

Методические материалы для СТУДЕНТОВ
по ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
по дисциплине:

Нормальная физиологии.

основная профессиональная образовательная программа высшего
образования

- программа специалитета

КОД Наименование ОП: 31.05.01 Лечебное дело

Министерство здравоохранения Российской Федерации

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

**Институт клинической медицины
Кафедра нормальной физиологии, 2025**

**Дисциплина «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»
2 курс**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для СТУДЕНТОВ
по ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
Модульная единица 1: Процессы возбуждения и торможения в
центральной нервной системе**

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Модульная единица 1: Процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе

ПРОГРАММА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (УИД)

1. УСТАНОВКА УИД: Проанализируйте процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе. Для этого самостоятельно выполните работу с учебной литературой, выполните на ее основе учебно-исследовательские (УИЗ), практические задания (ПЗ) и практические работы (ПР).

2. СХЕМА САМООРГАНИЗАЦИИ УИД:

Цель:

Знать:

- строение и физиологические функции нейрона;
- основные закономерности распространения возбуждения в центральной нервной системе;
- определение понятий “рефлекс”, “рефлекторная дуга”, “время рефлекса”. Классификацию рефлексов;
- основные функции нейрона и концепцию “интегративной деятельности нейрона”;
- определение и свойства нервного центра;
- структурно-функциональные основы рефлексов, применяемых в клинической практике;
- принципы классификации торможения в ЦНС;
- клеточные механизмы торможения.

Уметь:

- использовать знания для объяснения процессов возбуждения и торможения в ЦНС, анализа рефлекторных реакций, понимания интегративной деятельности нейрона, и применения полученных знаний в клинической практике.

Владеть:

- современными представлениями о процессах возбуждения и торможения в ЦНС, принципами классификации и клеточными механизмами торможения, навыками анализа рефлекторных реакций.

Предмет изучения: Текстовый материал в учебной литературе, материал лекций.

Средства: Учебно-исследовательские задания 1-4, практические работы 1-5.

Вопросы рубежного контроля к занятию:

1. Рассмотрите физиологические функции нейрона, обеспечивающие его интегративную деятельность. Назовите основные положения теории интегративной деятельности нейрона по П.К. Анохину.
2. Рассмотрите важнейшие физиологические свойства нервных центров, обеспечивающие процессы адаптации организма к изменениям внешних условий или внутренней среды.
3. Опишите клеточные механизмы торможения в ЦНС, виды торможения в нейронных сетях. Опишите опыт И.М. Сеченова (центральное торможение) и объясните его результаты с современных позиций.

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Учебник Нормальная физиология. Под ред. К.В. Судакова. 2012 г. С.54-58. С.80-96.

Учебник Нормальная физиология. Под ред. К.В. Судакова. 2006 г. С.125-136.

Нормальная физиология. Практикум. Под ред. К.В. Судакова. 2008 г. С.57-67.

Нормальная физиология: ситуационные задачи и тесты. Под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2011.

Зильбернагель С., Деспонулос А. Наглядная физиология, 2013 г. С.328-329.

4. СИСТЕМА ЗАДАНИЙ: УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАНИЯ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ЗАДАНИЕ №1

Перенесите в тетрадь схему нейрона. Укажите основные функции нейрона.

Укажите **структурные компоненты** нейрона:



1. дендриты,
2. тело (перикарион),
3. аксонный холмик,
4. аксон,
5. ветви аксона,
6. терминаль аксона

Укажите **функциональные участки** нейрона:

- a. область синаптического входа,
- b. область синтеза веществ, в т.ч. медиатора,
- c. место генерации потенциала действия,
- d. участок распространения потенциала действия,
- e. участок транспорта медиатора,
- f. область синаптических контактов с другими клетками.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

Сопоставьте определяемое понятие с определением. Запишите в тетради перечисленные определения.

Определяемые понятия: нервный центр, рефлекс, время рефлекса, рефлекторная дуга.

_____ – ответная реакция организма на раздражитель с участием нервной системы.

_____ – путь, по которому возбуждение проходит от рецептора до эффектора (мышцы или железы).

_____ – время прохождения возбуждения по рефлекторной дуге.

_____ – совокупность нейронов, обеспечивающих отдельную физиологическую функцию или целостную реакцию организма.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ЗАДАНИЕ №3

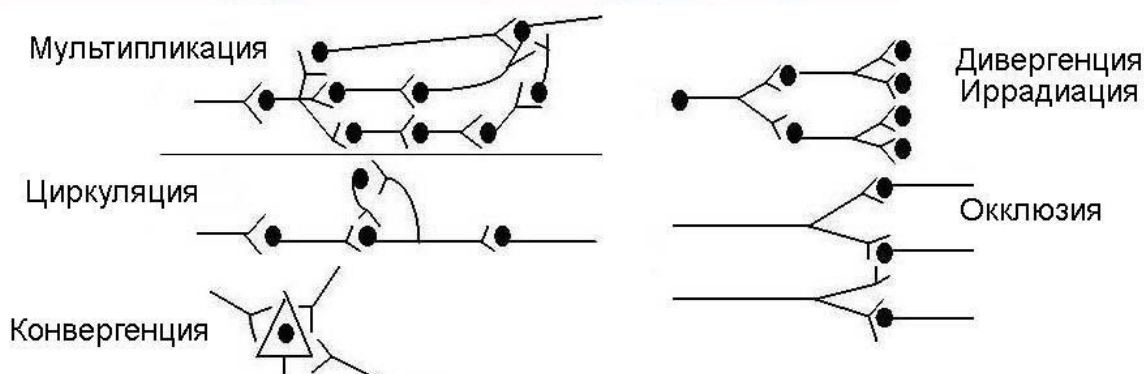
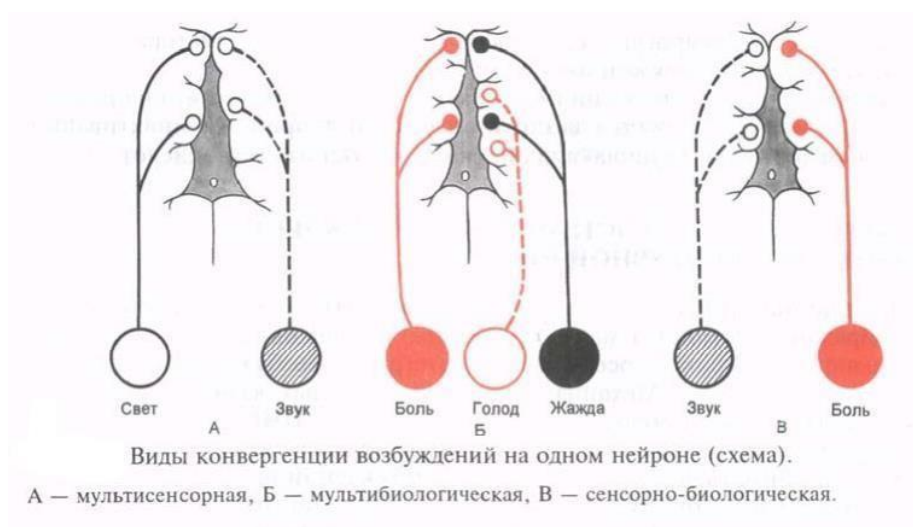
1. Изучите теоретический материал «Свойства нервных центров». Рассмотрите рисунки.
2. В тетради приведите примеры, отражающие явления пластичности, тонуса и доминанты в работе нервной системы.
3. Зарисуйте схему и дайте определение интегративной деятельности нейрона.

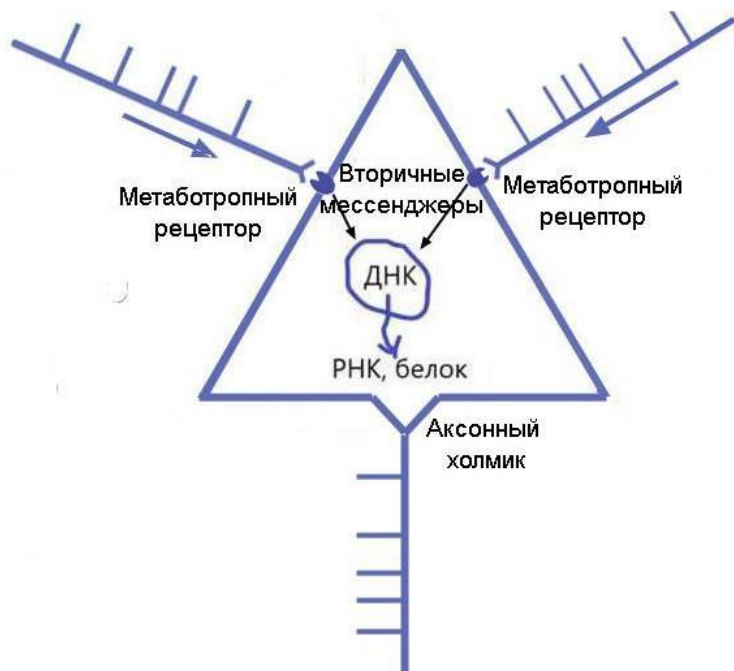
Свойства нервных центров:

1. *Одностороннее проведение возбуждения.* В ЦНС возбуждение, идет, как правило, в одном направлении, например, от афферентного нейрона к эфферентному, а не наоборот. Обусловлено это особенностями расположения и характером функционирования химических синапсов.
2. *Суммация возбуждений.* На нейроне в области его аксонального холмика происходит интеграция событий, разыгрывающихся на отдельных участках мембраны нейрона. Если с определенным интервалом к нейрону в точку А приходят импульсы, они вызывают генерацию в этой области ВПСП. Если эти ВПСП не достигают критического уровня деполяризации, то ПД не возникает. Если же частота следования достаточно большая, то в этом месте происходит суммация ВПСП и при достижении ВПСП критического уровня деполяризации возникает ПД, нейрон возбуждается. Это явление носит название *временной суммации* (происходит суммация следов возбуждения во времени). В ЦНС имеет место и *пространственная суммация*: возбуждения, приходящие в различные участки нейрона (даже если они сами по себе - подпороговые), при одновременном появлении у данного нейрона могут привести к его возбуждению при условии, что суммированный ВПСП достигает или превышает критический уровень деполяризации.
3. *Явление окклюзии:* один и тот же нейрон может передавать сигналы на ряд других нейронов, в результате чего возникает определенный эффект (например, происходит активация 10 мышечных волокон в мышце, вследствие чего мышца способна поднять 100 мг). Второй нейрон возбуждает тоже 10 других волокон (также способны поднять 100 мг). Но если оба нейрона возбуждать одновременно, то суммарная сила будет соответствовать 180 мг. Это объясняется тем, часть волокон у них были общими (т.е. нейрон 1 и 2 передавали информацию на одни и те же волокна).
4. *Трансформация ритма возбуждения.* В отличие от скелетной мышцы или аксона нейрон способен трансформировать (видоизменять) ритм возбуждений, приходящих к нему.
Например, при поступлении импульса с частотой 25 Гц нейрон, возбуждаясь, генерирует 50 имп/сек (50 Гц), или наоборот, при поступлении 100 имп/сек выходят 40 имп/сек.
5. *Последействие:* один из вариантов этого свойства - длительное циркулирование импульсов по «нейронной ловушке». Благодаря этому происходит формирование следа (энграммы) краткосрочной памяти.

6. *Утомление нервных центров.* Это свойство обусловлено особенностями синаптической передачи в ЦНС: при длительном возбуждении одного и того же нейрона в синапсе может снизиться содержание медиатора, что приведет к снижению работоспособности нейрона.
7. *Пластичность.* Это способность нервных элементов к перестройке функциональных свойств. Это свойство актуально при обучении новым навыкам или при восстановлении утраченных в результате повреждений мозга (например, после инсультов) функций.
8. *Тонус.* Длительное стойкое возбуждение нервных центров. Поддерживается афферентными входами в нервный центр и гуморальными факторами.
9. *Доминанта.* Это устойчивый очаг повышенной возбудимости нервных центров, при котором возбуждения, приходящие в центр, служат усилению возбуждения в очаге, тогда как в остальной части нервной системы широко наблюдаются явления торможения.

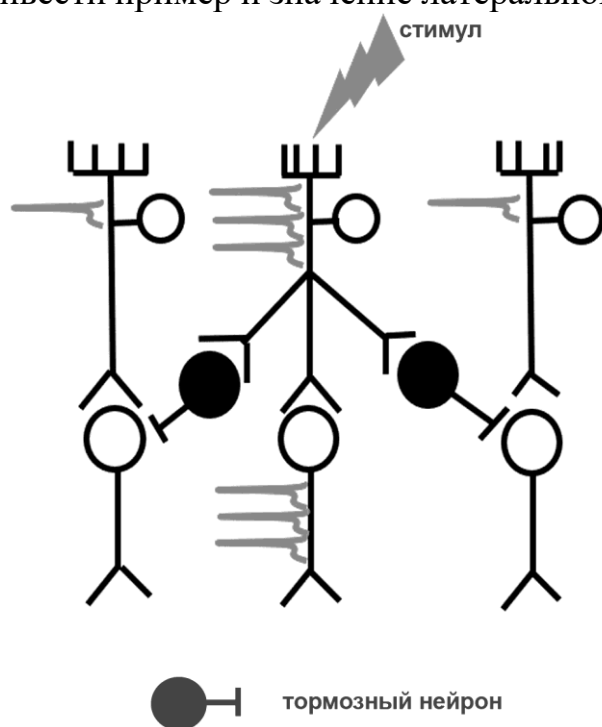
Принципы распространения возбуждения в ЦНС:



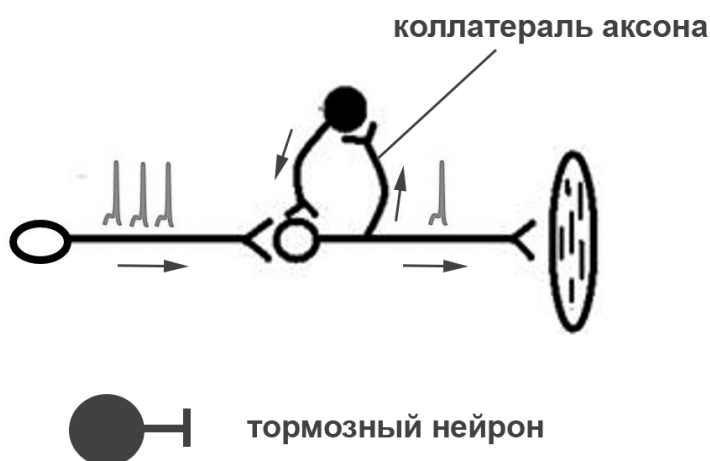


УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ЗАДАНИЕ №4.

1. Зарисовать схему возвратного и латерального торможения.
2. Привести пример и значение латерального торможения в организме.



ЛАТЕРАЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ характерно для сенсорных систем, обеспечивая четкую дифференцировку и локализацию стимулов (например, контрастность зрения). При этом возбуждение, идущее по одной афферентной нейрональной цепи, тормозит возбуждение, идущее по соседним афферентным цепям.



ВОЗВРАТНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ предотвращает чрезмерное возбуждение нейрона или слишком сильное сокращение мышцы. Торможение мотонейронов происходит импульсами, поступающими по возвратным коллатералям аксонов через тормозные нейроны.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 Спинальные рефлекс у лягушки. Изучение характера рефлекторной реакции от места раздражения и характеристик рецептивного поля

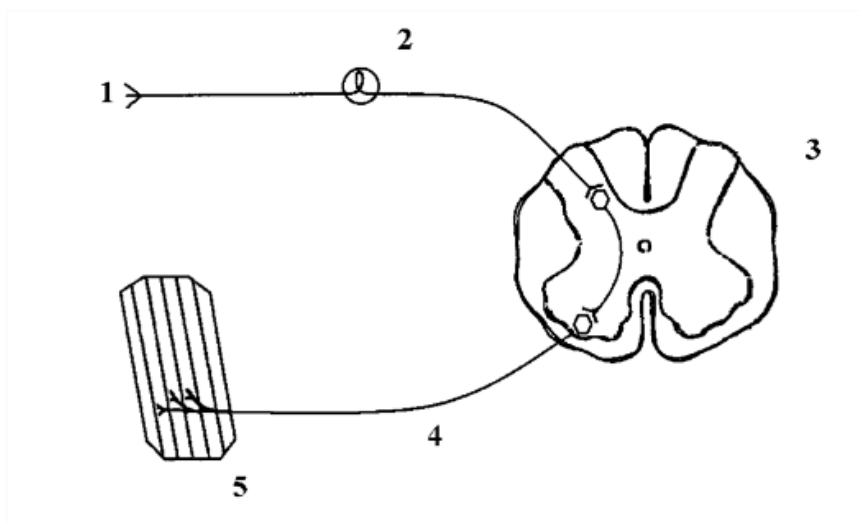
Содержание работы. У наркотизированной эфиром лягушки удалить головной мозг, отделив ножницами верхнюю челюсть по заднему краю глазниц (декапитация). Через 2-3 минуты подвесить лягушку за нижнюю челюсть на штативе.

