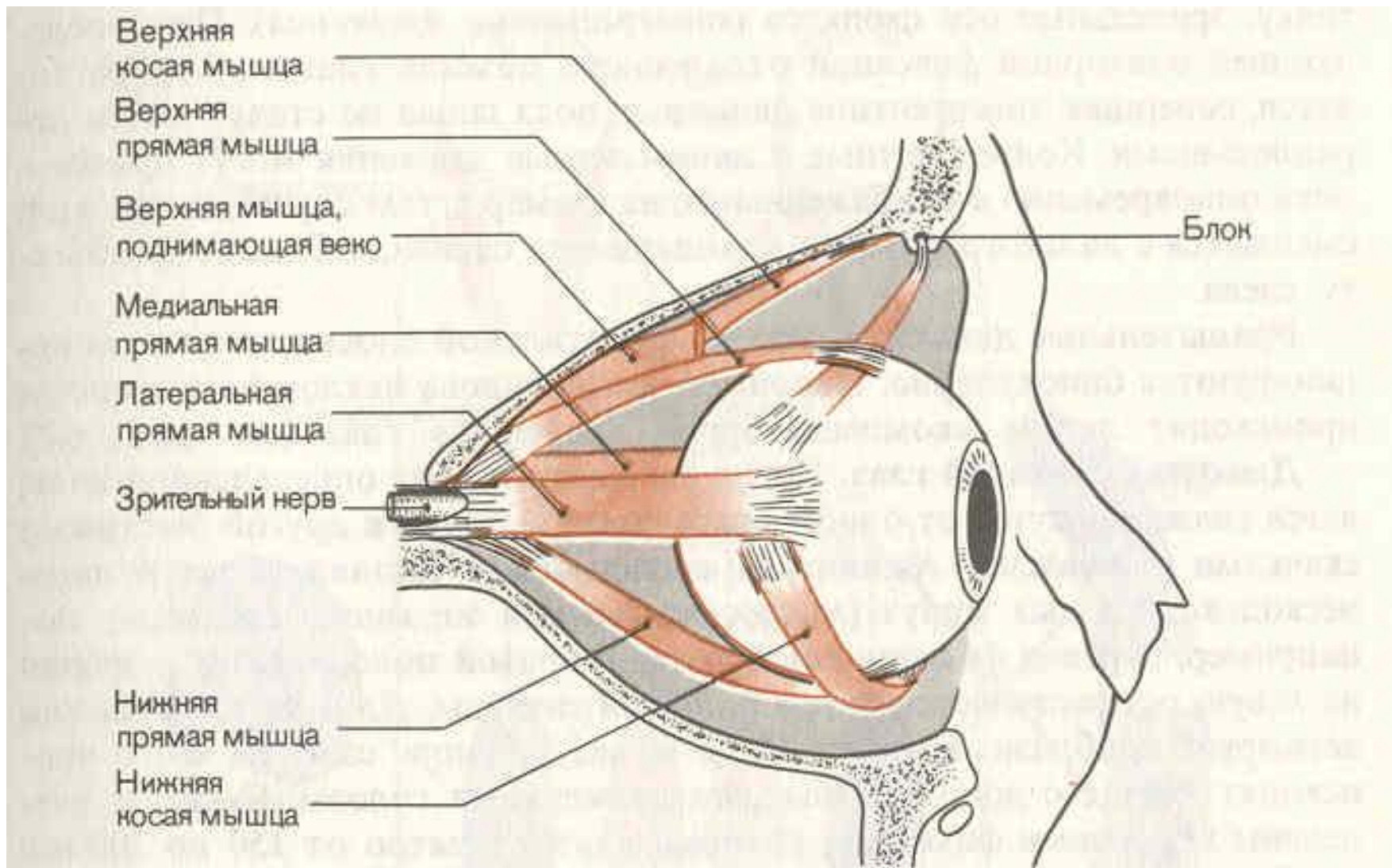


Рис. 4-36. Схема расположения наружных глазных мышц и глазного яблока в глазнице.

Глазодвигательная система

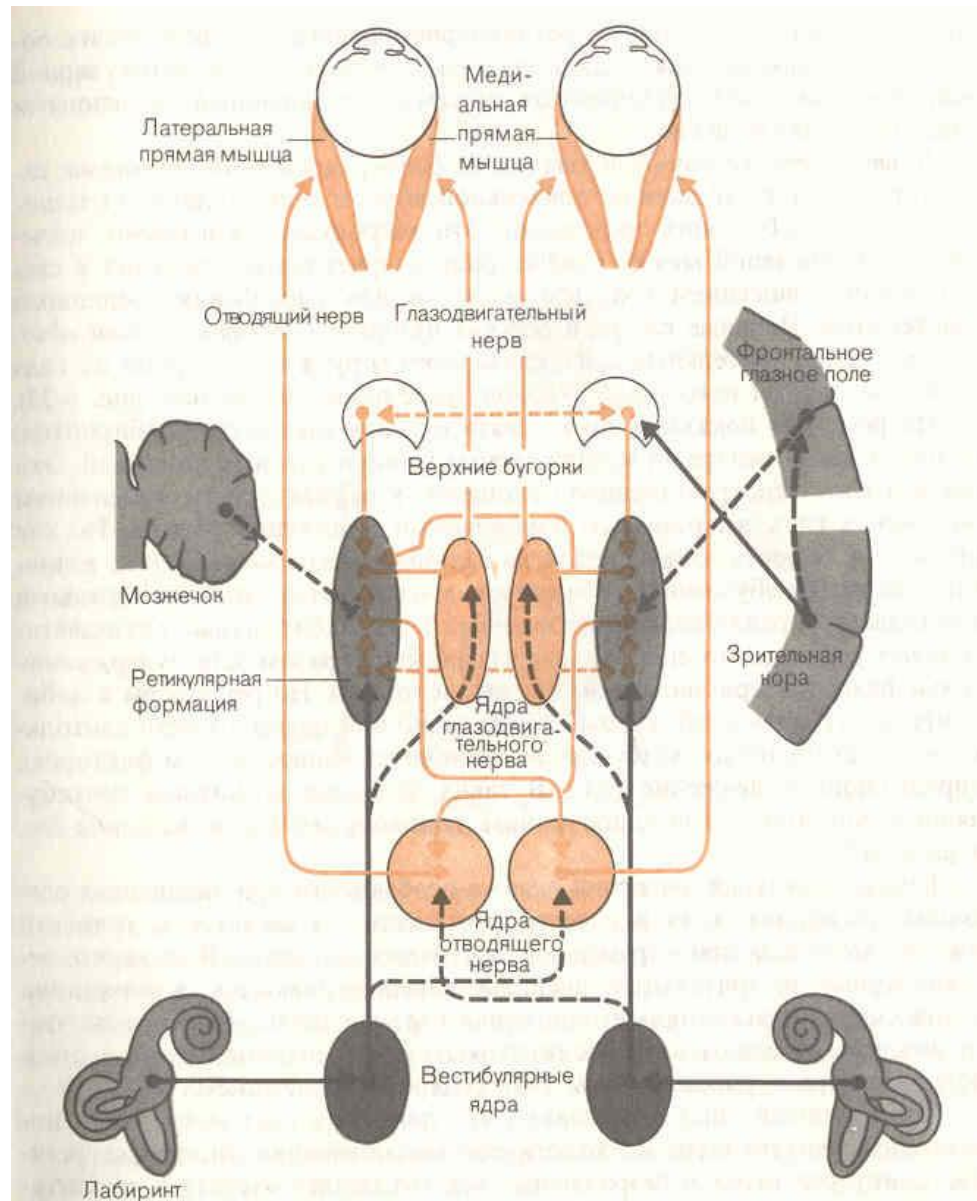
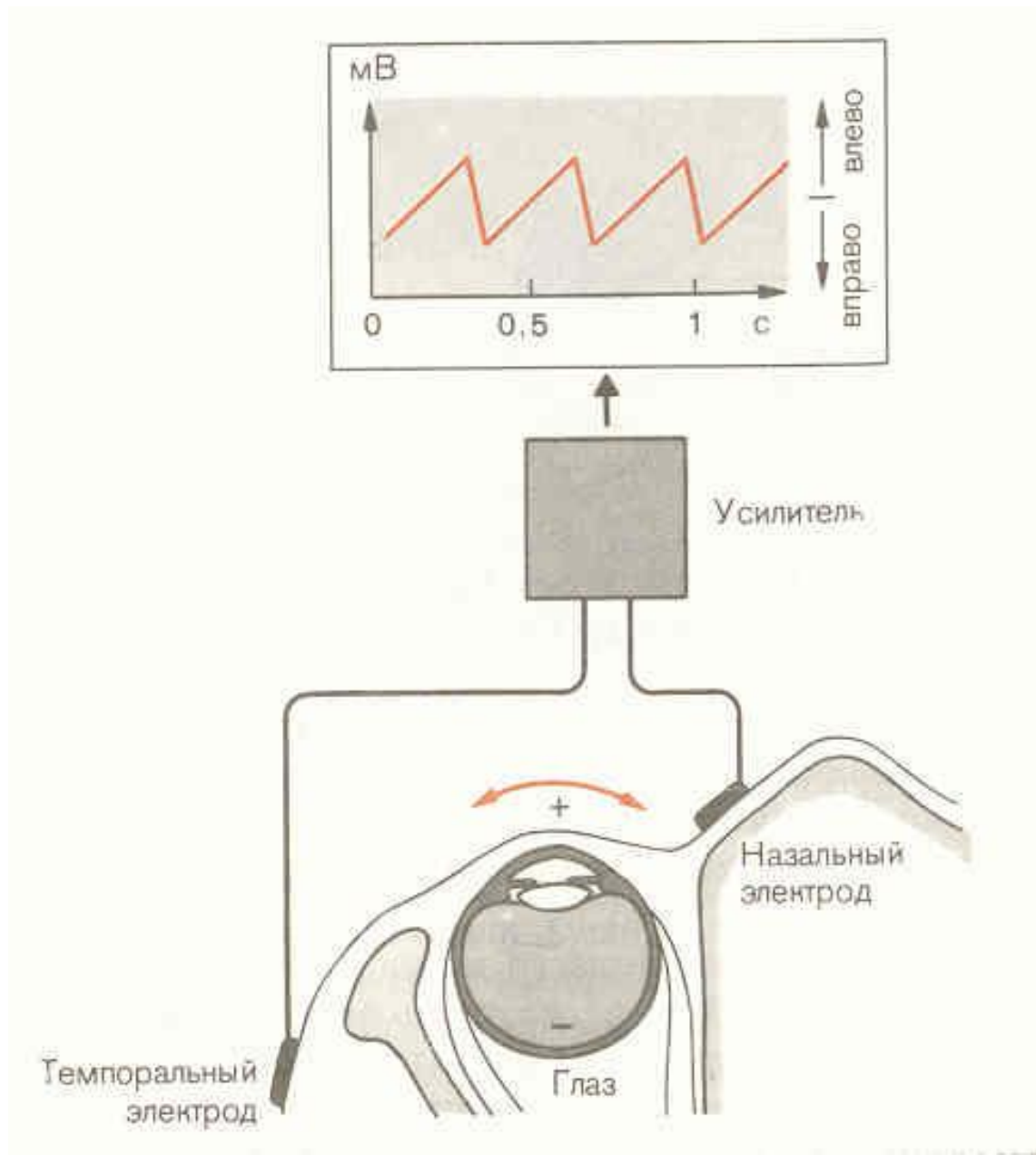