Кусочек фильтровальной бумаги, смоченной 0,5% раствором HCl, накладывать последовательно на брюшко, спину, бедро, голень и записывать характер ответной реакции. После каждого раздражения удалять с кожи лягушки остатки кислоты, опуская лягушку в сосуд с чистой водой и не допуская попадания воды на уровень среза.

Полученные экспериментальные данные внести в таблицу.

Зависимость ответной реакции от места раздражения.

№	Область раздражения	Время рефлекса	Характер реакции
1	Брюшко	8 сек	Ритмический рефлекс потирания
2	Спина	5 сек	Стряхивание бумажки с брюшка
3	Бедро	3 сек	Удаление бумажки с бедра
4	Голень	4 сек	Защитный сгибательный рефлекс



Рекомендации к оформлению протокола.

А. Нарисовать схему трехнейронной рефлекторной дуги оборонительного рефлекса, обозначить компоненты рефлекторной дуги соматического рефлекса (1-5).

В. На основании полученных данных объяснить зависимость характера ответной реакции от места раздражения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. Выявление зависимости ответной реакции от силы раздражения

Содержание работы. Декапитировать лягушку и подвесить на штативе. На кожу брюшка накладывать последовательно фильтровальную бумажку размером 1 см², смоченную вначале 0,1%, далее 0,5% и 1% раствором соляной кислоты (HCl). Измерить время рефлекса. После каждого раздражения смывать водой остатки кислоты. Интервалы между раздражениями должны быть 2-3 минуты.

Полученные экспериментальные данные внести в таблицу.

Зависимость ответной реакции от силы раздражения

№	Характер раздражения	Время рефлекса	Описание двигательной ответной реакции
1	0,1% HCl	10 сек	Ритмический рефлекс потирания
2	0,5% HCl	6 сек	Ритмический рефлекс потирания
3	1% HCl	2 сек	Ритмический рефлекс потирания

Рекомендации к оформлению протокола. Объяснить зависимость времени рефлекса от силы раздражителя.

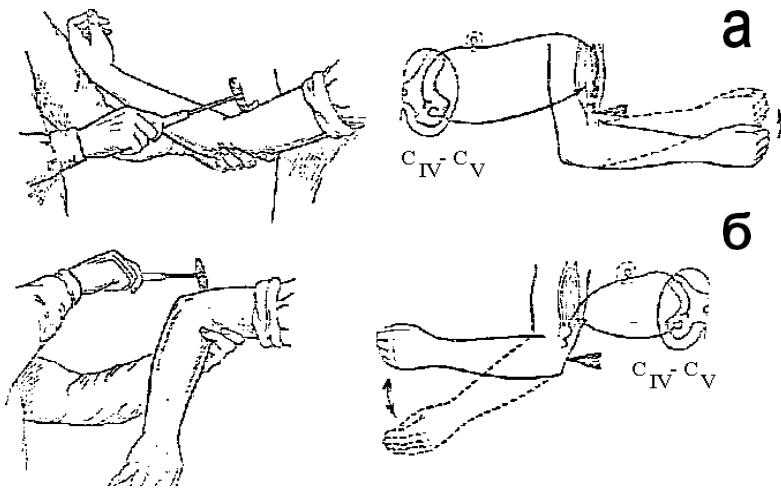
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. Структурно-функциональные основы ответных реакций (рефлексов) человека, используемых в клинике.

Для оценки неврологического статуса пациента в клинической практике часто исследуются так называемые сухожильные (миотатические) рефлексы: коленный, ахиллов, локтевой и др. При нарушении деятельности ЦНС может наблюдаться либо значительное усиление, либо ослабление рефлексов (вплоть до полного их исчезновения).

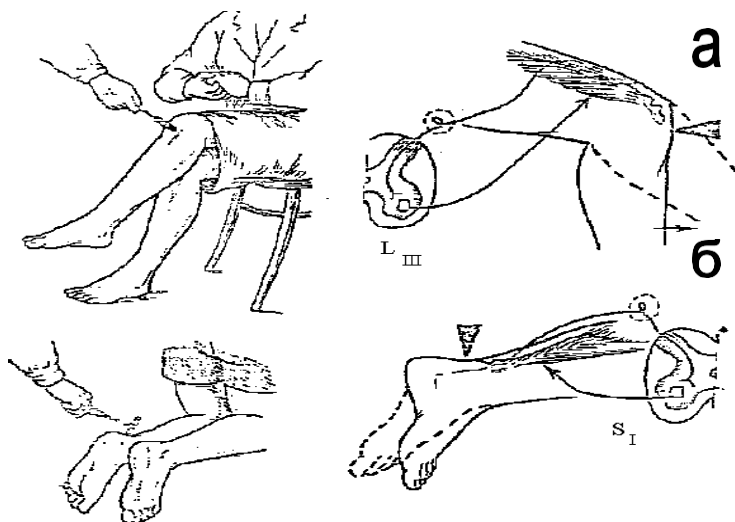
Признаком патологии может являться асимметричность рефлексов, т.е. их различная выраженность слева и справа.

Изучите теоретический материал ниже и **выполните задания в тетради:**

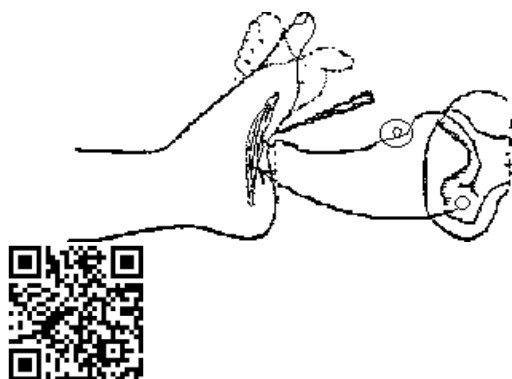
1. Исследуйте коленный рефлекс на одном из студентов в аудитории (методика описана в конце практического задания). Запишите результат исследования коленного рефлекса (выражен / не выражен; симметричен/ассимметричен).
2. Изобразите схемы основных рефлексов человека, используемых в клинике, подпишите их звенья.
3. Ответьте на вопросы о рефлекторной дуге миотатического (сухожильного) рефлекса:
 - Сколько нейронов включает дуга рефлекса?
 - Сколько синапсов в ЦНС включает эта дуга?
4. Объясните механизм пробы Ендрассика.
5. Опишите защитные оборонительные рефлексы с кожной поверхности и слизистых оболочек.



Сухожильные рефлексы верхней конечности.



Сухожильные рефлексы нижней конечности - коленный и ахиллов.



Рефлекс от рецепторов кожной поверхности подошвы - рефлекс Бабинского
https://www.youtube.com/watch?v=iV_a2WSbdM8&t=12s.

Обратите внимание на рефлекс Бабинского у здоровых детей до двух лет:
<https://www.youtube.com/watch?v=b2QKXOzD8sA>



Кожные рефлексы.

Кожные рефлексы	Методика исследования	Уровень замыкания рефлекторной дуги
Брюшные: а) верхний	Рукояткой неврологического молоточка, затупленной иглой или спичкой наносить штриховое раздражение на три-четыре пальца выше пупка параллельно реберной дуге, наблюдать сокращение брюшных мышц на соответствующей стороне.	T ₁ - T ₈
б) средний	Нанести штриховое раздражение кожи на уровне пупка, наблюдать сокращение брюшных мышц.	T ₉ - T ₁₀
в) нижний	Нанести штриховое раздражение на кожу на три-четыре пальца ниже пупка, наблюдать сокращение брюшных мышц.	T ₁₁ - T ₁₂

Таблица 3-2

Надкостничные рефлексы.

Надкостничные рефлексы	Методика исследования	Уровень замыкания рефлекторной дуги
Надбровный	Неврологическим молоточком нанести легкий удар по краю надбровной дуги, наблюдать смыкание век.	I ветвь V -VII черепномозговых нервов.
Нижнечелюстной	Неврологическим молоточком слегка ударить по подбородку при приоткрытом рте, наблюдать сокращение жевательных мышц и поднятие нижней челюсти.	Чувствительные и двигательные волокна III ветви V черепно-мозгового нерва.
Пястно-лучевой (стилорадиальный)	Неврологическим молоточком нанести удар по шиловидному отростку, наблюдать сгибание в локтевом суставе и пронацию предплечья.	C ₅ - C ₆ - C ₇ - C ₈
Лопаточно - плечевой	Неврологическим молоточком нанести удар по внутреннему краю лопатки, наблюдать приведение, ротацию плеча кнаружи.	C ₃ - C ₅
Костно - абдоминальный	Неврологическим молоточком слегка ударить по краю реберной дуги, кнутри от сосковой линии, наблюдать сокращение мышц живота на соответствующей стороне.	T ₆ - T ₇

Таблица 3-3

Рефлексы со слизистых оболочек.

Рефлексы со слизистых оболочек	Методика исследования	Уровень замыкания рефлекторной дуги
Корнеальный	Кусочком свернутой ватки прикоснуться поочередно к роговице правого и левого глаза, наблюдать смыкание век.	Чувствительные и двигательные волокна V-VII черепно-мозговых нервов.

Глоточный	Шпателем или чайной ложкой прикоснуться к задней стенке глотки, наблюдать рвотное или кашлевое движение.	Чувствительные и двигательные ядра IX-X черепно-мозговых нервов.
Нёбный	Шпателем или чайной ложкой коснуться нёбной занавески, наблюдать поднятие нёбной занавески.	Чувствительные и двигательные ядра IX-X черепно-мозговых нервов.

Методика исследования коленного рефлекса.

Испытуемого усадить на стул. Предложить ему положить ногу на ногу и расслабить мышцы исследуемой конечности. Нанести легкий удар ребром ладони по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже надколенника. Должно проявиться разгибание голени. Сравнить рефлексы для левой и правой конечности.

Если коленный рефлекс выражен слабо, его можно значительно усилить, применив так называемую пробу Ендрассика: предложить испытуемому согнуть руки в локтях, пальцы сложить вместе и согнуть, одну руку расположить ладонью вверх, другую – ладонью вниз и взяться пальцами одной руки за пальцы другой, образуя «замок». Не разгибая пальцев, потянуть руки в стороны, как бы пытаясь «разорвать замок». Пока испытуемый занят выполнением этого упражнения, проверить коленный рефлекс. У неврологически здорового пациента на фоне пробы Ендрассика рефлекс значительно усиливается.

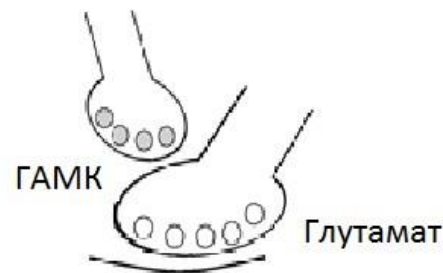
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. Торможение в ЦНС. Исследование Сеченовского торможения

Торможением называется активный биологический процесс, сопровождающийся прекращением или ослаблением процесса возбуждения. Торможение в нервной системе – это локальный процесс в результате взаимодействия тормозимого и тормозящего(их) возбуждений.

Клеточные механизмы торможения:



Постсинаптическое торможение



Постсинаптическое торможение

Торможение в ЦНС было открыто И.М. Сеченовым в 1862 году.

Эксперимент Сеченовского торможения. У наркотизированной лягушки обнажить головной мозг. Поперечным разрезом в области зрительных бугров отделить большие полушария. После подсушивания места разреза определить время кислотного рефлекса по Тюрку, пользуясь 0,25% раствором кислоты. На основании 2 или 3 измерений рассчитать среднее время рефлекса, данные внести в таблицу.

После определения исходного времени рефлекса вновь подсушить место разреза и наложить на зрительные бугры кристаллик поваренной соли (NaCl). Через 1-2 мин. Вновь определить время рефлекса в 2-3 измерениях, рассчитать среднее время, данные внести в таблицу.

Убедившись в том, что раздражение зрительных бугров вызывает торможение кислотного (двигательного) рефлекса, удалить кристаллик соли и после промывания поверхности мозга 0,6% раствором поваренной соли, через 5 мин. вновь определить время рефлекса по Тюрку. Результаты работы представить в таблице.

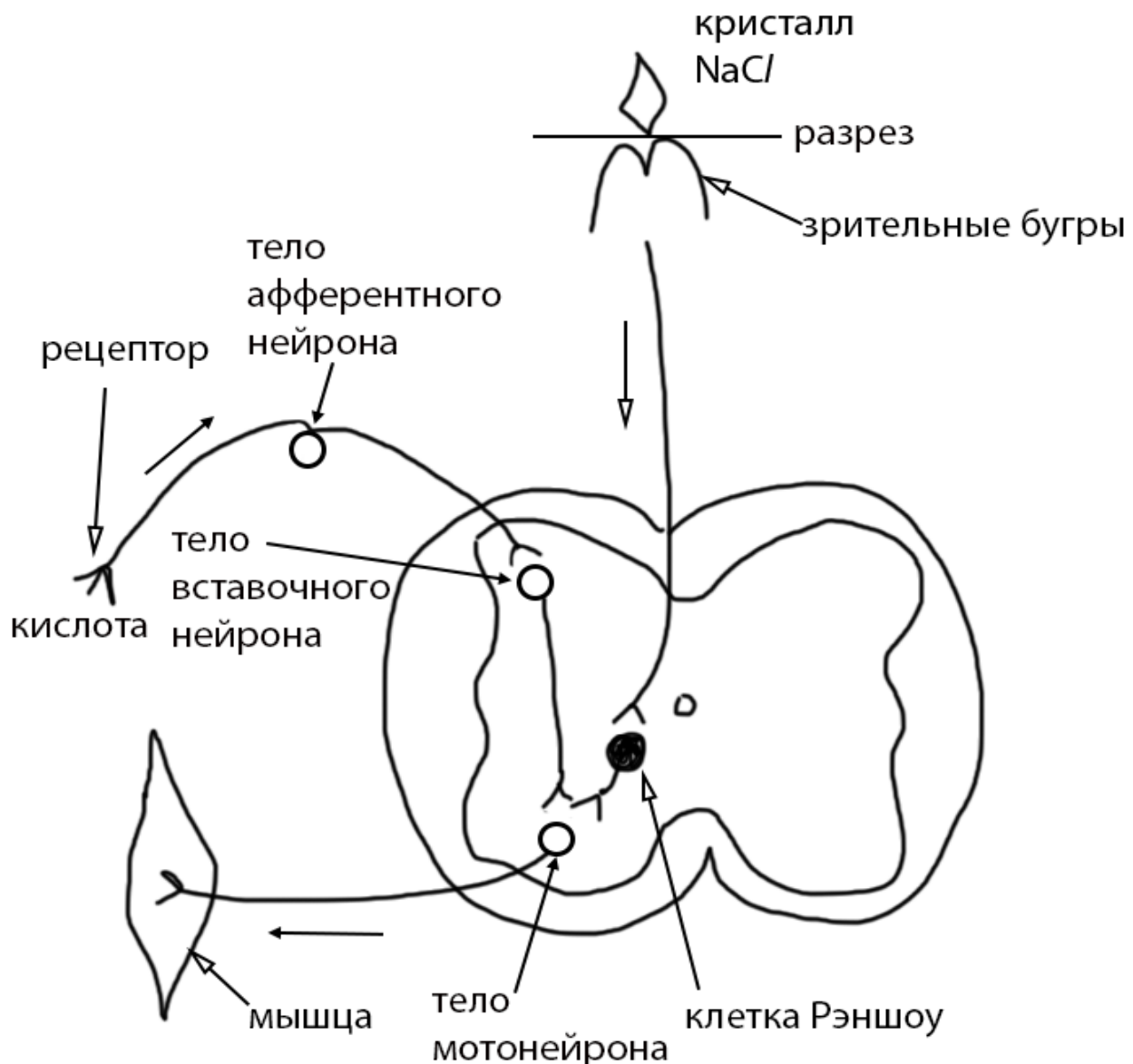


Схема опыта Сеченова.

Просмотреть демонстрацию учебного фильма: «Сеченовское торможение»



<https://www.youtube.com/watch?v=A61M-AtCxrQ&t=1s>

Столбнячный токсин влияет на клетки Реншоу в спинном мозге. Эти клетки обычно ограничивают активность двигательных нейронов и предотвращают тетанические сокращения. Токсин препятствует высвобождению ингибирующего нейромедиатора глицина в нервном окончании клетки Реншоу. Клетка Реншоу активируется тем же нейроном, который она ингибирует, создавая цепь отрицательной обратной связи, ограничивающей эффекты стимуляции двигательных нейронов.

Рефлексы со слизистых оболочек.