Рис. 4-37. Схема подкорковых центров, управляющих горизонтальными движениями глаз. Подробнее см. в тексте.

Глазодвигательная система



Глазодвигательная система

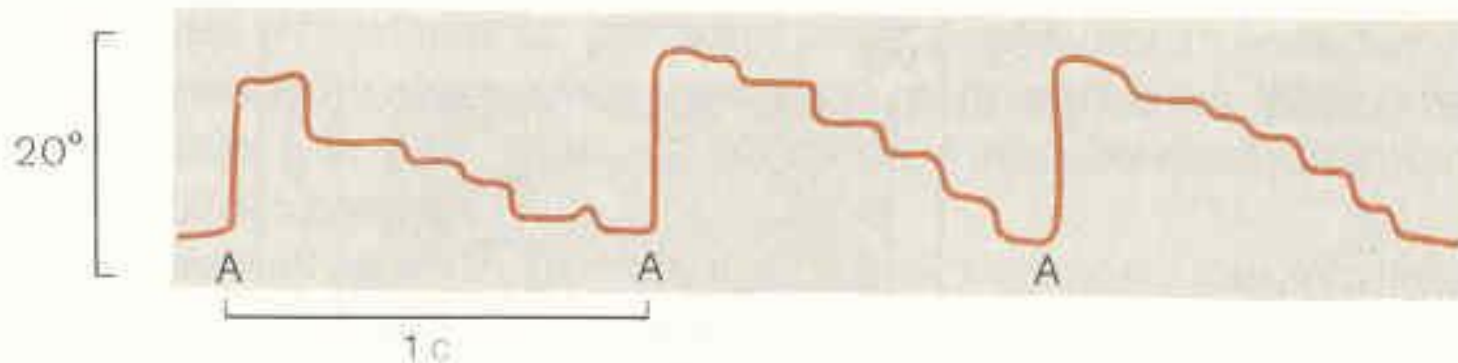
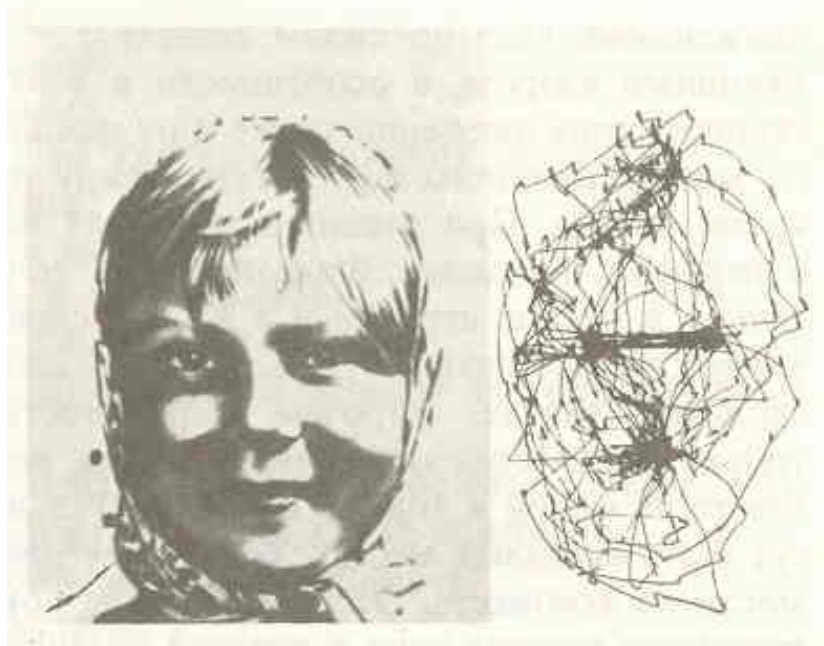
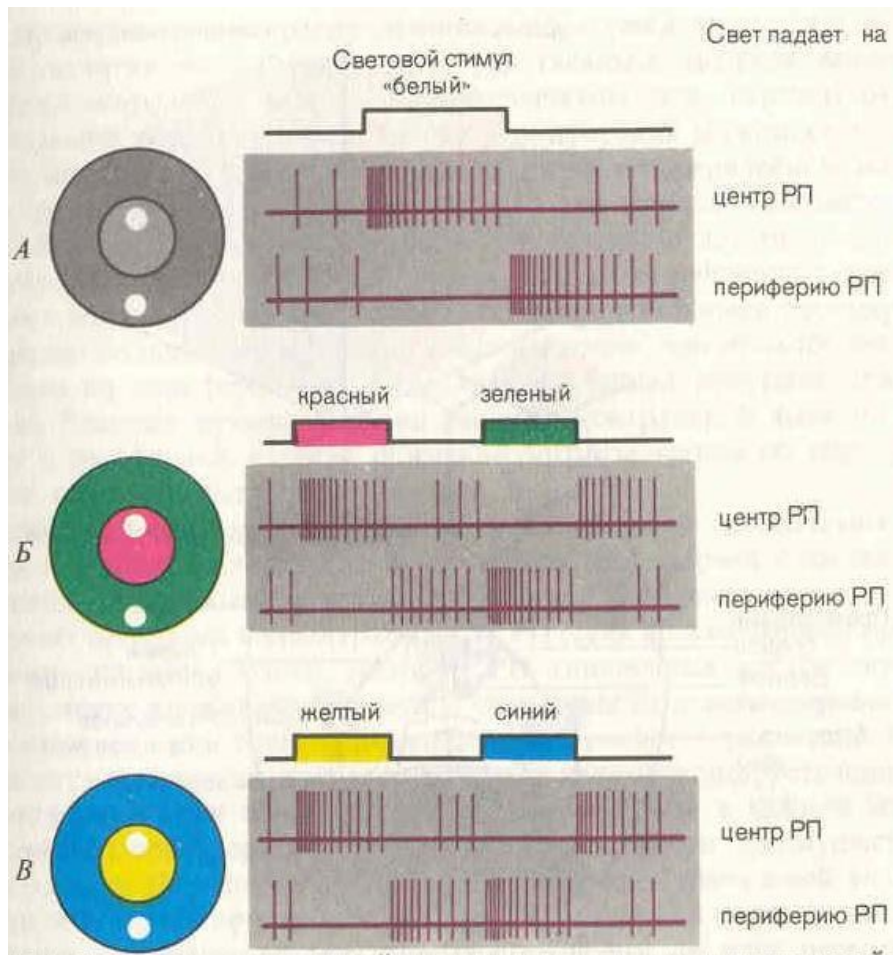


Рис. 4-39. Движения глаз при чтении трех строк текста. Каждая строка сканируется пятью или шестью саккадами. В точках *A* более крупная саккада возвращает глаз к началу следующей строки.



Цветовосприятие

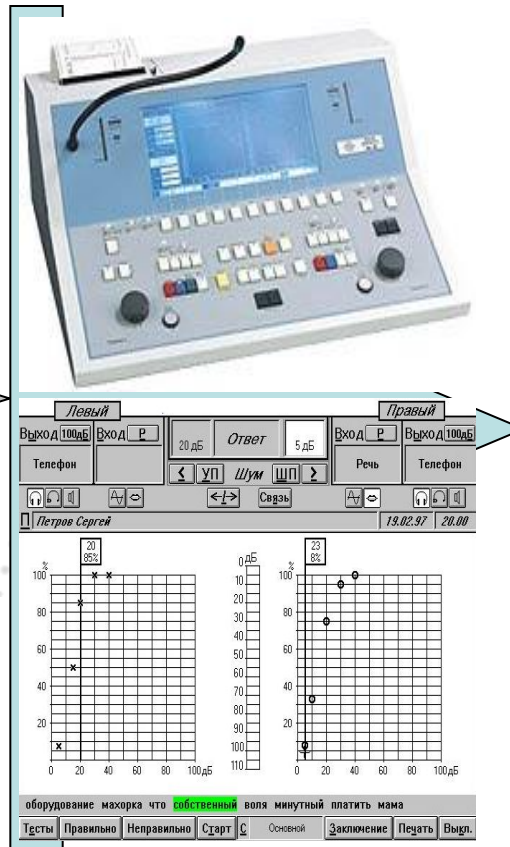


Нейроны, обеспечивающие цветовосприятие организованы в *глобулы* и имеют РП круглой формы.