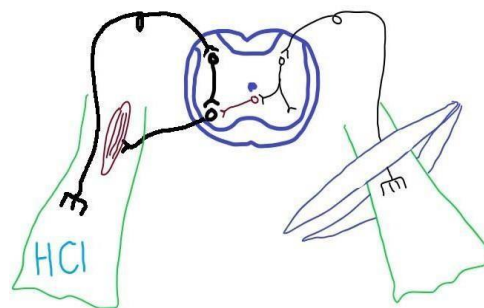
Условия	Среднее время рефлекса в секундах.
После удаления больших полушарий	3
При наложении кристаллика соли на зрительные бугры	15
После удаления соли	3

1. Записать ход опыта.
2. Заполнить в тетради таблицу данными эксперимента.
3. В выводе дать объяснение механизма Сеченовского торможения.
4. Является ли Сеченовское торможение обратимым процессом?
5. Зарисовать схему Сеченовского торможения.
6. К какому виду относится Сеченовское торможение (пре- или постсинаптическое)?
7. Какой медиатор выделяет тормозный нейрон?
8. Какие процессы на постсинаптической мембране вызывает этот медиатор?

Практическая работа №5. Сопряженное торможение (торможение Гольца).

Содержание работы Опыт проводится на спинальной лягушке. Определить время двигательного сгибательного рефлекса при опускании лапки лягушки в 0,5% раствор кислоты. Затем вновь определить время этого рефлекса, но при одновременном механическом раздражении (сдавливании зажимом или пинцетом) другой лапки. Схема торможения Гольца.

Задание. Перерисовать схему, указать на схеме компоненты рефлекторных дуг, клетку Рэншоу, место выделения тормозного медиатора, указать название этого медиатора. Записать ход эксперимента.



Министерство здравоохранения Российской Федерации

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

**Институт клинической медицины
Кафедра нормальной физиологии, 2025**

**Дисциплина «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»
2 курс**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для СТУДЕНТОВ
по ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
Модульная единица 2: Методы изучения центральной нервной
системы. Частная физиология центральной нервной системы**

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Модульная единица 2: Методы изучения центральной нервной системы. Частная физиология центральной нервной системы

ПРОГРАММА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (УИД)

1. УСТАНОВКА УИД: Проанализируйте методы изучения ЦНС и особенности частной физиологии ЦНС. Для этого самостоятельно выполните работу с учебной литературой, выполните на ее основе учебно-исследовательские (УИЗ), практические задания (ПЗ) и практические работы (ПР).

2. СХЕМА САМООРГАНИЗАЦИИ УИД:

Цель:

Знать:

- Основные методы исследования центральной нервной системы (стереотаксическая техника, микроэлектродная методика, микроионофорез, электроэнцефалография, метод вызванных потенциалов).
- Закономерности деятельности различных отделов и структур центральной нервной системы (спинного, продолговатого, промежуточного, среднего мозга, мозжечка, лимбической системы, ретикулярной формации, подкорковых ядер головного мозга). Частную физиологию коры больших полушарий. Функциональную асимметрию коры мозга.
- Роль основных отделов центральной и периферической нервной системы в механизмах поддержания мышечного тонуса, позы и произвольных движений.

Уметь:

Использовать знания для объяснения закономерностей деятельности различных отделов и структур ЦНС, анализировать результаты исследований ЦНС (ЭЭГ, вызванные потенциалы), объяснять механизмы поддержания мышечного тонуса, позы и произвольных движений.

Владеть:

Современными представлениями о функциональной организации и деятельности различных отделов ЦНС, основными методами исследования ЦНС, навыками интерпретации результатов исследований ЦНС и анализа механизмов регуляции движений

Предмет изучения: Текстовый материал в учебной литературе, материал лекций.

Средства: Учебно-исследовательские задания, практические задания, практические работы.

Вопросы рубежного контроля к занятию:

4. Охарактеризуйте основные инвазивные и неинвазивные методы исследования ЦНС. Объясните их использование для оценки различных функциональных состояний человека.
5. Объясните характер взаимодействия нейронов сегментарного аппарата спинного мозга и проприорецепторов опорно-двигательного аппарата в механизмах поддержания мышечного тонуса.
6. Объясните характер взаимодействия различных отделов ЦНС и элементов опорно-двигательного аппарата в процессах формирования позы.
7. Объясните характер взаимодействия различных отделов ЦНС и элементов опорно-двигательного аппарата при выполнении произвольного движения.

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Учебник Нормальная физиология. Под ред. К.В. Судакова. 2012 г. С.108-144, С.583-618.
2. Учебник Нормальная физиология. Под ред. К.В. Судакова. 2006 г. С.136-181, С.543-561.
3. Нормальная физиология. Практикум. Под ред. К.В. Судакова. 2008 г. С.68-78

Дополнительная:

1. Зильбернагель С., Деспопулос А. Наглядная физиология, 2013 г.
2. Физиология (основы и функциональные системы). М. Медицина, 2000, с.780.
3. Физиология функциональных систем. Иркутск, 1997, с. 514.
4. Нормальная физиология. М.МИА, 1999, с.718.
5. Шмидт Р. Физиология человека. М, Мир, 1985г.
6. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М. Медицина. 1975, 440 с.
7. Гранит Р. Основы регуляции движений. М. Мир, 1973, 370 с.
8. Фанарджян В.В. Тормозные механизмы мозжечка. Успехи физиологических наук. 1992, т.23, вып.4, стр. 3-29.
9. Коробков А.В., Чеснокова С.А. Атлас по нормальной физиологии. Под ред. Н.А.Агаджаняна. М., высшая школа, 1986, 351 с.
10. Косицкий Г.И. Физиология человека. М., Медицина, 1985, с.560.
11. Соколовская И.Э. Особенности ЭЭГ детского возраста. / В кн.: Нейрофизиологические исследования в клинике. М.: АНТИДОР, 2001.-С. 102-114.

Задание 1 Электроэнцефалографический анализ деятельности головного мозга.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его суммарных электрических потенциалов. С помощью этого метода можно определять локализацию органических поражений мозга, а также, что более существенно, оценивать его функциональную активность.

В стволе мозга и в передних отделах лимбической системы имеются ядра, активация которых приводит к изменению уровня функциональной активности практически всего мозга. Эти образования подразделяются на *восходящие активизирующие системы*, расположенные на уровне ретикулярной формации среднего мозга и в преоптических ядрах переднего мозга, и *подавляющие, тормозящие, сомногенные системы*, расположенные главным образом в продолговатом мозге, нижних отделах моста и неспецифических таламических ядрах. Активирующие ретикулокортикальные и лимбикокортикальные системы вызывают повышение уровня функциональной активности мозга, при активации сомногенных ретикулокортикальных и таламическортикальных систем уровень бодрствования снижается вплоть до засыпания.

Возбуждение активирующих ретикулокортикальных систем приводит к возникновению на ЭЭГ десинхронизации, выражающейся появлением высокочастотной, нерегулярной, низкоамплитудной активности. При снижении активности мозга сокращается афферентный приток, при этом отдельные нейроны функционально объединяются в огромные популяции с синхронизированной активностью, которая отражается на ЭЭГ медленными, регулярными, высокоамплитудными колебаниями. Распространение возбуждения в мозге, изменение потенциалов на мембранах нейронов создают неоднородное в пространстве и изменяющееся во времени электрическое поле. В связи с этим, между двумя точками мозга, а также между мозгом и удаленными от него тканями организма возникает разность потенциалов, которая и регистрируется с помощью метода электроэнцефалографии. При экспериментах на животных регистрируется электроэнцефалограмма коры и подкорковых структур. В клинических исследованиях ЭЭГ отводится, с помощью электродов, расположенных на интактных покровах головы человека и в некоторых экстракраниальных точках.

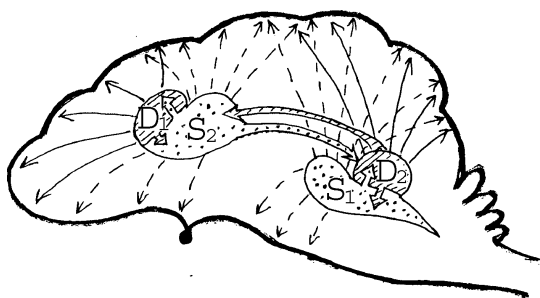
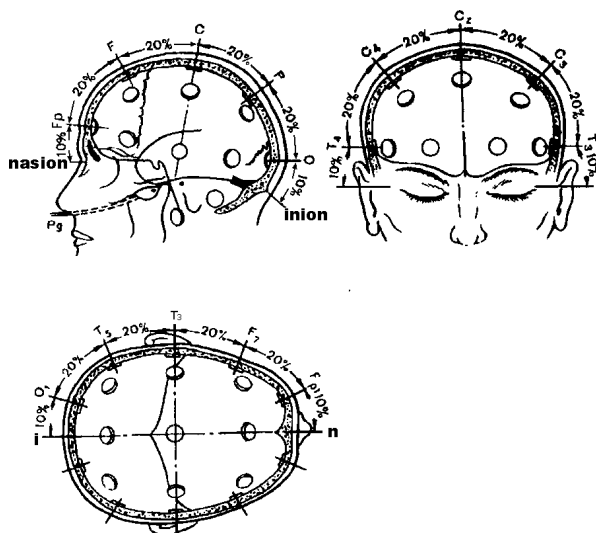


Схема восходящих систем регуляции уровня активности мозга. D₁ и D₂ - десинхронизирующие активирующие системы переднего мозга и среднего мозга, S₁ и S₂ - синхронизирующие тормозящие системы продолговатого мозга и моста и неспецифических ядер промежуточного мозга.



Буквенные индексы означают:

O - затылочное отведение;

P - теменное отведение,

C - центральное отведение;

F - лобное отведение;

T - височное отведение;

Ta - переднее височное отведение;

Tr - заднее височное отведение; d - правое полушарие мозга;

s - левое полушарие.

Международная схема расположения электродов 10-20.

Отведение ЭЭГ может быть *монополярным*, при котором активный электрод располагается над определённым участком мозга, а пассивный (референтный) - на мочке уха, подбородке или на носу. При *биполярном* отведении регистрируется изменение разности потенциалов между электродами, расположенными над мозгом.

Разность потенциалов между электродами на интактных покровах головы не превышает 100 - 150 мкВ, поэтому отводимые сигналы усиливаются, затем отфильтровываются от различных помех и регистрируются на цифровом устройстве.

Определённый тип электрической активности, соответствующий тому или иному состоянию мозга, соответствует понятию «ритм». Для взрослого бодрствующего человека наиболее характерны α - (альфа) и β - (бета) ритмы.

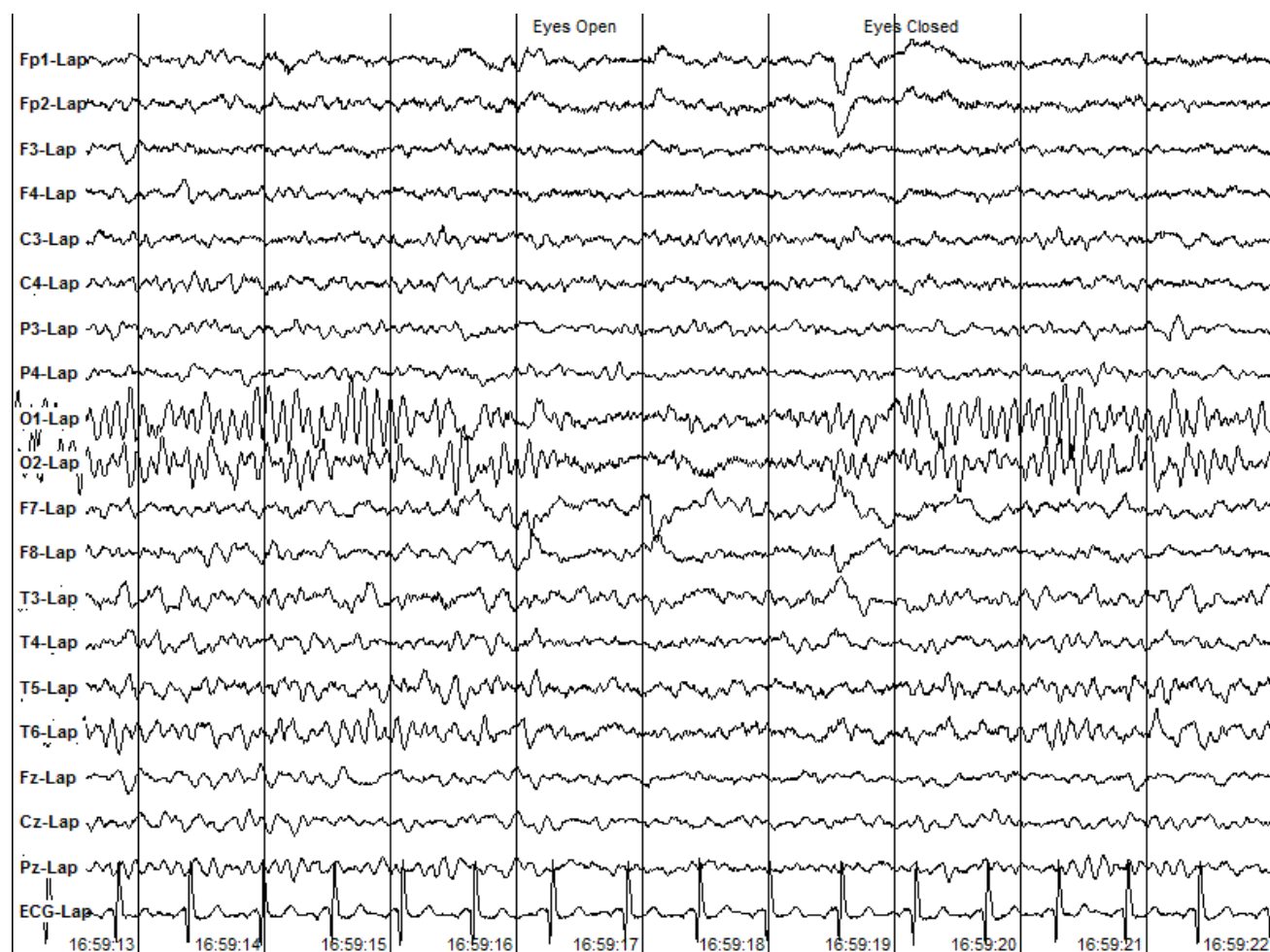
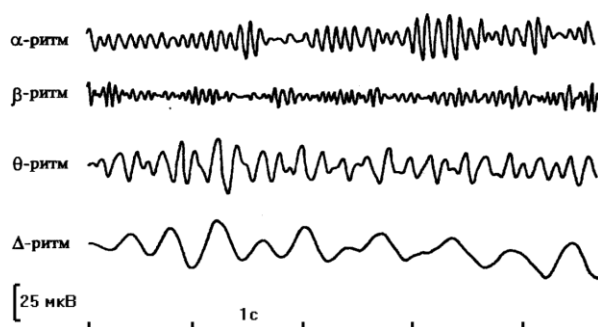
Альфа (α) - ритм имеет частоту 8 - 13 Гц, амплитуду до 100 мкВ. Ритм лучше всего выражен в затылочных областях, наибольшую амплитуду имеет в состоянии спокойного расслабленного бодрствования, особенно при закрытых глазах.

Бета (β) - ритм. Частота 14 - 40 Гц, амплитуда до 15 мкВ. Ритм появляется при повышении функциональной активности мозга, например, при открывании глаз (реакция десинхронизации).

Тета (θ) - ритм с частотой 4-7 Гц и амплитудой от 40 до 300 мкВ и **дельта (δ)** - ритм, имеющий частоту 0,5-3 Гц и амплитуду как у тета-ритма.

Отдельные тета-волны в небольшом количестве и с амплитудой не превышающей альфа- волны могут встречаться на ЭЭГ взрослого здорового человека. Усиление тета ритма на ЭЭГ рассматривается как электрофизиологический маркер напряжения и готовности к деятельности, ориентировочной реакции, ассоциируется с процессами внимания и памяти.

Медленноволновые θ и δ ритмы характерны для засыпания и сна. Увеличение доли высокоамплитудного θ -ритма и δ -ритма у взрослого бодрствующего человека свидетельствует о развитии патологических процессов.



Реакция десинхронизации на ЭЭГ при открывании глаз.

Посмотреть фильм о ЭЭГ: <https://www.youtube.com/watch?v=m2tQporhoqc&t=5s>



Особенности детской ЭЭГ.

У ребенка в возрасте **3–4-лет** на электроэнцефалограмме доминируют волны тета-диапазона.

В **5-6-летнем** возрасте на электроэнцефалограмме формируется активность с частотой альфа-ритма, свойственной взрослым. Индекс альфа-активности составляет более 27 %, показатели тета-индекса — 20–35 %, дельта-индекса — 24–37 %. Медленные ритмы имеют диффузное распределение и не превышают по амплитуде альфа-активность.

В электроэнцефалограммах детей **10–12 лет** созревание альфа-ритма в основном завершается, у них альфа- ритм

доминирует по времени над остальными ритмами и по индексу составляет 45–60 %. По амплитуде альфа-ритм преобладает в теменно-затылочных или задневисочно-теменно-затылочных отделах. На фоне доминирующего альфа-ритма выявляются единичные тета-волны с частотой 5–7 кол/сек и по амплитуде не превышающей другие компоненты ЭЭГ. Также с 10 лет отмечается усиление бета-активности в лобных отведениях.

ЭЭГ подростков в возрасте **13–16 лет** характеризуется продолжающимися процессами формирования биоэлектрической активности мозга. Альфа-ритм становится доминирующей формой активности и преобладает во всех областях коры, средняя частота альфа-ритма равняется 10–10,5 Гц. ЭЭГ достигает полной степени зрелости, характерной для взрослых людей к 18–22 годам.

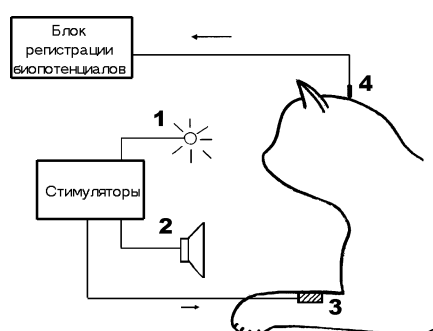
Рекомендации к оформлению протокола:

1. Вклеить в тетрадь запись ЭЭГ при открытых и закрытых глазах, записать основные характеристики главных ритмов ЭЭГ.
2. сделать заключения о различиях частоты и амплитуды альфа-ритма в лобных и затылочных отведениях на ЭЭГ покоя; отметить как изменяется частота и амплитуда альфа- ритма лобных и затылочных отведений ЭЭГ при открывании глаз по сравнению с ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах.

Задание 2 Регистрация вызванных потенциалов.

Данный метод используется для определения состояния афферентных систем мозга и заключается в регистрации электрических потенциалов, возникающих в ответ на различные раздражения как периферических рецепторов, так и отдельных структур центральной нервной системы. В отличие от изменения фоновой ритмики вызванные потенциалы (ВП) представляют собой стереотипные комплексы колебаний, возникающие с определённым латентным периодом в ответ на приход афферентных импульсов после подачи кратковременного раздражения. Форма вызванных потенциалов непосредственно связана с характером активности нервных структур.

Вызванные потенциалы различаются по форме, латентному периоду, локализации, чувствительности к разнообразным воздействиям, что отражает функциональное состояние центральной нервной системы.



- 1 - источник светового стимула.
- 2 - источник звуковых стимулов.
- 3 - электроды для электрокожного раздражения.
- 4 - электрод для регистрации вызванных потенциалов.

Рис. 7. Схема расположения источников света, звука, раздражающих электродов для подачи различных стимулов и регистрирующих электродов для получения вызванных потенциалов головного мозга.

Вызванные потенциалы возникают в проекционных зонах корковых отделов соответствующих анализаторов: зрительного, слухового, кожного, интероцептивного, вестибулярного. Раздражителями, вызывающими эти ответы, могут быть световые, звуковые, тактильные и другие сигналы. Латентный период первичных ответов колеблется от 3 до 30 мс, а их длительность от 10 до 100 мс. На рис. 8 представлен вызванный потенциал в зрительной коре мозга кошки и механизм его возникновения.

Метод вызванных потенциалов используется для определения локализации проекционных зон различных анализаторных систем в коре мозга. При этом в условиях регистрации

электрической активности посредством электродов, перемещаемых по поверхности мозга, осуществляют повторные раздражения различных уровней сенсорных систем - рецепторов, периферических чувствительных нервов, релейных ядер. Отмечая территорию максимальной выраженности ответов, выявляют контуры корковой зоны, в которой заканчиваются афферентные пути данного анализатора. Отношение размеров корковой зоны, на которой возникают вызванные электрические ответы, к территории раздражаемого рецептивного поля может дать представление о тонкости анализа поступающей информации, осуществляемой данной зоной.

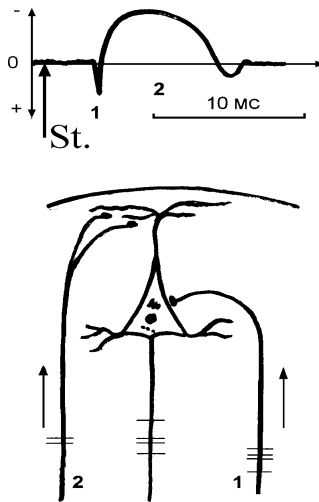


Рис. 8. Схема происхождения первичного ответа вызванного потенциала в зрительной коре кошки при световом раздражении.

1 - положительная фаза первичного ответа есть результат местного возбуждения клеточных тел (перикарионов) пирамидных нейронов и слоёв коры полушарий переднего мозга под действием залпа афферентных импульсов;

2 - отрицательная фаза первичного ответа возникает за счёт потенциалов, генерируемых дендритами поверхностных слоёв коры;

St. - момент нанесения раздражения

Рекомендации к оформлению протокола. Зарисовать схему происхождения вызванного потенциала в коре мозга.

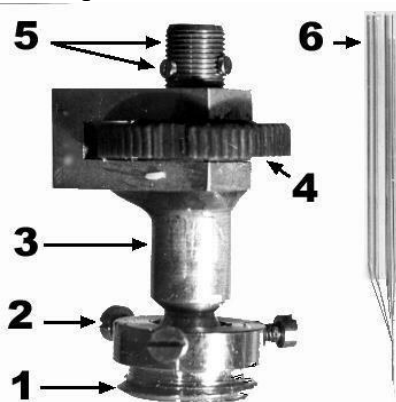
Задание 3 Микроэлектродная техника.

Изучение разрядной деятельности нейронов головного мозга животных. Регистрация импульсной активности отдельных нейронов может осуществляться у нервных клеток в культуре ткани, нейронов ганглиев беспозвоночных животных (например, виноградной улитки). Возможна регистрация импульсной активности нейронов ЦНС у позвоночных наркотизированных животных. Наиболее информативной и в то же время наиболее сложной является регистрация импульсации нервных клеток в условиях свободного поведения объекта.

Электроды для регистрации клеточной активности часто изготавливаются из металла - вольфрама или нихрома, подобно электродам для регистрации суммарной электрической активности подкорковых структур, только с более тонкими кончиками. В ходе операции под наркозом в асептических условиях с применением стереотаксического метода электроды вживляются в нужные структуры мозга и фиксируются к черепу животного. Однако, при использовании металлических электродов, как правило, регистрируется импульсная активность нескольких нейронов (нейронного «пула»), поэтому приходится применять амплитудно-частотные фильтры для выделения отдельных импульсных потоков. Наилучшее качество регистрации разрядной деятельности нервных клеток отмечается при использовании стеклянных микроэлектродов.

В череп животного под наркозом в стерильных условиях монтируется металлический

цоколь над соответствующим участком мозга. Твёрдая мозговая оболочка вскрывается. Эксперименты начинаются через 3-5 дней. В отверстие цоколя вставляется и закрепляется шаровидная часть микроманипулятора, внутри которого располагается стеклянный микроэлектрод, наполненный 3 М раствором хлористого калия.



- 1 - цоколь микроманипулятора;
- 2 - винты фиксации микроманипулятора в цоколе;
- 3 - корпус микроманипулятора;
- 4 - винт погружения микроэлектрода;
- 5 - трубка для микроэлектрода и винты крепления микроэлектрода;
- 6 - стеклянный микроэлектрод.

Микроманипулятор и стеклянный микроэлектрод, применяемые для регистрации импульсной активности отдельного нейрона в условиях свободного поведения животного.

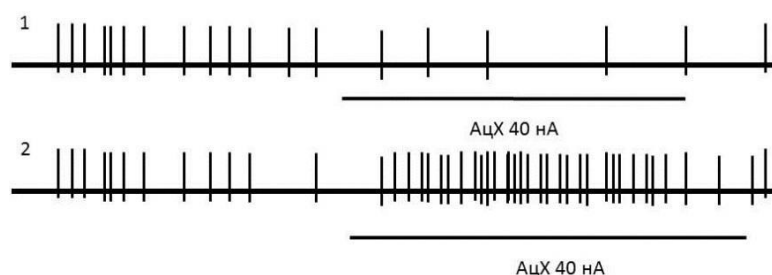
Задание 4 Микроионофорез.

Микроионофорез - это метод изучения химической чувствительности нейронов мозга. Регистрация импульсной активности осуществляется через центральный канал многоствольного стеклянного микроэлектрода. Биологически активные вещества в заряженном состоянии выводятся из боковых каналов электрода положительным или отрицательным током. Необходимая сила тока обычно составляет несколько десятков наноампер (нА). Животное при этом может выполнять какую-либо поведенческую деятельность.

Посмотрите фильм про микроэлектродную технику и микроионофорез:
<https://www.youtube.com/watch?v=F7HNa4nqXME&t=1s>



Микроионофорез ацетилхолина (АцХ) к нейрону коры мозга кошки. 1 – сытое животное, 2 – голодная.



Рекомендации к оформлению протокола:

1. Перенести в тетрадь пример динамики импульсной активности нейрона коры головного мозга сытого и голодного животного без подведения веществ к нейрону и на фоне подведения ацетилхолина.
2. Объяснить отличие реакции нейрона на микроионофоретическое подведение ацетилхолина в зависимости от мотивационного возбуждения.

Задание 5 Современные методы нейровизуализации на примере функциональной магниторезонансной томографии (фМРТ).

Стандартная МРТ дает много информации об анатомическом строении органов и тканей, однако, не предоставляет данных об их функциональной активности. Для этого существует BOLD-функциональная магнитно-резонансная томография (BOLD — blood oxygenation level dependent contrast, или контрастность, зависящая от степени насыщения крови кислородом). Функциональная МРТ (фМРТ) — это один из наиболее современных способ определения активности центров мозга. Активация структур приводит к усилению местного кровотока с изменением относительной концентрации оксигенированного и дезоксигенированного гемоглобина в местном кровотоке.

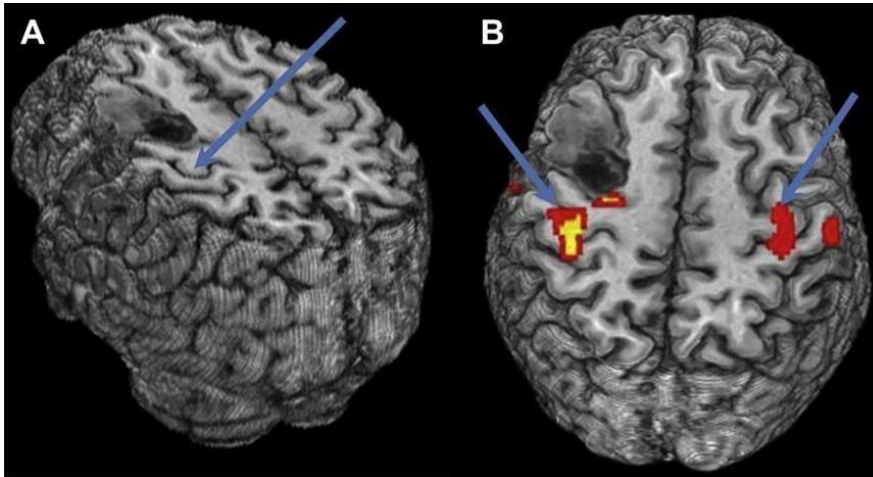


Схема реакции мозгового кровотока в ответ на возбуждение нейронов.

Дезоксигенированная кровь является парамагнетиком (веществом, способным намагничиваться) и ведет к падению уровня сигнала МРТ. Если же в области мозга больше оксигенированной крови — уровень МРТ-сигнала увеличивается. Таким образом, кислород в крови выполняет роль эндогенного контрастного вещества.

Для активации работы нейронов в определённых областях коры существуют специальные активирующие задания. Дизайн заданий, как правило, бывает двух видов: «block» и «event-related». Каждый вид предполагает наличие двух чередующихся фаз — активного состояния и покоя. В клинической фМРТ чаще используются задания вида «block». Выполняя такие упражнения, испытуемый чередует так называемые ON- (активное состояние) и OFF- (состояние покоя) периоды одинаковой или неравной продолжительности. Например, при определении области коры, отвечающей за движения рук, задания состоят из чередующихся движений пальцами и периодов бездействия, продолжительностью в среднем около 20 секунд. Действия повторяют несколько раз для увеличения точности результата фМРТ. В случае задания «event-related» испытуемый выполняет одно короткое действие (например, глотание или сжатие кулака), за которым следует период покоя, при этом действия, в отличие от блокового дизайна, чередуются неравномерно и непоследовательно.

На практике BOLD фМРТ используется при предоперационном планировании резекции опухолей, диагностике сосудистых мальформаций, во время операций при тяжелых формах эпилепсии и других поражений головного мозга. В ходе операции на головном мозге важно максимально точно удалить участок поражения, в то же время, избегая излишнего повреждения соседних функционально важных участков головного мозга.



А – трёхмерное МРТ изображение головного мозга. Стрелкой указано расположение моторной коры в прецентральной извилине.

В – карта фМРТ—активности мозга в прецентральной извилине при движении рукой.

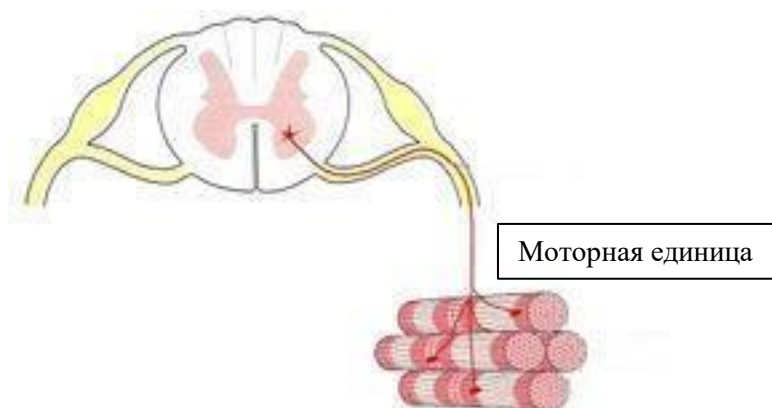
Метод очень эффективен при изучении дегенеративных заболеваний, например, болезней Альцгеймера и Паркинсона, особенно на ранних стадиях. Он не предполагает использования ионизирующего излучения и рентгеноконтрастных веществ, к тому же, он неинвазивен. Поэтому его можно считать довольно безопасным для пациентов, которые нуждаются в длительных и регулярных фМРТ-обследованиях. ФМРТ можно применять для исследования механизмов формирования эпилептических приступов и позволяет избежать удаления функциональной коры у больных с трудноизлечимой эпилепсией лобной доли. Наблюдение за восстановлением мозга после инсультов, изучение влияния лекарственных средств или другой терапии, наблюдение и контроль лечения психиатрических заболеваний – это далеко не полный перечень возможного применения фМРТ. Кроме этого, существует еще фМРТ покоя, в которой сложная обработка данных позволяет увидеть сети мозга, функционирующие в состоянии покоя.

Рекомендации к оформлению протокола:

Записать принцип метода фМРТ, указать преимущества и недостатки данного метода исследований.

Задание 6. Организация двигательных функций





Моторная единица – группа мышечных волокон, получающих сигнал от одного альфа-мотонейрона передних рогов серого вещества спинного мозга.

Мотонейронный пул – совокупность альфа-мотонейронов, которые иннервируют все мышечные волокна данной мышцы.



В механизмах поддержания позы принимают участие статические и статокINETические рефлексы.