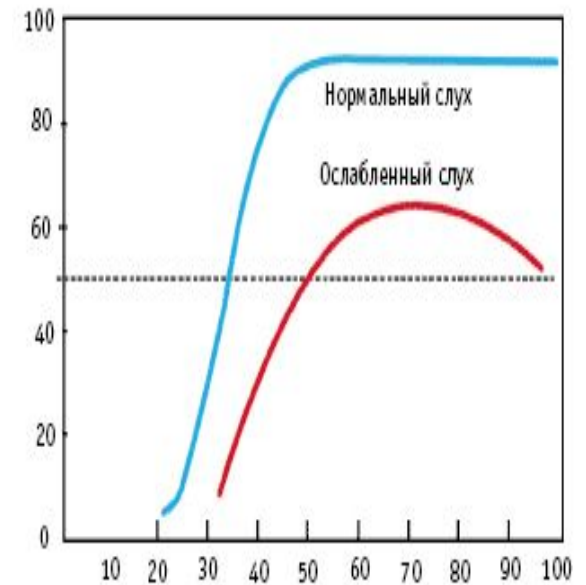
Как видно из рисунка существует два типа цветоопонентных клеток зрительной коры: нейроны 1 типа реагируют на красный и зеленый цвета, а нейроны 2 типа – синий и желтый цвета. Таким образом, для зрительной коры справедлива **двухкомпонентная теория цветового зрения Геринга**, в отличие от сетчатки, в которой имеются 3 типа цветовых рецепторов, чувствительных в красной, желто-зеленой и синей частях спектра. Таким образом, для сетчатки справедлива 3-х компонентная теория цветового зрения Гельмгольца-Ломоносова.

Слуховая система

Аудиометрия



Анализ спектральной чувствительности слуха.
Разработка устройств коррекции слуха



Слуховая система

- обеспечивает восприятие звуковых колебаний человеком в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц.
- Дифференциальный порог по частоте – 3 Гц
- Абсолютный порог слышимости составляет 20 дБ.

Слуховая система. Аудиограмма

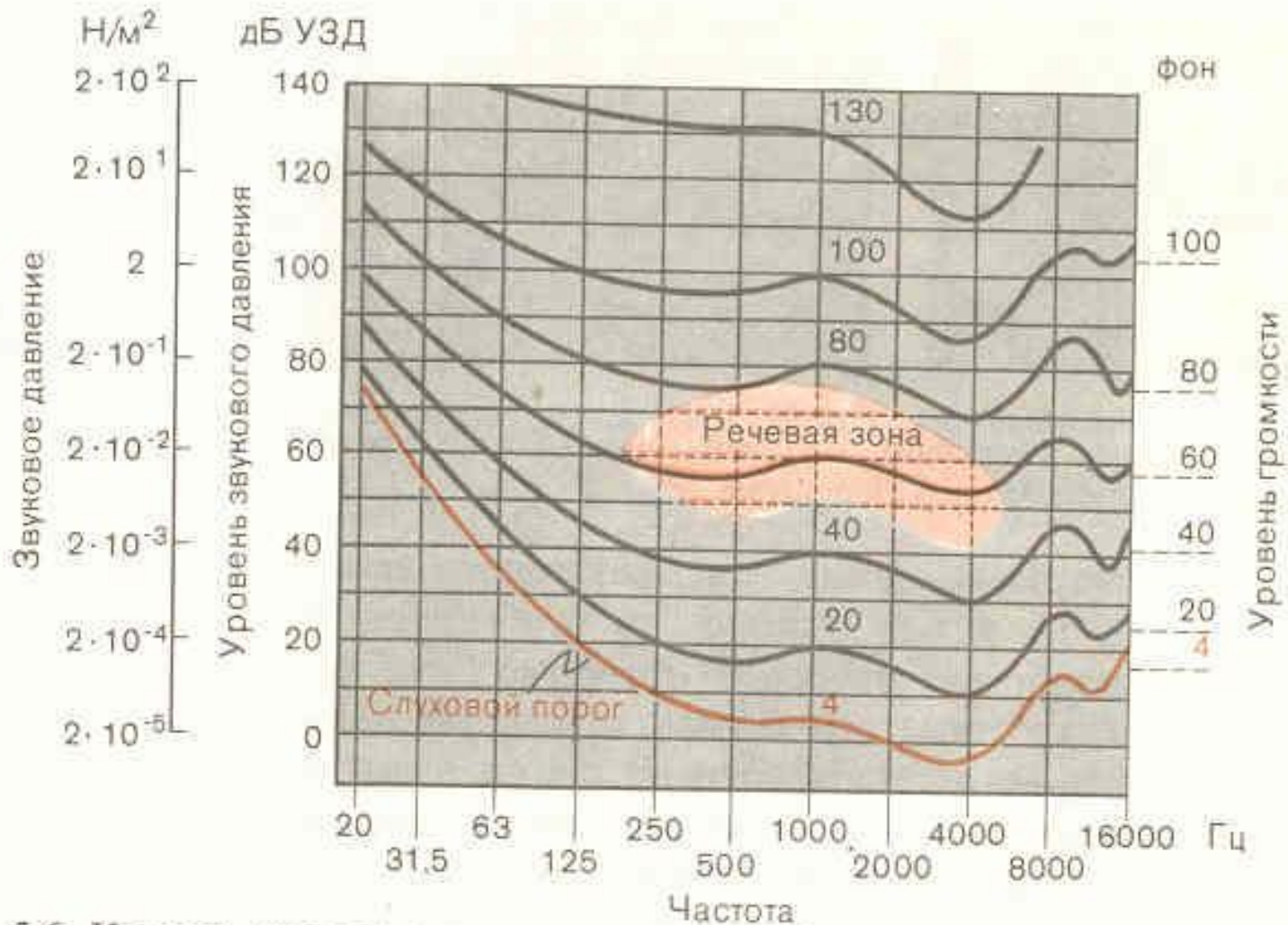
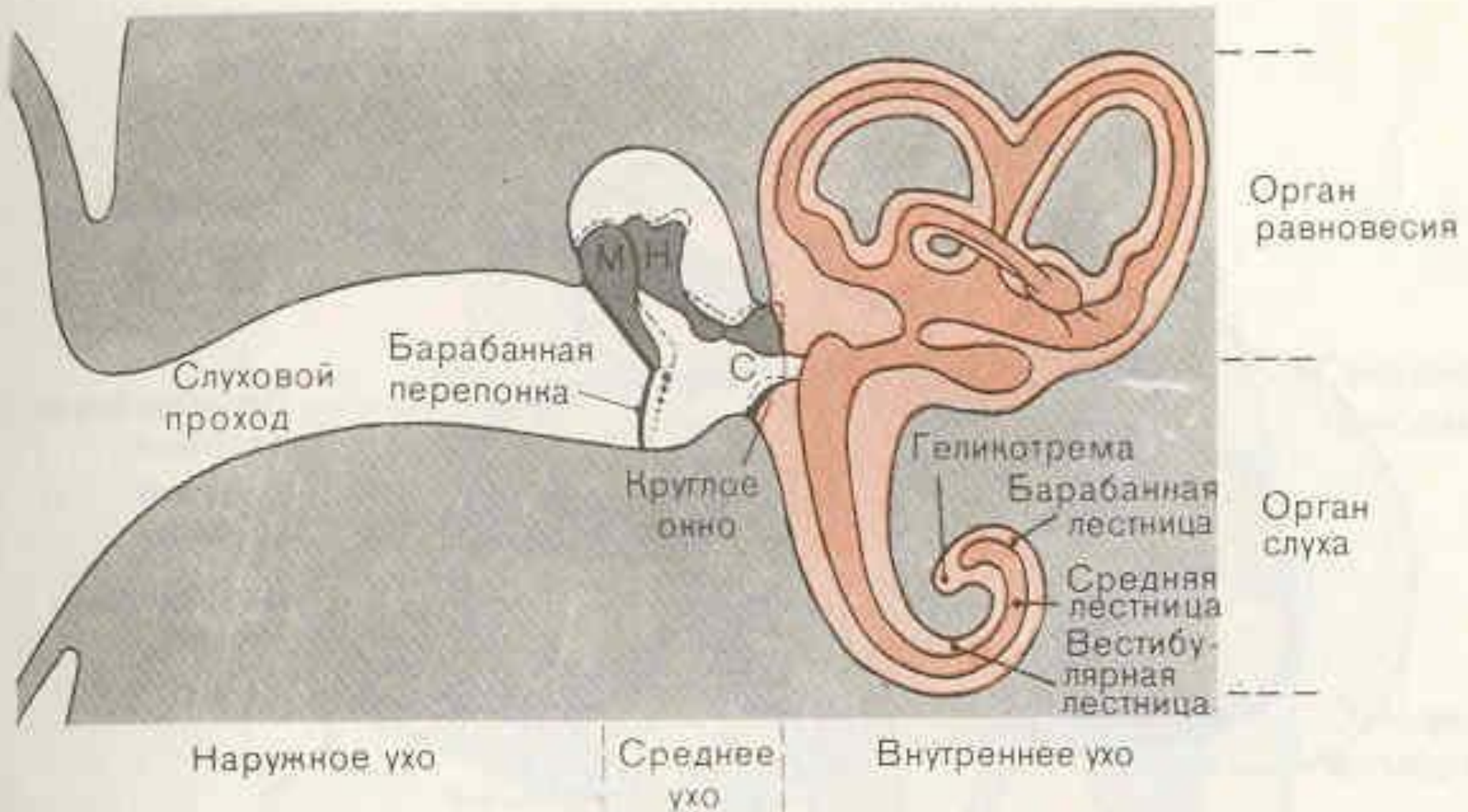