Пример статокINETического пострального рефлекса у шестилетнего ребенка:

https://www.youtube.com/watch?v=6WN_t2J0cxE



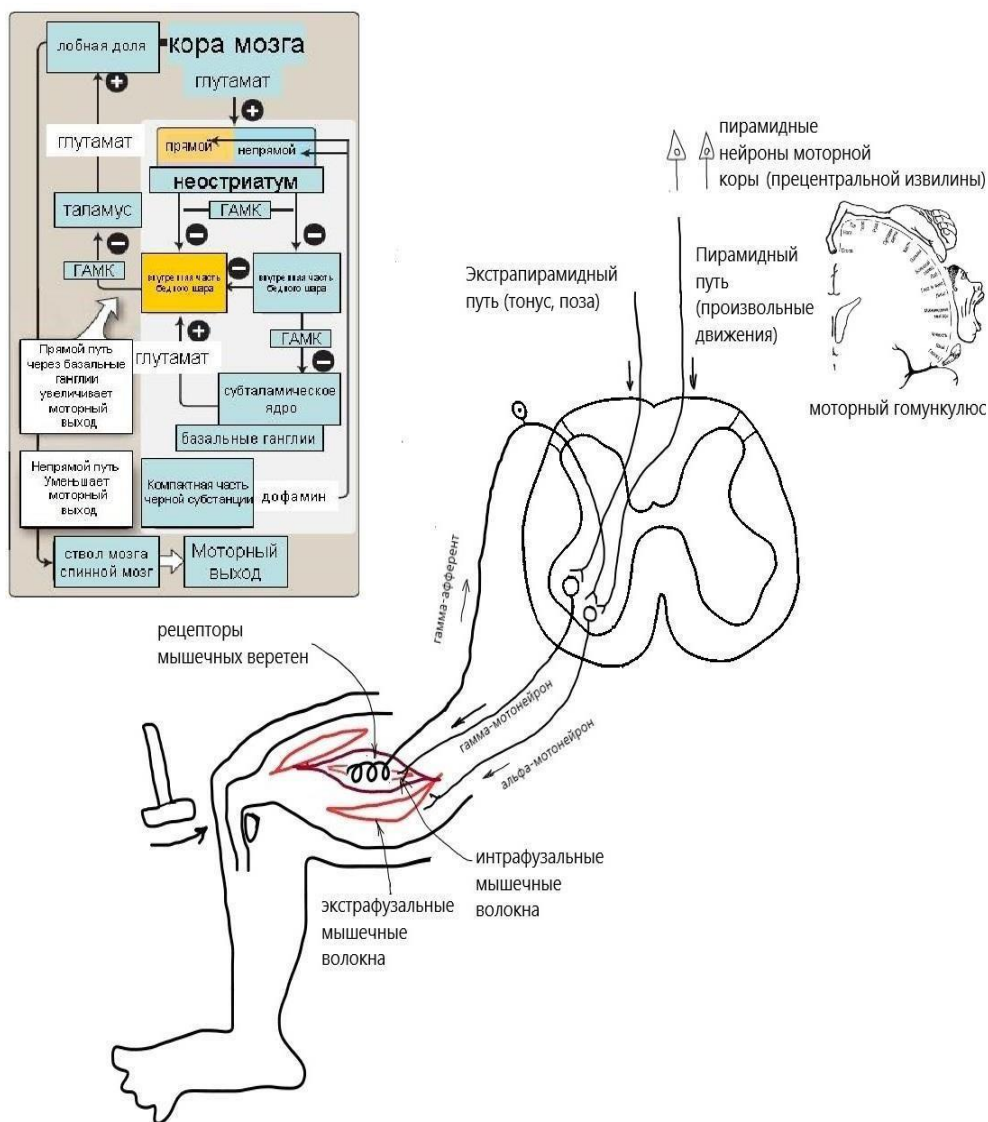
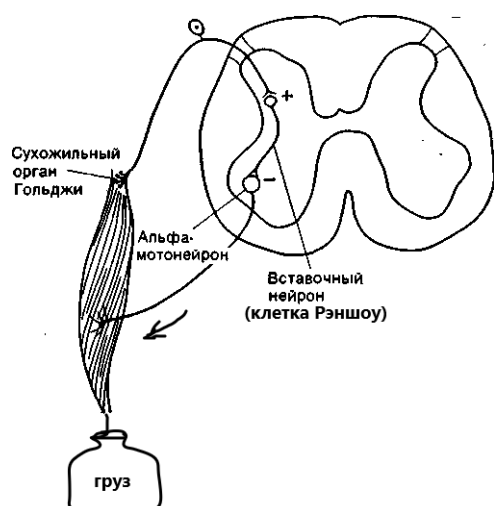


Схема сухожильного (миотатического) рефлекса.



Тормозный рефлекс с участием сухожильного органа Гольджи при перерастяжении сухожилия (например, при перенапряжении мышцы, угрожающем ее целостности).

Компоненты синдрома при поражении мозжечка (синдром Лучиани):

1. астения
2. атония
3. астазия
4. 1+3 = атаксия (расстройство координации движений. Движения становятся неточными, неловкими, расстраивается их преемственность и последовательность, нарушено равновесие в положении стоя и при ходьбе).

Мозжечковая атаксия — координаторное нарушение моторики, обусловленное патологией мозжечка. Ее основные проявления включают расстройство походки, несоразмерность и асинергию движений, дисдиадохокinez, изменение почерка по типу размашистой макрографии. Обычно мозжечковая атаксия сопровождается скандированной речью, интенционным дрожанием, постуральным тремором головы и туловища, мышечной гипотонией.

Адиадохокinez (от греч. *diadochos* - *последовательность*)- нарушение способности выполнять быстрые, чередующиеся движения.

Асинергия — нарушение способности производить сочетанные движения. Благодаря мышечной синергии движения приобретают стандартную форму, превращаясь в динамические двигательные стереотипы, сложные двигательные акты могут легко и быстро воспроизводиться.

Рекомендации к оформлению протокола.

Разобрать и зарисовать представленные схемы. Провести пробы для оценки функций мозжечка.

Проба		При нарушении функций мозжечка	Норма
Исследование статико-локомоторной атаксии			
Вертикальная поза	1.Испытуемому предлагают занять вертикальную позу	Испытуемый стоит с широко расставленными ногами, нетвердо, покачивается (в сторону поражения).	Мышцы ног напряжены (реакция опоры), Испытуемый сохраняет равновесие. Покачивания туловища отсутствуют
	2.Проба Ромберга: испытуемому предлагают поставить «пятки и носки вместе», вытянуть руки и развести пальцы. Сначала пробу проводят с открытыми, а потом с закрытыми глазами.	Испытуемый с трудом удерживает вертикальную позу и пошатывается (с отклонением в сторону поражения) либо вовсе не может стоять. При закрытии глаз неустойчивость может немного увеличиться.	Испытуемый сохраняет равновесие. Покачивания туловища отсутствуют.
	3.Усложненная проба Ромберга: стопы располагаются на одной линии, одна впереди другой.	Удержание вертикальной позы затруднено или невозможно, пошатывания. Проба выявляет	Испытуемый сохраняет равновесие. Покачивания туловища отсутствуют.

	«поза канатохода»	минимальную неустойчивость.	
--	-------------------	--------------------------------	--

Исследование походки	1. Испытуемому предлагают пройти по прямой линии с открытыми глазами. 2. При хорошем выполнении первой пробы его просят пройти по прямой линии, приставляя пятку одной ноги к пальцам другой («ходьба канатоходца», «ходьба танцора»)	Походка становится нетвердой, шаткой («пьяной»). При ходьбе наблюдается пошатывание, ноги испытуемые расставляют широко, не удерживают направление ходьбы и отклоняются в сторону поражения.	Походка устойчивая, шаги ровные.
Исследование динамической атаксии			
Пальценосовая проба	Испытуемому предлагают вытянуть и слегка развести в стороны руки, закрыть глаза и, медленно приближая поочередно руки к лицу, попасть выпрямленным указательным пальцем в кончик носа.	Выявляется тремор, нарастающий по мере приближения к носу. Из-за значительной амплитуды тремора регистрируется часто мимопопадание.	движение выполняются точно, согласно указаниям
Проба на соразмерность движения	Руки вытянуты вперед ладонями вверх. Пальцы раздвинуты. По команде следует быстро повернуть кисти ладонями вниз до горизонтального уровня.	На стороне поражения кисть совершает избыточное движение - переходит границу горизонтального уровня.	движение выполняются согласно указаниям
Проба на диадохокинез (быстрая смена противоположных по характеру движений)	Руки согнуты в локтевых суставах, пальцы раздвинуты и слегка согнуты («кисть удерживает крупное яблоко»), затем последовательно выполняется супинация и пронация кистей («вкручивание эл. лампочки»).	На стороне поражения движения неловкие, несинхронные, часто замедленные (адиадохокинез).	движения выполняются быстро и симметрично, согласно указаниям.

Проба на асинергию. (нарушение способности производить	1.Испытуемому, стоящему со сдвинутыми ногами, предлагают	При поражении мозжечка у пациента, отсутствует синергичное	В норме одновременно с запрокидыванием головы ноги синергично
--	--	---	---

сочетанные движения)	перегнуться назад. (выполнять с подстраховкой)	движение сгибания ног в коленных суставах для удержания равновесия, поэтому пациент избыточно отклоняется назад, сходит с места, падает.	сгибаются в коленных суставах, что позволяет сохранить устойчивость тела.
	2. Испытуемый с силой сгибает предплечье, пальцы сжаты в кулак. Врач пытается разогнуть руку, затем резко прекращает попытку.	На стороне поражения мозжечка, после прекращения противодействия, рука пациента по инерции ударяет в грудь или лицо.	В норме моментально включаются мышцы-антагонисты и предотвращают удар.
Исследование речи	Обращаем внимание на характеристики речи пациента.	Речь теряет плавность, лишена интонаций, становится фрагментированной, скандированной	Темп речи быстрый, плавный, с эмоциональной окраской.

Задание 7 Оформление таблицы «Участие структур ЦНС в обеспечении физиологических функций организма».

№	Отдел ЦНС	Структуры отдела ЦНС	Центры отдела ЦНС	Функции отдела ЦНС
1	Спинной мозг			
2	Продолговатый мозг			
3	Промежуточный мозг			
4	Средний мозг			
5	Мозжечок			
6	Подкорковые ядра			
7	Древняя кора			
8	Старая кора			
9	Затылочная кора			
10	Височная кора			
11	Теменная кора			
12	Лобная кора			

Рекомендации к оформлению протокола. Заполнить таблицу.

Методическое руководство к занятию по теме: «АНАЛИЗАТОРЫ. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ АНАЛИЗАТОРОВ, ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ. НОЦИЦЕПТИВНЫЕ И АНТИНОЦИЦЕПТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ. ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ, ВКУСОВОЙ И ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОРЫ»

Вопросы к занятию:

1. Учение И.П. Павлова об анализаторах, принципы построения сенсорных систем организма. [1] с. 536
2. Роль сенсорных систем в деятельности функциональных систем организма. [1] с. 537 – 539
3. Классификация анализаторов.
4. Общие принципы организации и функции анализаторов. [1] с. 539 – 546
5. Классификация и функции рецепторов, механизмы возбуждения первично-и вторичночувствующих рецепторов. [1] с. 539 – 542
6. Организация и функции проводникового и центрального отделов анализаторов. [1] с. 542 – 546
7. Строение и физиологическое значение кожного, вестибулярного, обонятельного и вкусового анализаторов. [1] с. 573 – 577, 568 – 573, 577 – 579, 580 – 582
8. Ноцицептивная чувствительность. Нейрофизиологические механизмы ноцицепции и антиноцицепции. [1] с. 749 – 765

Литература:

1. [Нормальная физиология: учебник/ под ред. К.В. Судакова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 880 с.:ил.](#)
2. Судаков К.В. Нормальная физиология. Учебник для студентов медицинских вузов. - М.: МИА, 2006 – 920 с.: ил.
3. [Нормальная физиология: Практикум/ под ред. К.В. Судакова. – М.: ООО «Издательство «МИА», 2016. – 232 с.](#)

Видеолекции:

1. [Общая физиология анализаторов. Классификация и свойства рецепторов. Зрительный анализатор. Лектор Е.В. Быкова.](#)
2. [Слуховой анализатор. Вестибулярный анализатор. Ротовой анализатор. Анализаторы в онтогенезе. Лектор Е.В. Быкова.](#)

Анализаторы и сенсорные системы

Анализатор представляет собой совокупность возбудимых структур периферической и центральной нервной системы, осуществляющих восприятие, проведение и анализ воздействия факторов внешней и внутренней среды организма. Термин «анализатор» предложен И.П. Павловым в 1909 г.

Отделы (звенья) анализатора: периферический (рецепторный); проводниковый; центральный (корковый).

Сенсорные системы – совокупность образований периферической и центральной нервной системы, связанных нервными путями с рецепторами и друг с другом и обеспечивающих формирование ощущений. Включает четвертое звено – эфферентные механизмы, изменяющие чувствительность рецепторов.

Классификации.

По характеру возникающих ощущений: зрительный; слуховой; вестибулярный; вкусовой; обонятельный; двигательный; кожный (тактильный, температурный, болевой)

В системной организации поведения: обстановка афферентация; пусковая афферентация; обратная афферентация

Периферический отдел анализатора.

Периферический отдел состоит из рецепторов, вспомогательного аппарата и первичного

афферентного нейрона. Рецепторы преобразуют энергию раздражителя в энергию электрического потенциала.

Классификация по структуре рецепторов.

1. Свободные нервные окончания (болевые)
2. Инкапсулированные нервные окончания (рецепторы кожи)
3. Чувствительные нейроны (обонятельные)
4. Специализированные рецепторные клетки (например: волосковые клетки, палочки и колбочки)
5. Сложно организованные множества (сетчатка, Кортиев орган)

Классификация по механизмам работы: первичночувствующие и вторичночувствующие.

В первичночувствующем рецепторе (например, в тельце Пачини) раздражитель оказывает специфическое действие на мембрану нервного окончания, что приводит к повышению ее проницаемости, прежде всего, для ионов натрия. В участке действия раздражителя возникает рецепторный потенциал, который приводит к возникновению потенциала действия в сенсорном нейроне. Потенциал действия распространяется по нервному волокну к структурам ЦНС.

Во вторичночувствующем рецепторе (например, волосковых клетках органа Корти) рецепторный потенциал возникает в специализированных рецепторных клетках. Возбужденная рецепторная клетка выделяет медиатор, который, воздействуя на постсинаптическую мембрану чувствительного волокна, вызывает возникновение генераторного потенциала и потенциала действия, распространяющегося по нервному волокну к структурам ЦНС.

Классификация рецепторов по:

расположению в организме: экстерорецепторы (рецепторы органов чувств); интерорецепторы (рецепторы внутренних органов)

По природе адекватного раздражителя: механорецепторы; фоторецепторы; хеморецепторы; терморецепторы; ноцицепторы

По количеству эффективно действующих раздражителей мономодальные и полимодальные рецепторы.

По чувствительности: низко- и высокопороговые рецепторы.

По скорости адаптации: быстроадаптирующиеся (тельца Пачини, доли секунды) ; медленноадаптирующиеся (проприоцепторы, минуты и часы); неадаптирующиеся (вестибулярные) рецепторы.

По характеру возникающих ощущений: зрительные, слуховые, обонятельные, вкусовые, осязательные, болевые (ноцицепторы), рецепторы положения тела

Свойства рецепторов

1. Способность к кодированию - первичное кодирование свойств стимулов: частотное, паттерном импульсной активности, пространственное, кодирование по меченой линии и др.
2. Специфичность рецепторов – высокая генетически детерминированная чувствительности к адекватным раздражителям («Закон специфической энергии органов чувств» И. Мюллера, 1840).
3. Адаптация к действию раздражителя, выражающаяся в изменении импульсации рецептора на фоне продолжающегося воздействия на него постоянного раздражителя (приспособление к постоянной интенсивности длительно действующего стимула). Как правило, проявляется в снижении абсолютной и повышении дифференциальной чувствительности. Основные причины адаптации:
 - а) изменения физико-химических процессов, протекающих в самом рецепторе и в околорецепторном пространстве
 - б) нисходящие регулирующие влияния нервных центров
4. Функциональная мобильность – способность органа чувств реагировать на раздражение внешней и внутренней среды большим или меньшим числом активных рецепторов одной

модальности. Уровень функциональной мобильности определяется условиями окружающей среды и состоянием целого организма, прежде всего, мотивацией. Функциональная мобильность представляет собой функциональный резерв реагирования рецепторов и изменяется под воздействием гуморальных и центральных влияний.

5. Модальность. Мономодальные реагируют на один вид раздражения (вкусовые). Полимодальные реагируют на раздражители нескольких видов (полимодальные ноцицепторы кожи - механо, термо, хемо)

6. Рецептивное поле – совокупность рецепторов, активирующих один сенсорный нейрон. Клеточные элементы рецептивного поля могут взаимодействовать друг с другом с помощью латерального торможения.

Проводниковый отдел анализаторов состоит из периферических чувствительных нервов и проводящих путей ЦНС. Возбуждение от рецепторов передается по афферентным нервам в спинной или продолговатый мозг, где переключается на нейроны, образующие спиноталамические пути. Аксоны этих нейронов вступают в соответствующие специфические ядра таламуса, откуда по аксонам таламо-кортикальных нейронов направляются в проекционные области коры головного мозга.

Сенсорно-специфические пути через специфические ядра таламуса, неспецифические пути через структуры ретикулярной формации и неспецифические ядра таламуса.

Ассоциативные пути осуществляют внутри и межполушарные связи.

В сенсорных и неспецифических ядрах ствола мозга поступающая информация подвергается процессам фильтрации и дублирования, а также нисходящего контроля со стороны расположенных выше отделов ЦНС.

Первичный анализ и интеграция афферентных возбуждений осуществляется на уровне таламуса

Центральный корковый отдел анализаторов состоит из ядра и рассеянных элементов, которые образуют первичные, вторичные и третичные зоны. Он обладает чрезвычайно сложной цитоархитектоникой, включающей в себя соединение нейронов в виде колонок, цилиндров, дисков. В центральных отделах анализаторов идут процессы анализа сигнала путём декодирования поступившей информации с последующим синтезом психического образа и его распознавания гностическими нейронами коры мозга. Электрическое раздражение проекционных областей коры при нейрохирургических операциях у человека может сопровождаться специфическими ощущениями.

Взаимодействие анализаторов осуществляется на нескольких уровнях: спинальном, ретикулярном, таламическом, кортикальном. Особенно важны для межсенсорного синтеза ассоциативные лобные области коры.

Основные свойства анализаторов

1. Ощущение – осознаваемое состояние, вызываемое действием раздражителя на соответствующую сенсорную систему

2. Наличие латентного периода возникновения ощущений (около 100 -150 мс)

3. Абсолютный порог восприятия – минимальная сила раздражения, вызывающая ощущение.

Дифференциальный порог возникновения ощущения (порог различия): закон Э. Вебера (1831): величина, на которую требуется увеличить силу раздражителя, чтобы вызвать едва заметное усиление ощущения, находится в постоянном отношении к исходной величине этого раздражителя, т.е. она составляет всегда определенную часть этой величины.

$DJ/J=K$, где J — сила раздражителя; DJ — прирост раздражения; K — постоянная величина.

Формула Г. Фехнера, выражающая закон Вебера: ощущение увеличивается пропорционально логарифму силы раздражения $S = a \times \log R + b$, где S — величина ощущения; R — величина раздражения; a и b — постоянные величины для каждого

анализатора.

Порог пространственного различения: минимальное расстояние, при котором два одновременных одинаковых раздражителя воспринимаются как отдельные. Пространственное различение сигналов зависит от возбуждения близких друг к другу рецепторов и нейронов сенсорной системы. Необходимо, чтобы между двумя возбужденными рецепторами находился хотя бы один невозбужденный. Способность сенсорной системы распознавать наличие двух источников возбуждения связана также с механизмами латерального торможения

4. Адаптация анализаторов – приспособление всех звеньев к постоянной интенсивности длительно действующего раздражителя (снижение абсолютной и повышение дифференциальной чувствительности)

5. Инерционность возникновения ощущения, связанная с динамикой распространения процессов возбуждения в центральном отделе анализатора. Например, зрительное ощущение при световом раздражении сохраняется от 150 до 250 мс после его выключения

Анализ боли.

Боль – неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением тканей.

Боль – отрицательная биологическая потребность, формирующая мотивацию и поведение, направленное на ее устранение

Классификация боли:

1. Эпикритическая и протопатическая.

Эпикритическая боль — острая, быстро осознается, хорошо локализуется, к ней быстро развивается адаптация.

Протопатическая боль — тупая, осознается более медленно, плохо локализуется, сохраняется длительное время и не сопровождается развитием адаптации.

Второй тип боли эволюционно более древний.

2. Соматическая и висцеральная.

Соматическую боль подразделяют на поверхностную и глубокую. Поверхностная соматическая боль возникает в ответ на раздражение кожи, глубокую боль формируют рецепторы оболочек мозга, сухожилий, мышц и суставов

Висцеральная боль связана с заболеваниями внутренних органов

Особые формы боли

1. Кардиогенная боль, вызванная ишемией миокарда, возникает вследствие недостаточности коронарного кровообращения. Образующиеся при этом биологически активные вещества раздражают болевые нервные окончания. Для этой боли характерна выраженная эмоциональная реакция больного, сопровождаемая чувством страха и боязни смерти.

2. Проецируемая боль – ощущается по ходу нерва и на дистальных его участках при локализации болевого раздражителя на проксимальном его участке. К такой боли относится невралгическая боль, когда в ответ на непрерывные раздражения нерва или спинномозгового корешка отмечаются боли в области иннервации.

3. Отраженная боль. Воспринимается в виде ощущения, вызванного повреждающими раздражениями внутренних органов. Она локализуется не в данном органе, а в отдаленных поверхностных участках. Механизм отраженной боли связывают с тем, что многие нейроны спиноталамического тракта получают возбуждающие входы не только от кожи, но и от мышц и внутренних органов.

4. Фантомные боли появляются после ампутации конечности. Боль локализуется в отсутствующей части конечности вследствие раздражения рубцом конца нерва.

5. Особой формой болевого ощущения, является зуд.

Рецепция боли

Существуют два взгляда на форму участия рецепторов в возникновении болевого

ощущения.

1. Согласно теории «специфичности», имеются специальные болевые рецепторы — ноцицепторы: относятся к группе высокопороговых рецепторов, т.е. рецепторов, возбуждающихся при воздействии сильных повреждающих раздражителей (сильное сжатие, уколы, разрезы, сильные температурные воздействия, воздействия химических веществ и т.д.) представляют собой свободные окончания безмиелиновых волокон, образующие сплетения в тканях кожи, мышц и некоторых органов.

Выделяют два типа ноцицепторов:

А. Механоноцицепторы

- возбуждение (деполяризация) происходит в результате механического смещения мембраны

- локализуются как на покровных оболочках организма, так и в глубоких тканях, в том числе в висцеральных органах и в оболочках кровеносных сосудов

- большинство механоноцицепторов имеют афференты А δ -волокон

Б. Полимодальные ноцицепторы

- возбуждение возникает при действии механических, термических стимулов и химических веществ

- локализация: кожа, мышцы, некоторые внутренние органы

- передают импульсацию преимущественно через афференты С-волокон

2. Согласно неспецифической теории «интенсивности», болевые ощущения возникают как результат суммации сенсорных раздражений, вызывающих сильное воздействие.

Эпикритическая боль: быстрая, хорошо локализованная. Передаётся по нервным волокнам типа А δ (дельта) со скоростью 20 м/с.

Протопатическая боль: медленная, разлитая, нелокализованная. Передаётся по нервным волокнам типа С (немиелинизированные) со скоростью 1 м/с.

Проводящий отдел болевой чувствительности.

От болевых рецепторов импульсы по чувствительным нервам поступают:

1. *В лемнисковую систему*, представленную афферентными проекциями задних столбов

- переключение в вентробазальном ядре зрительных бугров (специфические ядра таламуса),

- аксоны таламокортикальных нейронов проецируются в кортикальные соматосенсорные зоны SI и SII. Лемнисковая система обеспечивает быстрое проведение импульсов и четкую локализацию стимула (поле SI) (эпикритическая боль).

2. *В экстралемнисковую систему*, характеризующаяся диффузной организацией

- переключения на уровне РФ, неспецифических ядер таламуса, лимбической системы, участие II зоны соматосенсорной области коры мозга,

Экстралемнисковая система, относительно медленная обеспечивает генерализованные формы ощущения без тонкого дифференцирования раздражителей по их модальности и локализации (протопатическую боль).

В общей **системной болевой реакции** организма можно **выделить несколько** ее относительно **самостоятельных компонентов** (Л.В. Калюжный):

1. *перцептуальный компонент* — собственно ощущение боли, возникающее на основе возбуждения рецепторов;
2. рефлекторная защитная двигательная реакция на уровне спинного мозга;
3. болевая активация, связанная с возбуждением ретикулярной формации и связанных с ней образований мозга;
4. вегетативный компонент (активация симпатической нервной системы) отрицательная эмоция, формирующаяся на основе возбуждения гипоталамо-лимбико-ретикулярных образований мозга;

5. мотивация устранения болевых ощущений, формирующаяся на основе активации лобных и теменных областей коры мозга и приводящая к формированию поведения, направленного на лечение ран или исключения перцептуального компонента;
6. когнитивный компонент оценка боли, активация механизмов памяти, связанная с извлечением опыта по устранению болевых ощущений, т.е. избегания повреждающего фактора или сведение до минимума его действия. Изменения порогов болевой чувствительности: могут возникать состояния:
 - гипералгезии, вплоть до появления спонтанных болевых ощущений в отсутствие каких-либо повреждающих раздражителей
 - гипоалгезии, вплоть до полной аналгезии.

Эндогенная антиноцицептивная (противоболевая) система - комплекс нейрохимических механизмов, направленных на подавление или ослабление различных компонентов боли:

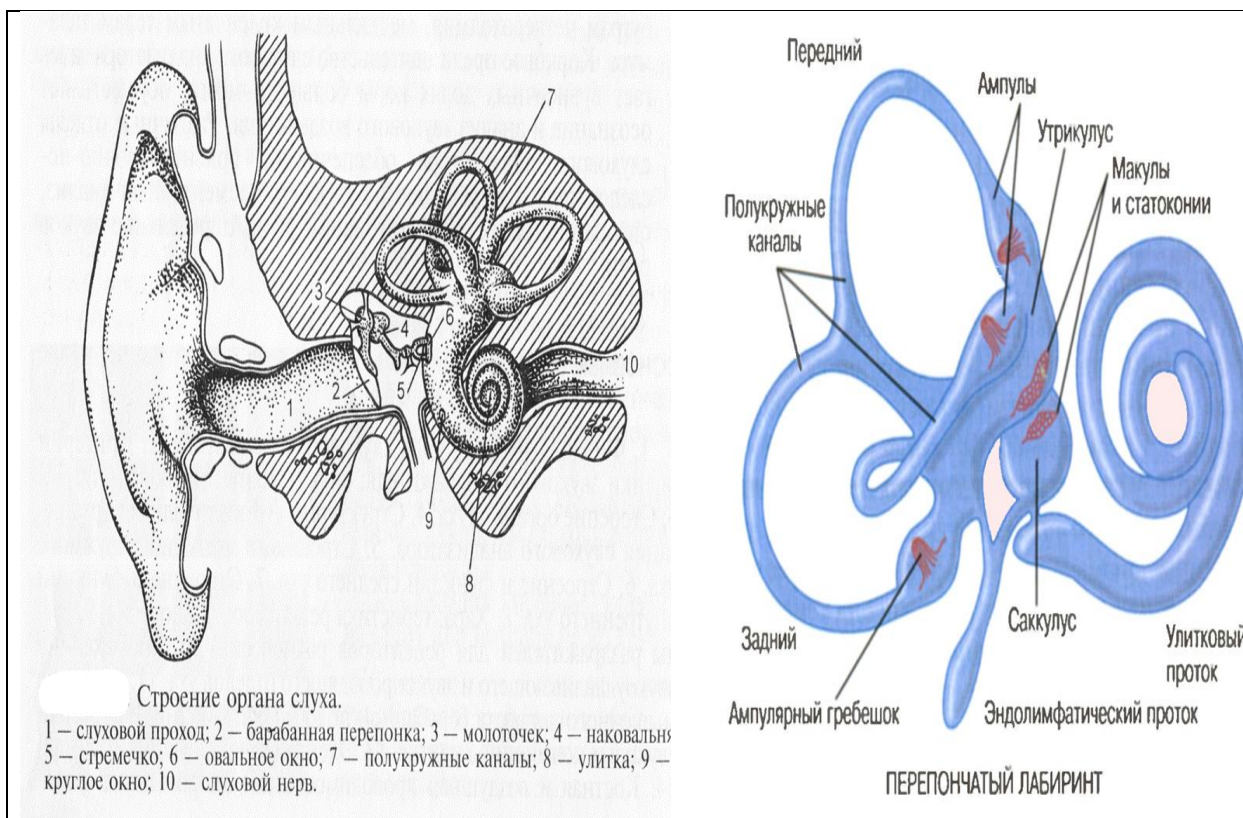
а) эндогенная опиоидная система: морфиноподобные вещества олигопептидной природы, получившие название эндорфинов и энкефалинов и опиатные рецепторы в ЦНС. Энкефалины имеют более широкую локализацию в ЦНС. Энкефалины и эндорфины угнетают чувствительность рецепторов нейронов ЦНС к медиаторам болевого возбуждения и вызывают состояния аналгезии или гипоалгезии;

б) серотонинергическая система: связана с функциями некоторых структур мозга (ядер шва ствола мозга и др.), стимуляция которых вызывает аналгетический эффект, а антагонисты серотонина его устраняют. В основе антиноцицептивного действия лежат прямые нисходящие тормозные влияния этих структур на спинной мозг;

в) норадренергическая (адренергическая) система опосредованный эмоциогенными зонами гипоталамуса и ретикулярной формации среднего мозга. Выраженное эмоциональное напряжение (стресс) обычно ведет к подавлению чувства боли. Отрицательные эмоции (страх, гнев) блокируют боль, что позволяет активно бороться за сохранение жизни, несмотря на возможные травмы (стрессорная аналгезия).

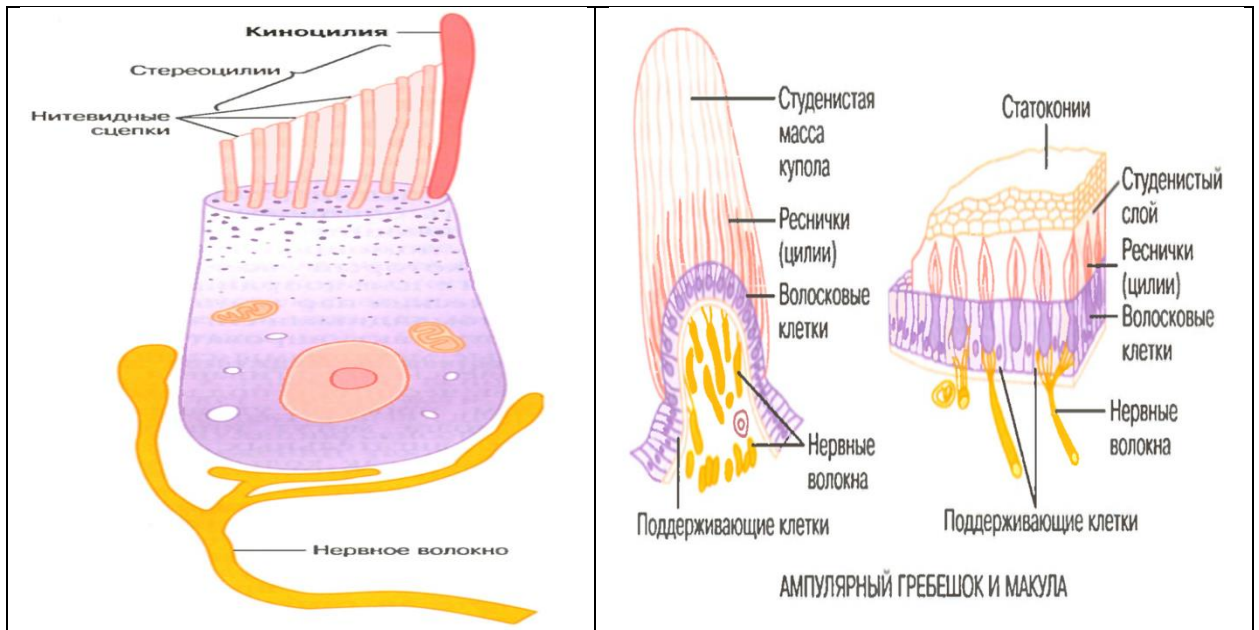
Вестибулярный анализатор.

Строение уха:



Орган равновесия состоит из трех полукружных каналов и преддверия заполненный эндолимфой. Каждый из трех полукружных каналов лежит в плоскости перпендикулярной другому. Преддверие состоит из двух мешочков: круглого (саккулус) и овального (утрикулус). Полукружные каналы устьями открываются в преддверие. Один конец каждого канала имеет расширение — ампулу. Ампула каждого канала содержит гребнеобразную структуру, называемую ампулярной кистой (гребешком). В каждом мешочке преддверия находятся небольшие возвышения — макулы. Макулы и кисты содержат волосковые клетки — вторичночувствующие рецепторы.

Каждая волосковая клетка несет на свободной поверхности реснички — одну длинную киноцилию и примерно 80 стереоцилий различной длины. Основания волосковых клеток образуют синапс с периферическими волокнами биполярных нейронов вестибулярного ганглия. При отклонении пучка цилий в сторону киноцилии в мембране открываются механозависимые кальциевые каналы, развивается деполяризация, увеличивается частота импульсации. При отклонении в противоположную сторону каналы закрываются, развивается гиперполяризация, частота импульсации уменьшается.



Реснички (цилии) волосковых клеток ампулярных гребешков покрыты студенистой массой – куполой. Рецепторные клетки преддверия покрыты желеобразной массой (студенистый слой), содержащей кристаллы карбоната кальция – отолиты (статоконии). Вес отолитовой мембраны сгибает реснички в направлении силы тяжести.

Макула утрикулуса расположена в горизонтальной плоскости и отвечает за ориентацию головы в вертикальном положении тела. Волосковые клетки макулы суккулуса – реагируют на изменение положения головы в положении лёжа.