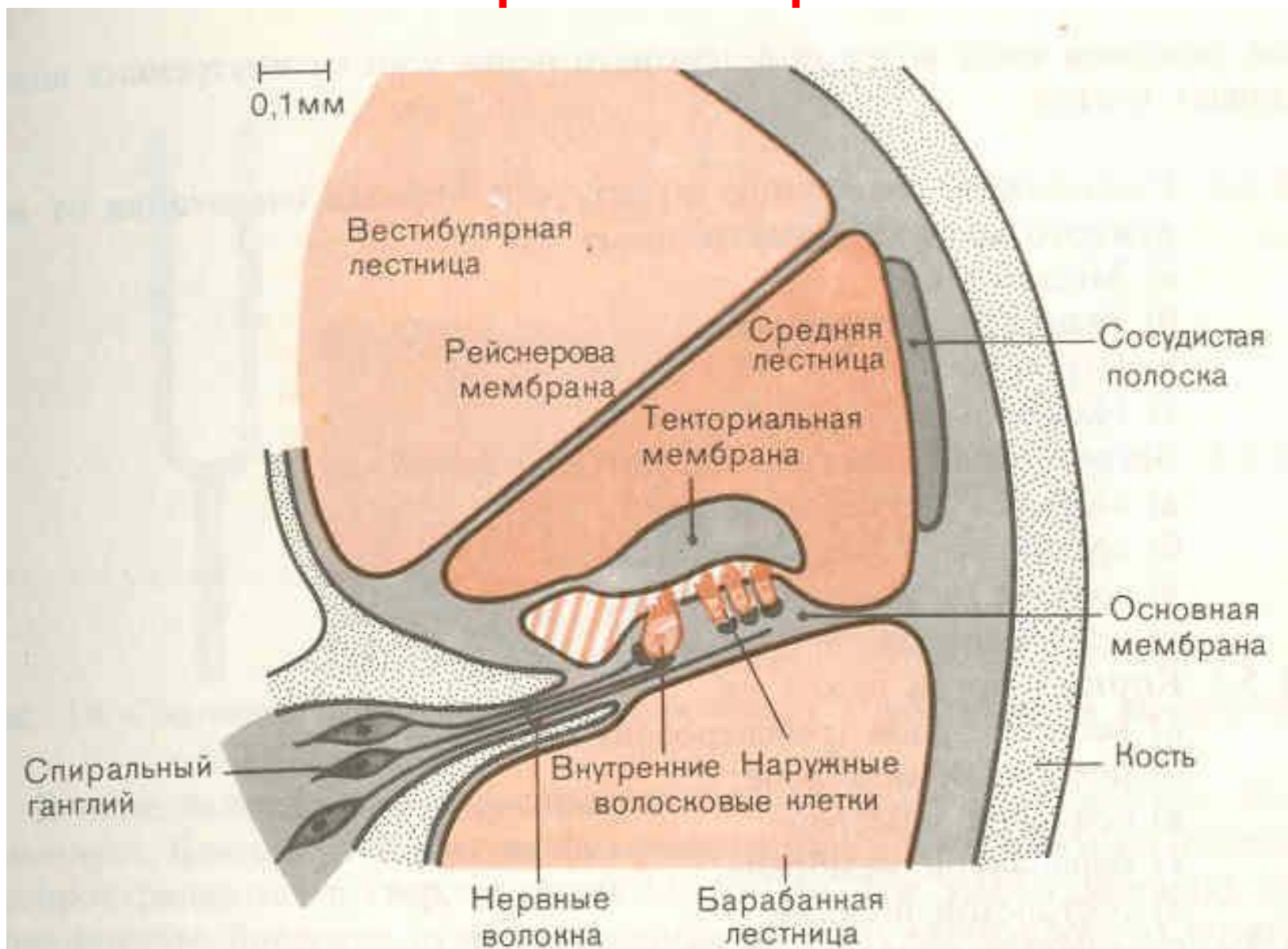
Рис. 5-6. Кривые равного уровня громкости. Слева по оси ординат – эквивалентные значения звукового давления и уровня звукового давления. Розовый участок – диапазон частот и интенсивностей, необходимый для понимания обычной речи.

Слуховая система

Периферический отдел



Слуховая система. Кортиев орган



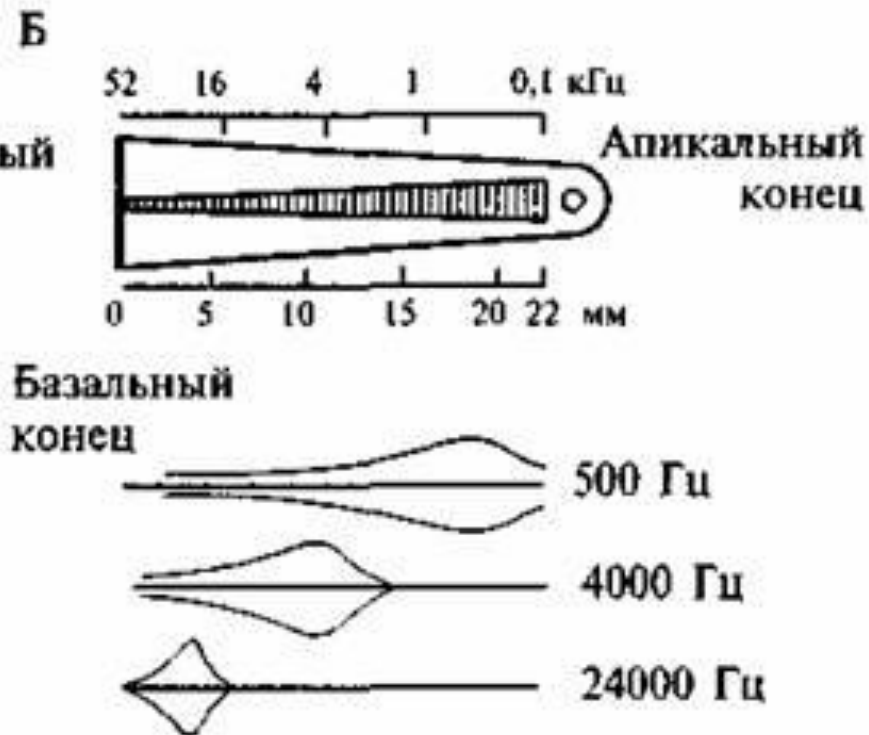
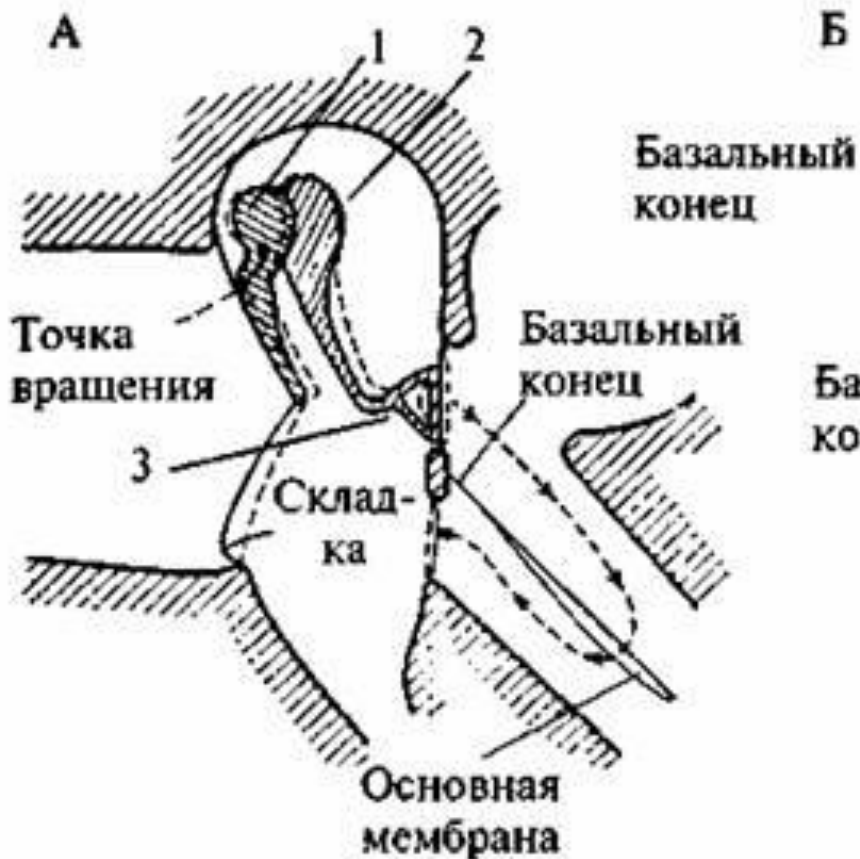
Слуховая система.