Адекватным раздражителем для рецепторов преддверия являются сила тяжести воздействующая при наклонах головы и линейных ускорениях. Адекватным раздражителем для рецепторов полукружных каналов являются угловые ускорения (вращения). Вестибулорецепторы не проявляют адаптации.

Проводниковый и центральный отделы.

От рецепторов отходят периферические волокна биполярных нейронов вестибулярного ганглия. Аксоны этих нейронов в составе вестибулярного нерва направляются к вестибулярным ядрам. Вторые афферентные нейроны от вестибулярных ядер идут к таламусу, откуда по аксонам таламокортикальных нейронов поступают к постцентральной извилине коры больших полушарий (в теменной доле глубоко в силвиевой борозде, первичный корковый центр анализатора). Из вестибулярных ядер импульсы распространяются к мозжечку, ядрам глазодвигательного нерва, гипоталамуса, структурам ретикулярной формации. В нисходящем направлении посредством вестибулоспинального пути возбуждение поступает к гамма-мотонейронам мышц-разгибателей.

Вестибулярные рефлексы. Статические и статокинетические.

Статические рефлексы подразделяются на рефлексы *положения* (позы) и рефлексы *выпрямления*. Статические рефлексы *положения* определяют поддержание позы в пространстве при лежании, сидении и стоянии человека и животных за счет изменения мышечного тонуса.

Рефлексы *выпрямления* – обусловлены восстановлением позы после ее нарушения. Статокинетические рефлексы связаны с удержанием позы и обуславливаются изменением тонуса мышц при прямолинейном или угловом ускорении, что сопровождается перераспределением тонуса соматической мускулатуры.

Нистагм. При угловом ускорении наблюдается нистагм головы и глаз, который выражается в медленном движении головы и глаз в сторону, противоположную вращению, и быстром возвращении в исходное состояние.

Специфическая реакция укачивания (Кинетоз).

При изменении положения тела у человека происходит раздражение вестибулярного

органа, зрительного анализатора и рецепторов внутренних органов. Дисбаланс, возникающий между информацией, получаемой от вестибулярного аппарата и органов зрения, приводит к **возникновению патологических неприятных** реакций и ощущений головокружение, головная боль, помутнение в глазах, сердечно-сосудистые реакции, бледность кожных покровов, усиление потоотделения, тошнота, рвота.

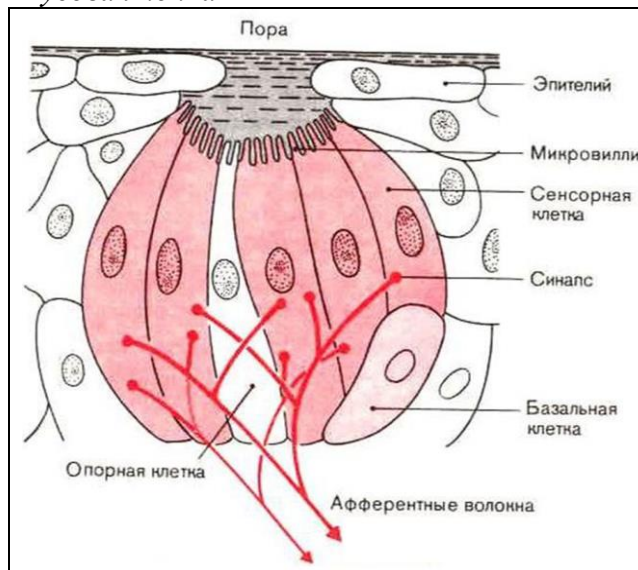
Вкусовой анализатор

В процессе эволюции вкус формировался как механизм выбора или отвергания пищи. Вкус, как и обоняние, основан на хеморецепции и дает информацию о характере и концентрации веществ, поступающих в рот. В результате запускаются реакции, изменяющие работу органов пищеварения или ведущие к удалению вредных веществ.

Вкусовые рецепторы представляют собой модифицированные эпителиальные клетки. Они сконцентрированы во вкусовых почках, расположенных на языке, задней стенке глотки, мягком небе, миндалине и надгортаннике. Больше всего их на кончике языка. Обновление вкусовых рецепторов происходит каждые 8-10 дней. Они достаточно быстро восстанавливаются после повреждения.

На языке выделяют несколько видов сосочков: желобовидные, листовидные, грибовидные. Грибовидные сосочки в основном локализируются на кончике языка, они наиболее чувствительны к сладкому. Листовидные сосочки в виде 3-8 параллельных складок длиной 2-5 мм расположены в основании боковой поверхности языка, чувствительны к кислому и соленому. Желобовидные сосочки в количестве 9-15 (их число всегда непарное) локализованы в области корня языка в виде перевернутой римской цифры V и наиболее чувствительны к горькому.

Вкусовая почка



У человека примерно 2000 - 10 000 вкусовых почек. Почка состоит из 30-80 рецепторных и опорных клеток. Вкусовая почка соединена с полостью рта через вкусовую пору.

Вкусовая рецепторная клетка имеет длину 10-20 мкм и ширину 3-4 мкм и снабжена на конце, обращенном в просвет поры, 30-40 тончайшими микроворсинками.

Вкусовые клетки принадлежат к вторичным рецепторам: в них возникает только рецепторный потенциал, а ПД генерируется в окончаниях иннервирующих их чувствительных нервов.

Проводящие пути и центры

Вкусовые почки языка и других участков иннервируются тремя парами нервов:

передние две трети языка - лицевым нервом (VII);

задняя треть языка, мягкое небо, миндалины - языкоглоточным нервом (IX);

глотка, гортань, пищевод - блуждающим нервом (X).

По этим нервам импульсация поступает в ядро одиночного пути продолговатого мозга.

От ядра одиночного пути волокна идут к таламусу. Также имеются волокна, которые идут во вкусовые центры гипоталамуса (эмоциональное восприятие пищи, пищевые предпочтения; центр голода).

От таламуса пути направляются во вкусовую зону коры головного мозга, расположенную в постцентральной извилине рядом с зоной тактильной чувствительности языка и островковой доли. Здесь происходит объединение вкусовых, тактильных и обонятельных сигналов.

Вкусовые ощущения

Чувство вкуса связано не только с раздражением химических, но и механических, температурных и даже болевых рецепторов. Первыми в слизистой оболочке полости рта возбуждаются тактильные рецепторы, затем температурные, а уже потом хеморецепторы. Различают сладкий, соленый, кислый, горький вкусы, а также вкус воды, острый и жгучий вкусы. Еще выделяют вкус умами — белковый, мясной. Ощущение «умами» создают глутамат натрия и некоторые аминокислоты (есть отдельные L-глутаматные рецепторы). Сходным вкусом могут обладать вещества, различные по своей химической структуре: например, сладким вкусом обладают не только сахара, но и некоторые неорганические соединения (соли свинца, бериллия), а самым сладким веществом является не усваиваемый организмом сахарин.

Ощущение вкуса возникает лишь в том случае, когда вещество, входящее в контакт со вкусовой почкой, растворено в воде. Так, сухой сахар, положенный на осушенный фильтровальной бумагой язык, представляется безвкусным.

Пороги вкусовой чувствительности

Абсолютный порог чувствительности, т.е. минимальная концентрация химического вещества, вызывающая у человека вкусовое ощущение, различен для разных веществ. для сахара минимальный порог 0,1% водного раствора, для поваренной соли - 0,05 %, для лимонной кислоты – 0,0025%, для хинина – 0, 0001% раствора. Величина порога вкусовой чувствительности зависит и от температуры раствора – максимальна при 37°C.

Вкусовая адаптация.

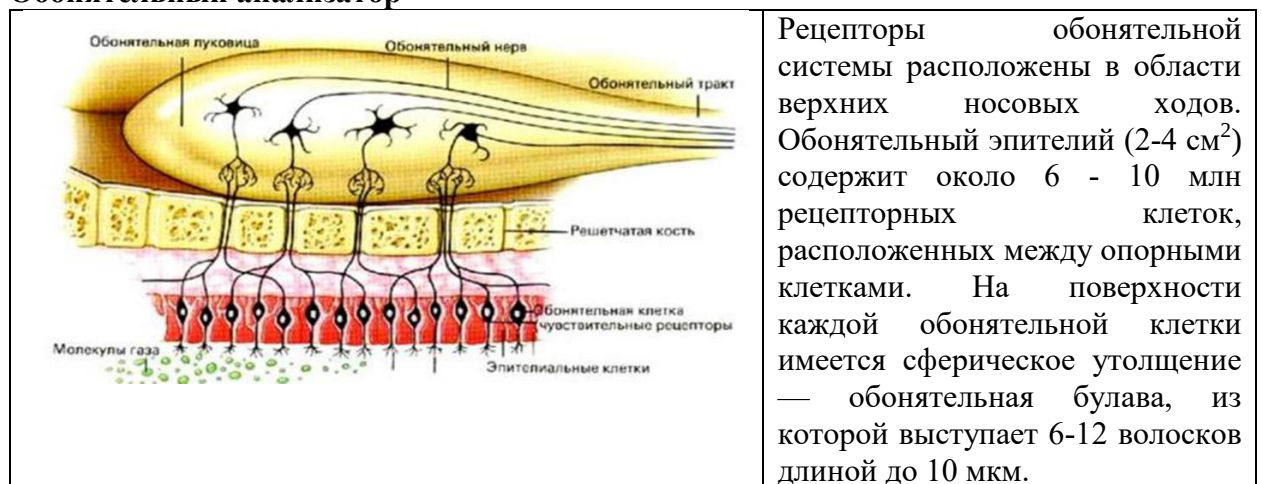
Каждая вкусовая почка имеет не только афферентные, но и эфферентные нервные волокна, благодаря чему осуществляется регуляция чувствительности вкусовых почек.

При длительном действии вкусового раздражителя возникает адаптация рецепторов, что проявляется в снижении вкусовой чувствительности и уменьшении количества функционирующих вкусовых сосочков языка. Адаптация к сладкому и соленому происходит быстрее, чем к горькому и кислому.

Функциональная мобильность рецепторов.

Вкусовое восприятие существенно зависит от функционального состояния организма. При голоде формируется повышенная чувствительность к различным вкусовым веществам и высокий уровень мобилизации вкусовых рецепторов, а при насыщении вкусовая чувствительность снижается.

Обонятельный анализатор



Обонятельные волоски погружены в жидкую среду, вырабатываемую боуменовыми железами. Наличие подобных волосков в десятки раз увеличивает площадь контакта рецептора с молекулами пахучих веществ.

От нижней части рецепторной клетки отходит аксон. Аксоны всех рецепторов образуют

обонятельный нерв, который проходит через основание черепа и вступает в обонятельную луковицу.

Обонятельные клетки относятся к *первичночувствующим рецепторам*. Молекулы пахучих веществ попадают в обонятельную слизь с постоянным током воздуха. Здесь они взаимодействуют с находящимся в волосках рецептора рецепторным белком. В результате этого взаимодействия в мембране рецептора открываются натриевые каналы и генерируется рецепторный потенциал, а в теле нейрона происходит генерация потенциала действия.

Проводящие пути

Аксоны обонятельных клеток (представляющих собой, биполярные нейроны) проходят через решетчатую пластинку решетчатой кости в составе примерно 20 тонких нитей, образующих обонятельный нерв, и заканчиваются в обонятельных луковицах.

От обонятельных луковиц обонятельные пути идут в составе обонятельных трактов. Далее обонятельные пути расходятся в трех направлениях:

- в медиальную обонятельную область - ядра перегородки и некоторые другие структуры; это самая древняя область, отвечающая за примитивные реакции на запах - облизывание, выделение слюны и пр.;

- в латеральную обонятельную область - парагиппокампову извилину и далее во многие отделы лимбической системы; это более эволюционно молодая область, отвечающая за сложные поведенческие акты, связанные с обонянием (особенно у животных);

- небольшая часть волокон идет через таламус в глазничные извилины лобной доли (так называемую орбитофронтальную кору); это самый молодой путь, отвечающий, как полагают, за осознанное восприятие запахов.

Восприятие запахов

Чувствительность обонятельной системы человека чрезвычайно велика: один обонятельный рецептор может быть возбужден одной молекулой пахучего вещества, а возбуждение небольшого количества рецепторов приводит к возникновению ощущения.

В то же время изменение интенсивности запаха (дифференциальный порог) оценивается людьми довольно грубо: наименьшее воспринимаемое различие в силе запаха составляет 30-60 % от его исходной концентрации.

Адаптация в обонятельной системе происходит сравнительно медленно (десятки секунд или минуты) и зависит от скорости потока воздуха над обонятельным эпителием и от концентрации пахучего вещества.

Раньше была популярна теория Джона Эймура (1964): 7 базовых запахов: камфара, мускус, цветочный, мятный, эфирный, острый, гнилостный.

Однако по современным представлениям существует около 390 типов обонятельных рецепторов и соответствующих генов.

Основные формы нарушения восприятия запахов

Гиперосмия - повышение чувствительности к запахам

Гипосмия - понижение чувствительности к запахам

Аносмия - потеря обоняния

Паросмия - искаженное восприятие запахов

Обонятельные галлюцинации (фантосмия) - ощущение несуществующего запаха

Обонятельная агнозия - знакомые запахи перестают узнаваться.

Лабораторный работы:

Работа 1. Общие свойства анализаторов

По представлению И.П.Павлова, анализатор включает компоненты: 1, 2, 3.

Рецепторные клетки периферических отделов анализаторов могут быть классифицированы: по характеру контакта с внешней средой (дистантные и контактные);

в зависимости от природы адекватного раздражителя рецепторы могут быть разделены на механо-, хемо-, фоторецепторы.

Раскрыть свойства рецепторов

Специфичность – _____

Кодирование – _____

Адаптация – _____

Функциональная мобильность – _____

Первичночувствующие рецепторы – это _____ (определение)

Вторичночувствующие рецепторы – это _____ (определение)

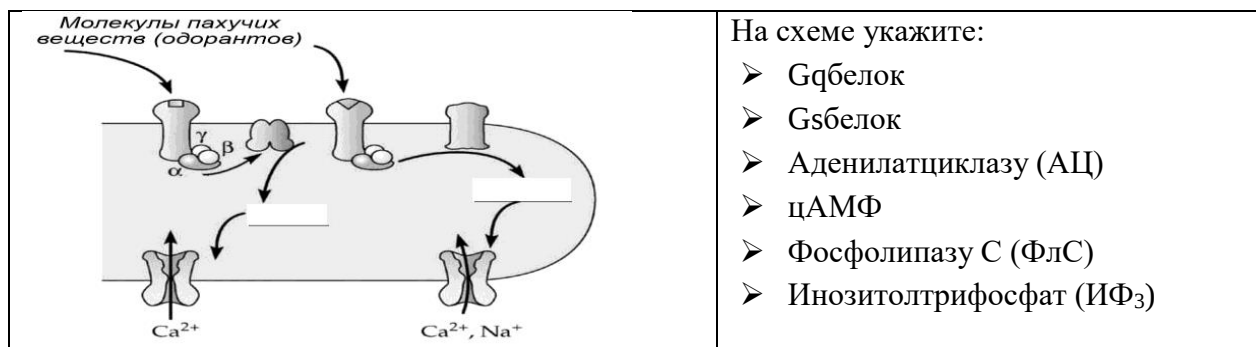


Рис. 1 Механизм активации первичночувствующего рецептора на примере обонятельного рецептора

Какие из перечисленных рецепторов являются первично- и вторичночувствующими:

- слуховые рецепторные клетки _____
- тактильные рецепторы _____
- обонятельные рецепторы _____

Приведите примеры:

▪ экстерорецепторов	
▪ интерорецепторов	
○ дистантных рецепторов	
○ контактных рецепторов	
• механорецепторов	
• хеморецепторов	
• фоторецепторов	

Работа 2. Определение пространственных порогов тактильной чувствительности (эстезиометрия) разных участков кожной поверхности.

Важнейшей функцией кожного анализатора являются точная локализация места нанесения раздражения и определение его характера. Вся поверхность кожи имеет точное представительство в коре большого мозга. Мерой аналитической способности кожного анализатора является **пространственный порог кожной рецепции**, измеряемый **минимальным расстоянием**, при котором два одинаковых раздражителя, прикладываемые одновременно, воспринимаются отдельно.

Порог характеризует пространственно-различительную способность кожи и слизистой оболочки. Установлено, что наибольшей различительной способностью обладают: кончик языка – 1,1 мм; губы, ладонная поверхность пальцев – 2,2 мм; кончик носа – 6,8 мм; середина ладони – 8-9 мм; тыльная поверхность кисти руки – 30 мм; предплечье, голень – 40 мм; спина – 55 мм; бедро, плечо – 60 мм. Тактильную чувствительность изучают методом

эстеziометрии.

Оснащение: эстеziометр (циркуль Вебера). Исследование проводят на человеке.