Механизм звуковосприятия



Колебания стремечка передается перилимфе вестибулярной лестницы через круглое окно и создает бегущую волну, которая распространяется вдоль базальной мембраны. Скорость распространения волны падает по мере приближения к геликотреме, а длина волны уменьшается. В зависимости от частоты звука максимальная амплитуда волны наблюдается в разных местах

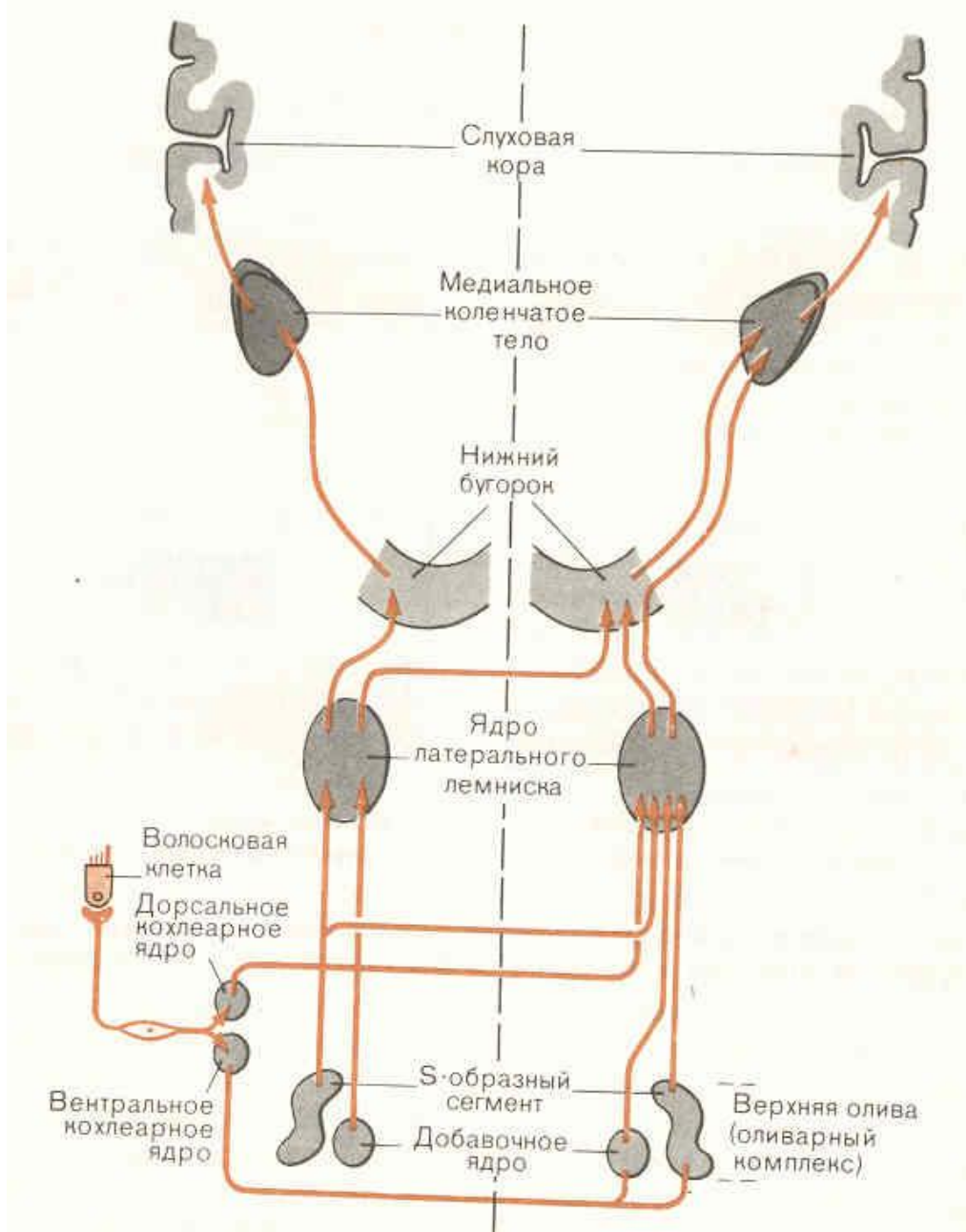
Механизм звуковосприятия



Механизм звуковосприятия

- Преобразование механических явлений в электрические происходит в волосковых клетках. В этом процессе принимают участие
- Эндокохлеарный потенциал = +80 мВ
- Потенциал кортиева органа = -70 мВ
- Микрофонный потенциал улитки (150 мВ), пассивно отражающий изменения звукового давления (не имеет ЛП, рефрактерности, порога, нет утомления)
- Потенциал слухового нерва

Слуховая система. Проводящие пути



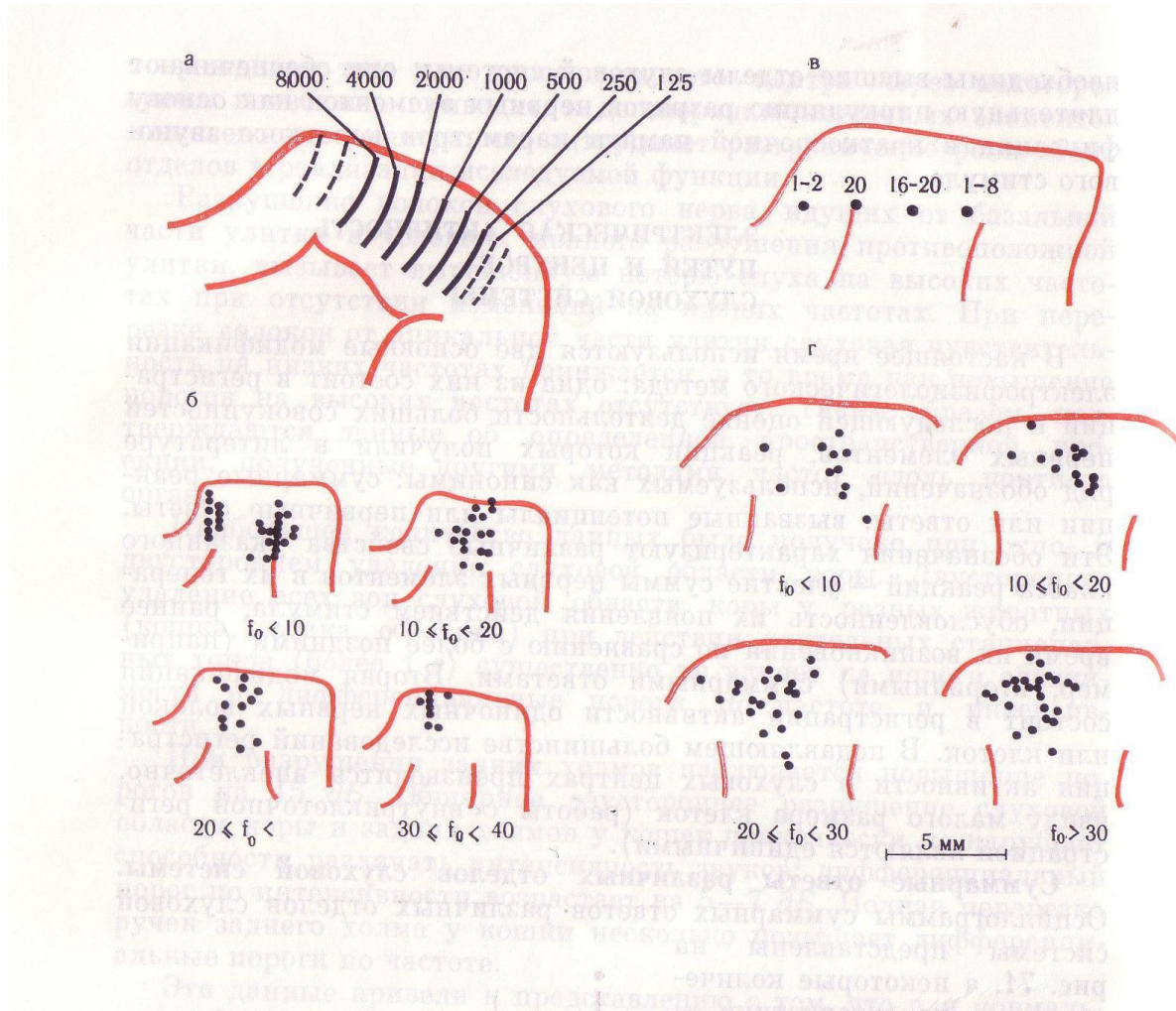
Слуховая кора

- *Первичная и вторичная слуховая кора* располагается в латеральной (Сильвиевой) борозде и верхнем крае височной доли. *Первичная слуховая кора* (поле 41) организована тонотопически – нейроны, реагирующие на звуки разной частоты расположены в определенных локусах коры

Слуховая кора

- *Первичная и вторичная слуховая кора* располагается в латеральной (Сильвиевой) борозде и верхнем крае височной доли. *Первичная слуховая кора* (поле 41) организована тонотопически – нейроны, реагирующие на звуки разной частоты расположены в определенных локусах коры

Слуховая кора. Тонотопическая организация поля 41.



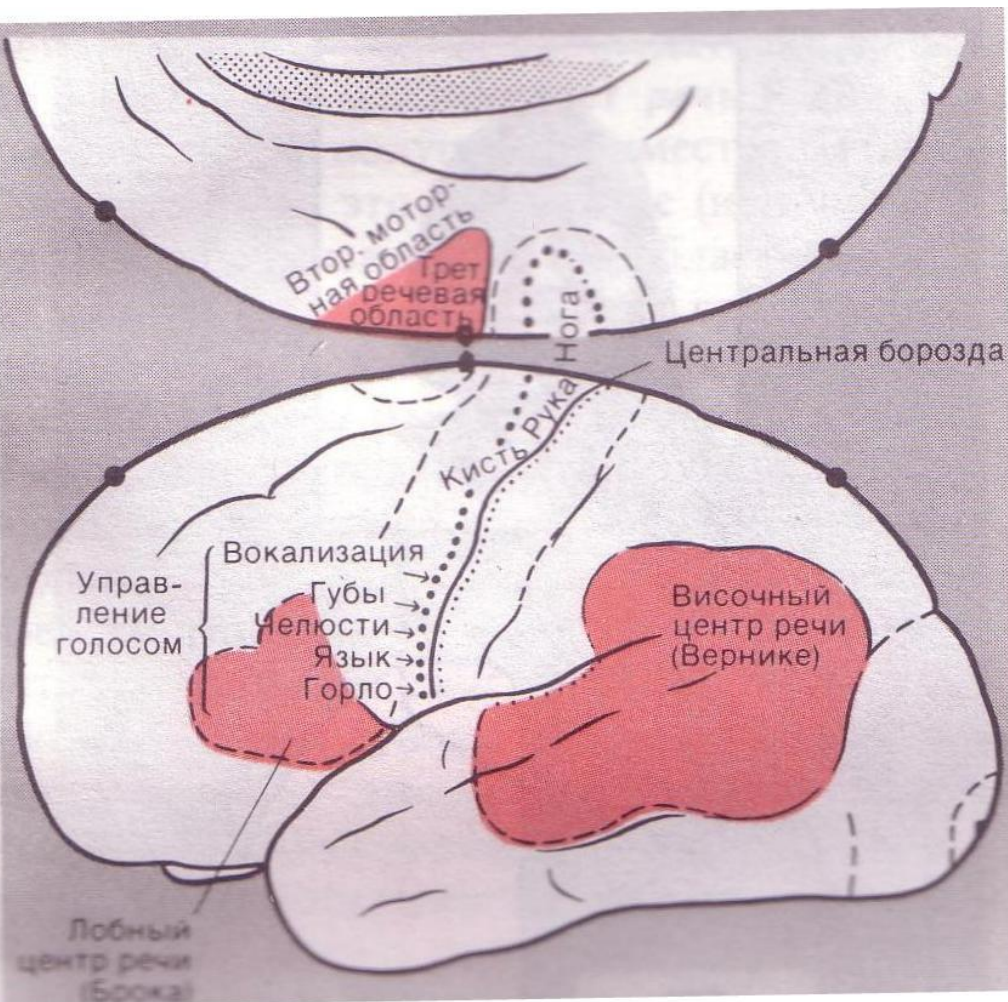
Слуховая кора

- Как и другие первичные проекционные зоны, слуховая кора имеет **колончатую организацию**. **Нейроны одной колонки** имеют **одинаковые рецептивные поля** и **частотно-пороговую настройку**.
- Нейроны вторичной (поле 42) и третичной (поле 22) имеют более обширные РП, по сравнению с нейронами первичной слуховой коры. У человека **22 поле – сенсорный центр речи** Вернике, обеспечивающий понимание речи.

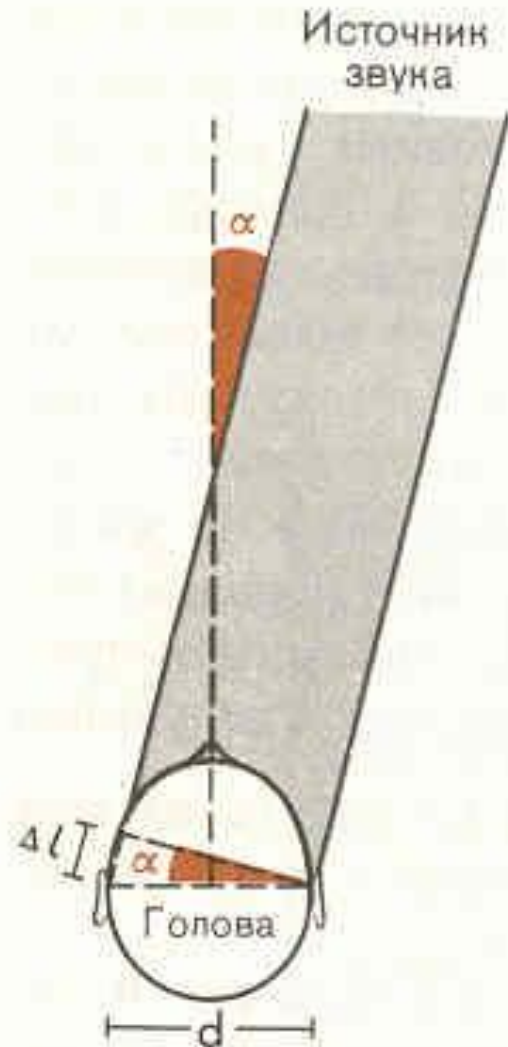
Центры речи

У человека выделяют **моторные** (экспрессивные) и **сенсорные** (импрессивные) центры речи (рис.44). Повреждение моторных центров речи (зона Брока, 46 поле) вызывает *моторную афазию Брока*. При этом заболевании человек теряет способность говорить, но продолжает понимать речь.

Повреждение сенсорных центров речи (зона Вернике 22 поле) вызывает сенсорную афазия, при которой нарушается понимание речи. К речевым центрам относят также зоны, повреждение которых вызывает **амнестическую афазию (поле 37)** - забывание слов, **алексию (поле 39)** - расстройство чтения (речевобразования), **аграфию (поле 6)** - расстройство письма, **акалькулию** - нарушение счета .

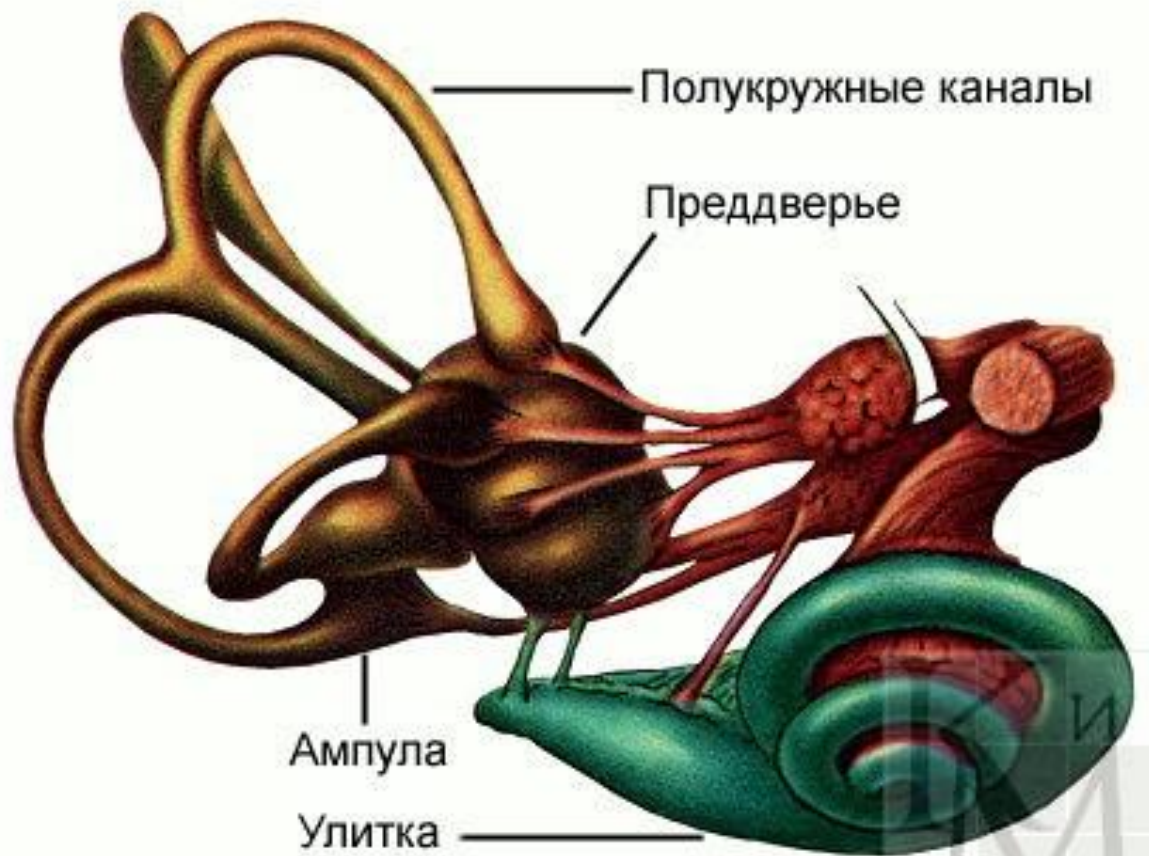


Слуховая система. Биноуральный слух

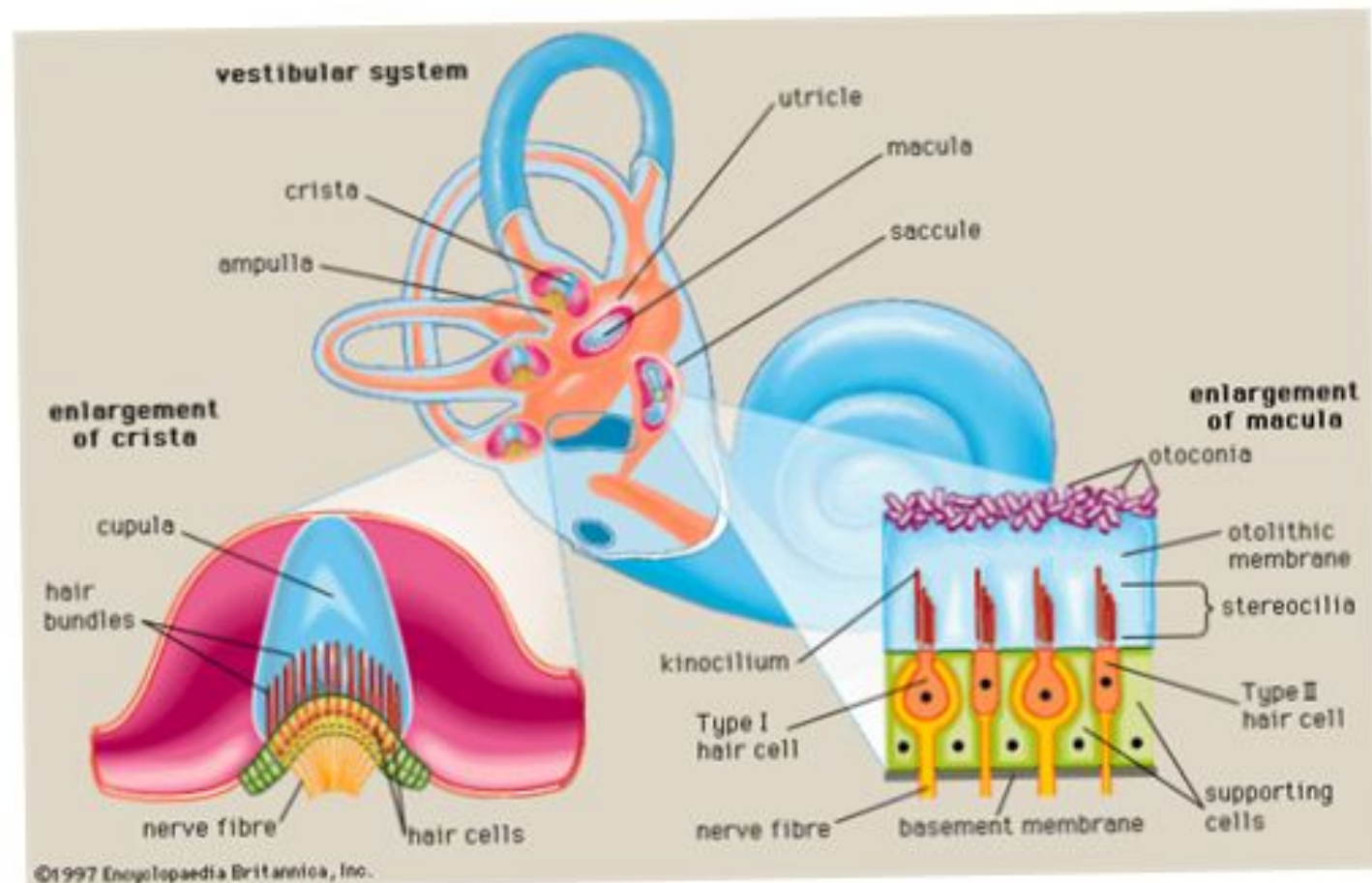


- В основе бинокулярного слуха лежат:
- разница между временем поступления звука в ближнее и дальнее ухо.
 - разница в интенсивности сигнала, поступающего в ближнее и дальнее ухо.

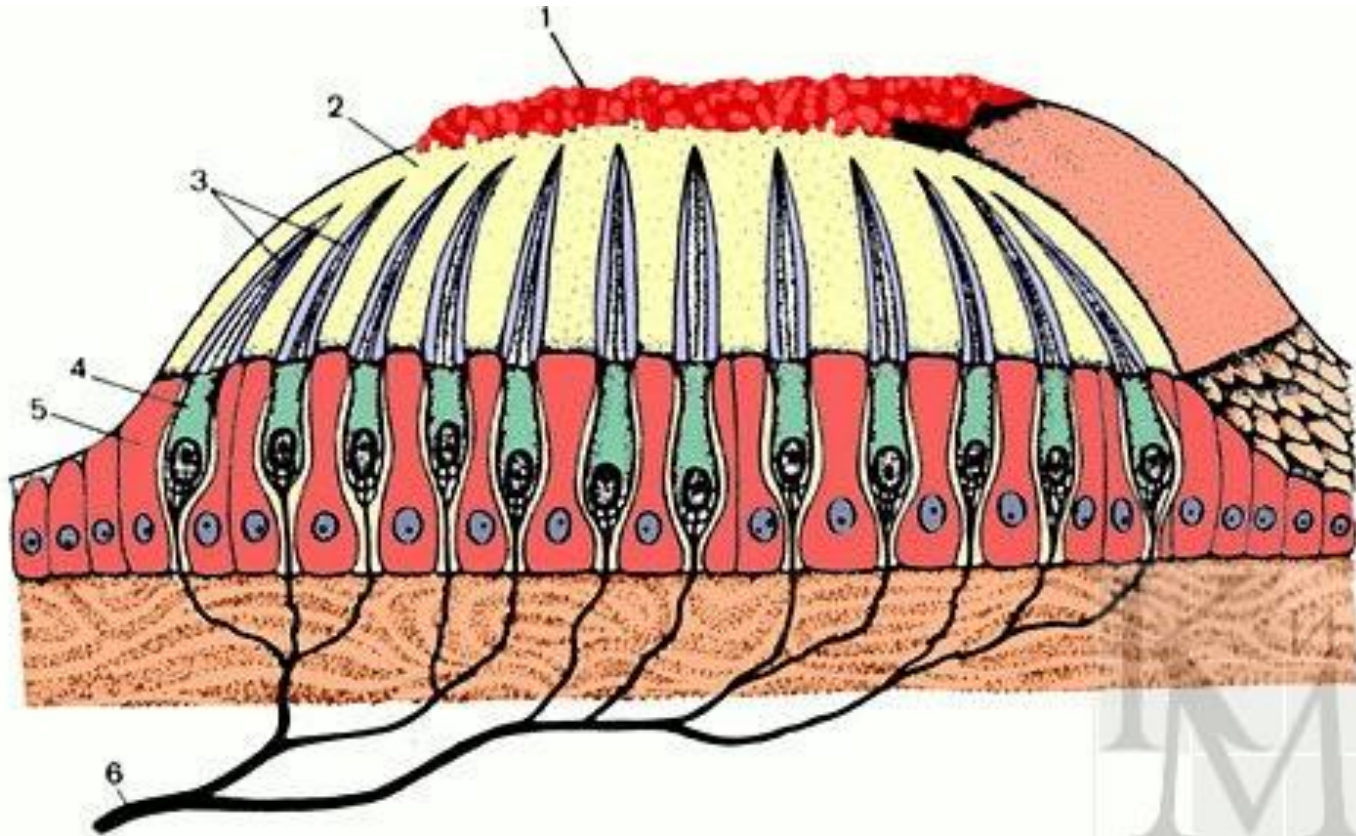
Вестибулярная система



Вестибулярная система. Периферический отдел



Отолитовый аппарат



Отолитовая мембрана содержит кристаллы кальцита и при изменении положения головы или ускоренного движения смещается относительно волосковых клеток

Вестибулярная система

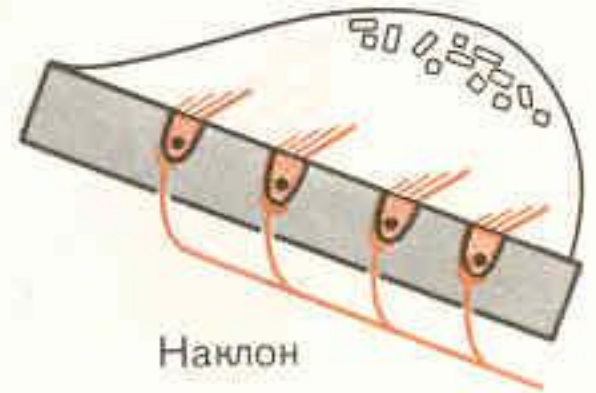
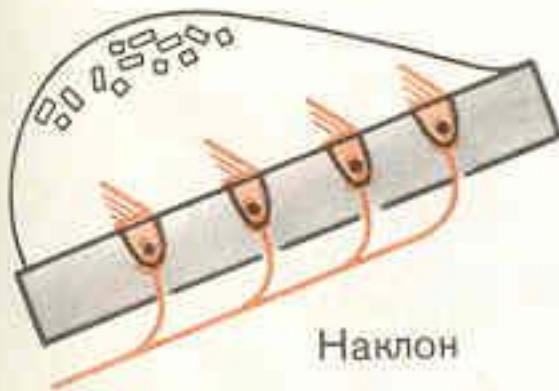
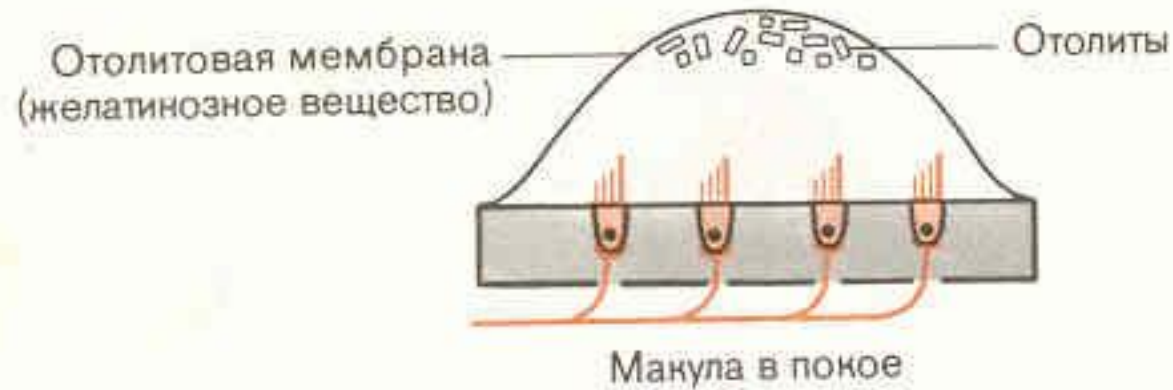


Рис. 6-1. Изменение положения макулярного органа при наклоне головы (адекватный для этого органа стимул) в двух направлениях.

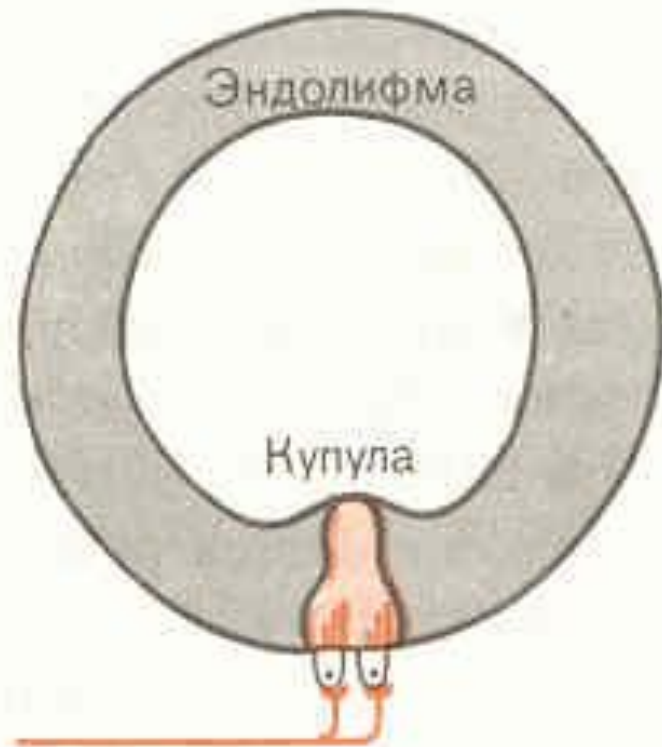
Вестибулярная система

Полукруглые каналы

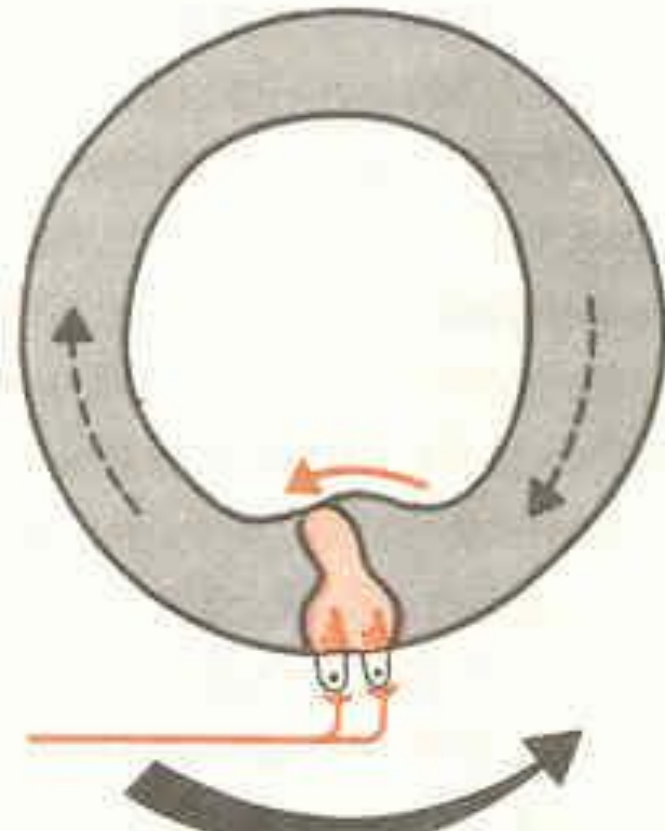


Вестибулярная система

Купулярный аппарат



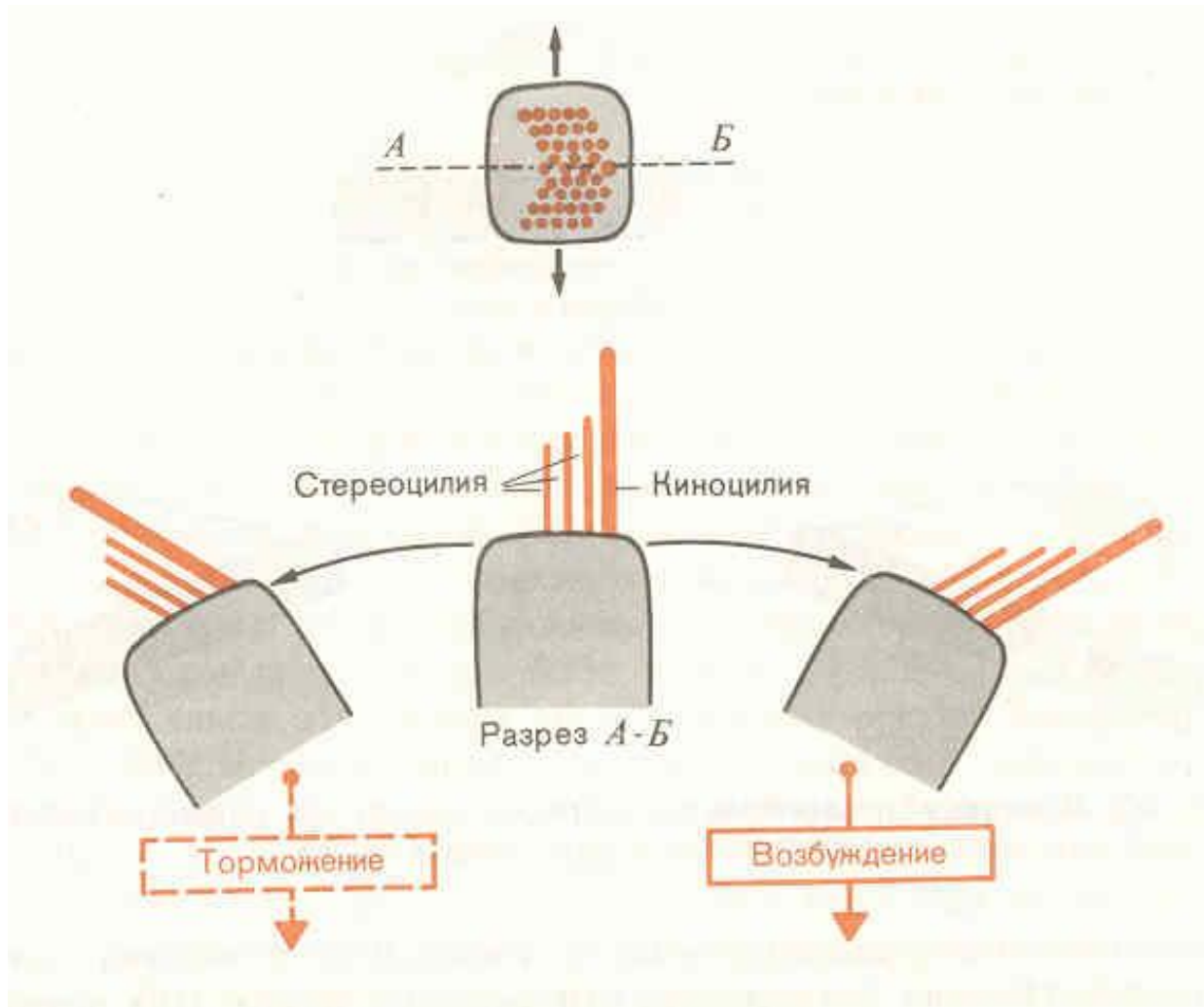
В покое



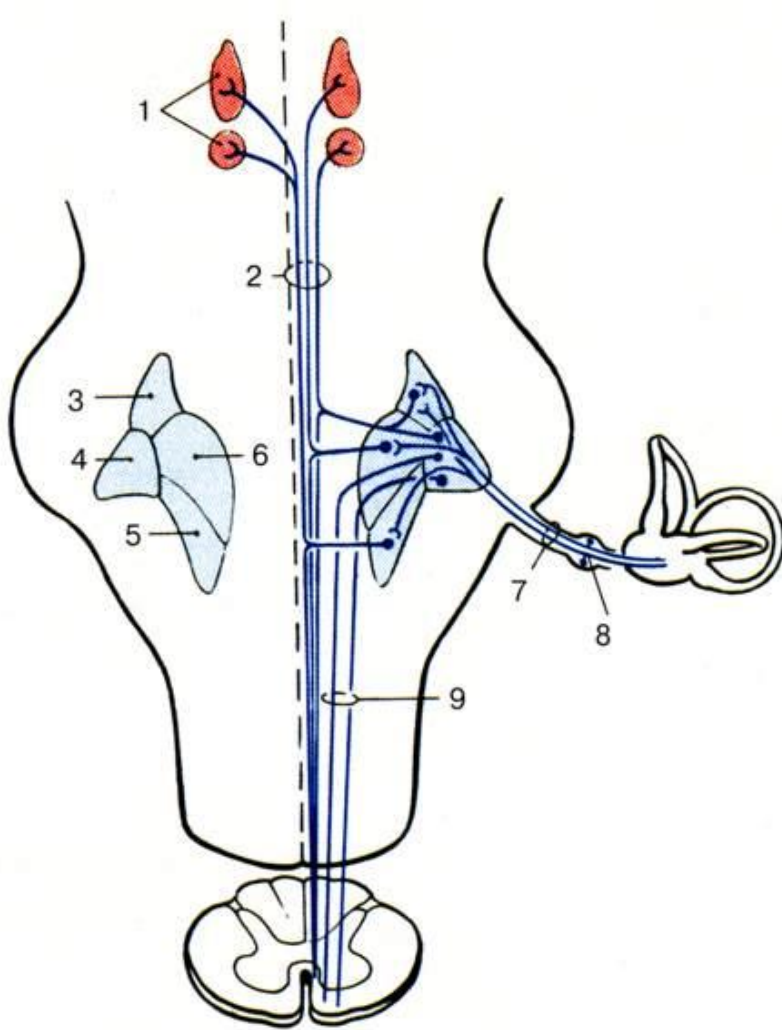
Ускорение

Полукружные каналы заполнены эндолимфой, имеющей одинаковую плотность с купулой. При вращении купула смещается в направлении противоположном направлению вращения, что вызывает деформацию ресничек рецепторов

Вестибулярная система. Купулярный аппарат



Вестибулярная система. Проводящие пути



- Вестибулоспинальный тракт – связи с гамма мотонейронами СМ
- связи с глазодвигательными ядрами
- мозжечком
- ретикулярной формацией ствола
- таламусом и соматосенсорной корой

- 1 – Ядра глазодвигательного и блокового нервов
2 – Медиальный продольный пучок
Вестибулярные ядра:
3 – верхнее (Бехтерева);
4 – латеральное (Дейтерса);
5 – нижнее;
6 – медиальное (Швальбе);
7 – Вестибулярный нерв;
8 – Скарпов ганглий (преддверный ганглий);
9 – Вестибулоспинальный тракт.

Вестибулярная система. Рефлексы

- Статические (рефлексы положения, выпрямительный рефлекс)
- Статокинетические (рефлекс лифта, рефлекс 7-го позвонка, глазной нистагм)

Вестибулярная система



Исследование вестибулярной системы человека