Содержание работы: Исследование проводится на человеке, который сидит с закрытыми глазами. Эстеziометром с максимально сведенными ножками прикасайтесь к определенному участку кожи. Обе ножки эстеziометра должны прикасаться одновременно и с одинаковым давлением. Повторяют прикосновения, постепенно раздвигая бранши эстеziометра (каждый раз увеличивая на 1 мм), определяется минимальное расстояние, при котором возникает *ощущение двух отдельных прикосновений* (см. рис.2). Определяют пространственные пороги на коже доступных областей.



Рис. 2 Определение пространственного порога. Когда две ножки эстеziометра расположены ближе друг к другу, чем рецепторное поле, человек не различает прикосновение двух раздражителей отдельно. Когда две бранши раскрываются шире, человек осознает воздействие двух раздражителей.

Полученные данные сравните с нормативными (приведены во введении к задаче) в виде таблицы 1.

Таблица 1. Пространственные пороги тактильных ощущений

Исследуемые участки	Пространственный порог чувствительности, мм	
	Норма	Экспериментальные данные
Кончик пальца	1,1	
Ладонная поверхность	2,2	
Тыльная сторона кисти	30	
Тыльная сторона шеи	8 – 9	
Плечо	60	
Спина	55	

Боль – неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением ткани или описываемое в терминах такого повреждения. (определение ВОЗ)

Болевые рецепторы (ноцицепторы) являются полимодальными: активируются различными стимулами: механическими (удар, порез, укол, щипок), термическими (действие горячих или холодных предметов), химическими (изменение концентрации протонов, действие гистамина, брадикинина и ряда других биологически активных веществ).

Работа 3. Виды болевой чувствительности.

Выделяются два вида боли: протопатическая и эпикритическая, различающиеся проводящими путями, структурами мозга, куда приходит возбуждение и характером ощущений. Охарактеризуйте эти виды боли, заполнив таблицу 2.

Таблица

2.

	Эпикритическая	Протопатическая
Поверхностная или глубокая		

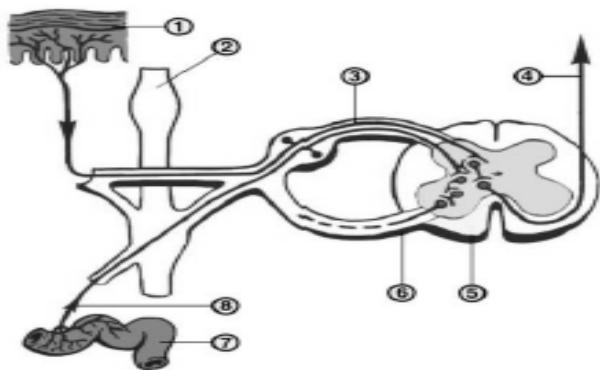
Быстрая или медленная		
Тип волокон проводящих путей		
Локализация, медиаторы и рецепторы первого переключения		
Основные структуры головного мозга, куда приходит сигнал		

Работа 4. Компоненты боли. Охарактеризуйте компоненты боли, укажите структуры ЦНС, участвующие в их формировании (заполните таблицу 3).

Таблица 3.

Компоненты боли	Характеристика	Структуры ЦНС
Сенсорный		
Эмоциональный (аффективный)		
Мотивационный		
Двигательный (моторный)		
Вегетативный		
Когнитивный (оценка боли)		

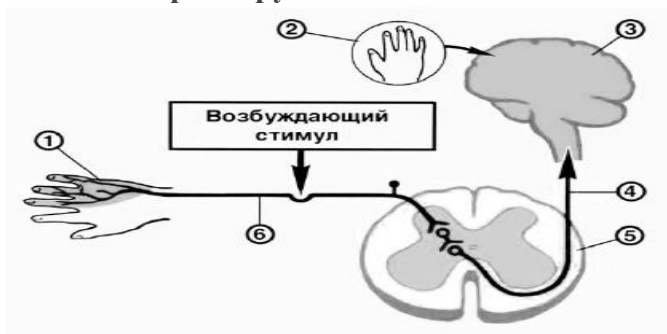
Работа 5. Отраженная боль.



Перерисуйте схему формирования отраженной боли (рис. 3) и расшифруйте обозначенные цифрами на рисунке структуры.

Рис. 3 Механизм формирования отраженной боли

Работа 6. Проецируемая боль.



Перерисуйте схему формирования проецируемой боли (рис. 4) и расшифруйте обозначенные цифрами на рисунке структуры.

Рис. 4 Механизм формирования

проецируемой боли.

Задание 7. Проводящие пути ноцицептивной и антиноцицептивной систем.

Обозначить на схеме ноцицептивной антиноцицептивной систем (рис. 5):

1. Виды болевых рецепторов
2. Волокна, проводящие болевую чувствительность
3. Первый синапс, проводящий болевую чувствительность (локализация, медиатор, рецептор)
4. Нервные волокна, проводящие болевую чувствительность (лемнисковый, экстралемнисковый пути)
5. Центральные структуры мозга, интегрирующие болевую чувствительность
6. Эфферентные пути, контролируемые болевую чувствительность

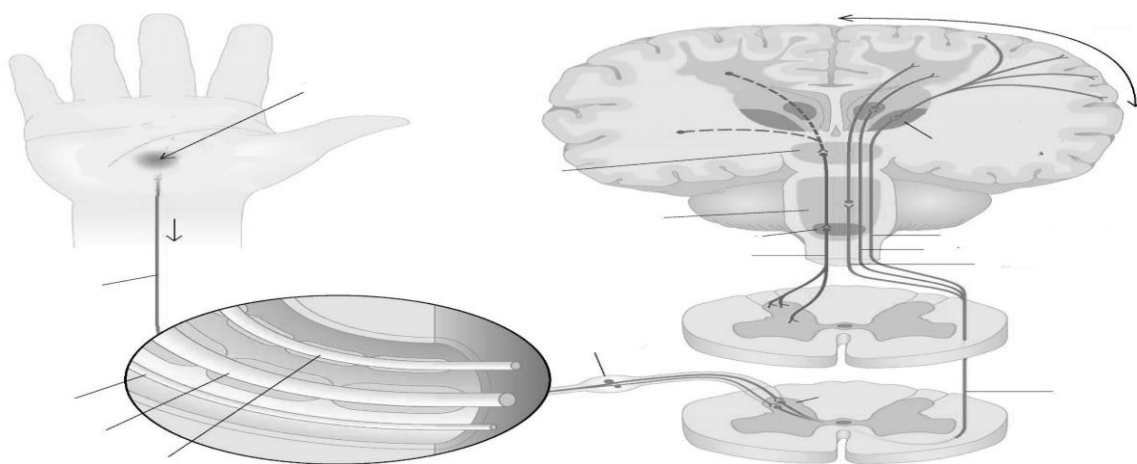


Рис. 5 Ноцицептивная и антиноцицептивная системы
Заполните пустые графы таблицы 4 «Уровни контроля проведения ноцицептивной афферентации»

Таблица 4

Уровни антиноцицептивного контроля	Структуры ЦНС, медиаторы, механизмы подавления боли
Корковый	От поясной и островковой коры начинаются нисходящие пути, активирующие антиноцицептивные ядра ствола мозга.
Гипоталамус	
Стволовой	
Спинальный	

Задание 8. Антиноцицептивное действие эндогенных опиатов



Укажите, где локализован показанный нейрон проводящих путей болевой чувствительности.

Перенесите рисунок в тетрадь, обозначьте на схеме все вещества: медиаторы, ферменты и ионы, участвующие в процессах.

Рис. 6

Задание 9. Механизмы трансформации вкусового стимула в рецепторный потенциал.

Проанализируйте ниже предложенные рисунки и заполните пустые ячейки алгоритма трансдукции на различные вкусовые стимулы.

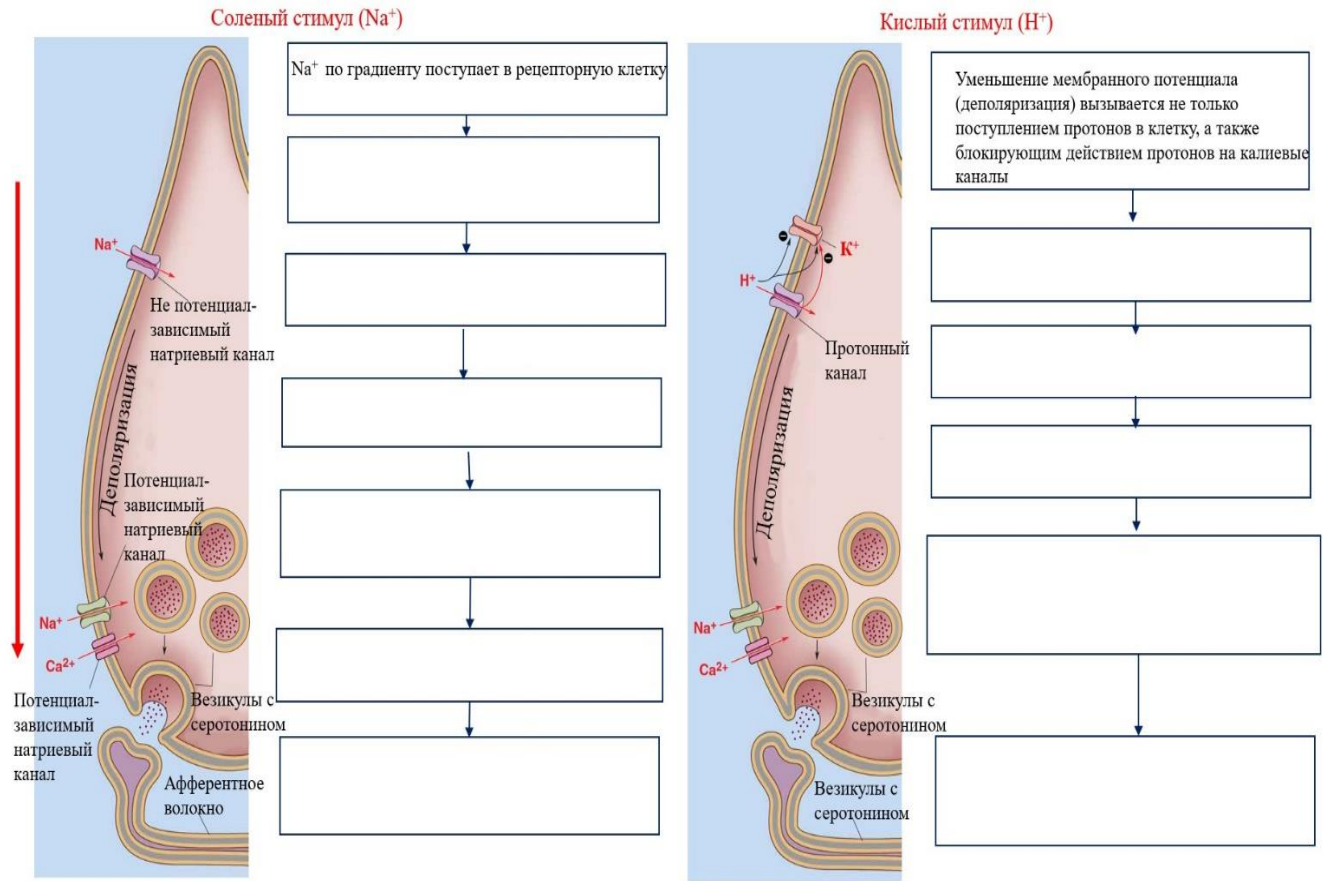


Рис. 7 Раздражение соленым и кислым вкусами

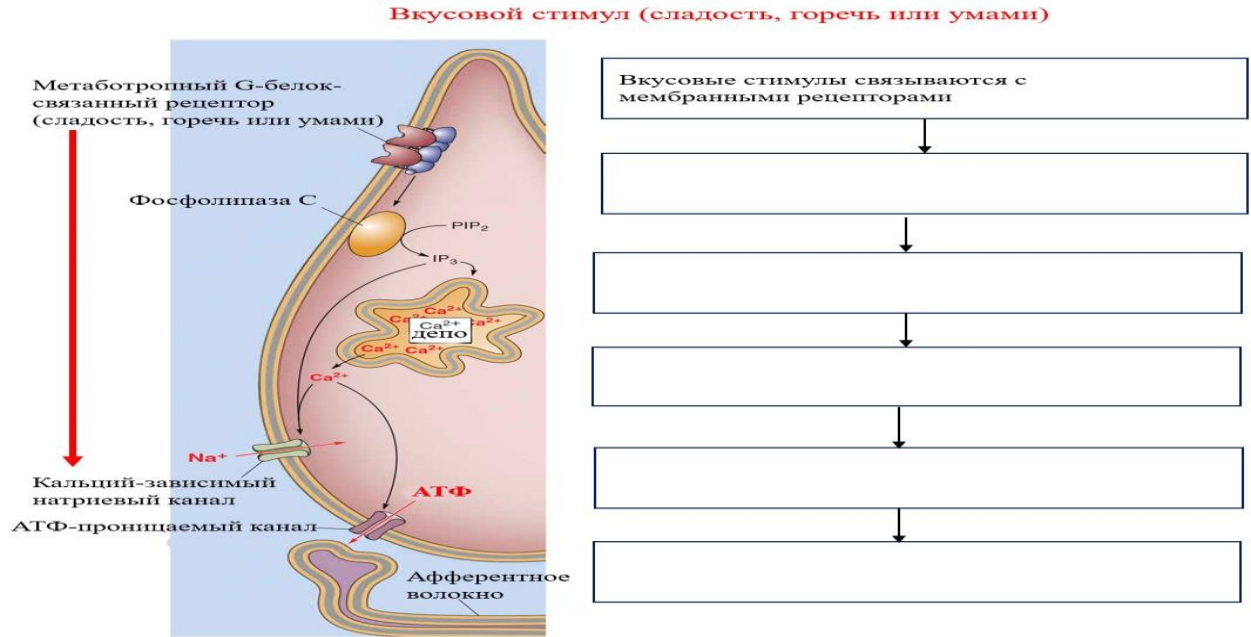


Рис. 8 Раздражение горьким, сладким вкусами и умами

Работа 10. Характеристика основных сенсорных систем организма.
Заполните таблицу 4.

Таблица 4

Анализатор (сенсорная система)	Основные функции	Свойства рецепторов	Локализация, свойства проводникового отдела	Локализация, функции проекционной зоны коры
Зрительный				

Слуховой				
Вестибулярный				
Обонятельный				
Проприоцептивный				
Тактильный				
Ноцицептивный				
Висцеральный				

Дополнительный материал. В. И. Воячек предложил для исследования функции отолитов пробу, состоящую из четырех моментов: 1) обследуемому, сидящему в кресле для вращения, предлагают наклонить голову вперед на 90°; при этом наступает смещение отолитов утрикулуса; 2) производят вращение, например, вправо, 5 оборотов в течение 10 секунд; в результате вращения наступает раздражение полукружных каналов и отолитов; 3) по окончании вращения обследуемый в течение 5 секунд продолжает оставаться с головой, наклоненной на 90°; по мнению В. И. Воячека, при этом реакция с полукружных каналов как бы отходит на второй план; 4) обследуемому предлагают поднять голову; при этом должно произойти смещение отолитов утрикулуса, которые возвращаются к своему обычному состоянию, и наблюдают за наступающими соматическими и вегетативными реакциями, отмечая степень их выраженности. Спустя 5-6 минут, когда симптомы, возникшие в связи с реакцией уже, не отмечаются, повторяют ее, но вращение производят влево, т.е. отолитовую реакцию (ОР Воячека) производят отдельно для правого и левого уха. При оценке выраженности отолитовой реакции Воячека преимущественное значение принадлежит состоянию вегетативных симптомов. Различают 4-е степени отолитовой реакции: 1) вегетативные симптомы отсутствуют—реакция равна 0; 2) побледнение лица, учащение или замедление пульса условно обозначают как ВР-1 (вегетативная реакция первой степени); 3) те же симптомы, что и в предыдущем случае, но имеется выраженное потоотделение – ВР-2; 4) тошнота, рвота, полубморочное состояние – ВР-3. Оценка соматических реакций: 0 – реактивного промахивания, отклонения туловища не отмечается, нистагм нерезко выраженный и непродолжительный; 1-я степень – отмечается незначительное отклонение туловища после выпрямления головы; 2-я степень – отклонение туловища с трудом ликвидируется обследуемым; 3-я степень – отчетливое нарушение устойчивости, наступившее после вращения.

Источник: <https://meduniver.com/Medical/profilaktika/1061.html> MedUniver

Видео: <https://youtu.be/SX1erFeRguM>

Методическое руководство к занятию по теме «Анализаторы и сенсорные системы. Сенсорные системы зрения и слуха»

Вопросы к занятию:

1. Строение и физиологическая роль зрительного анализатора. [1] с. 546
2. Преломляющие среды глаза. [1] с. 546 – 551
3. Механизмы восприятия и обработки сигналов в сетчатке глаза. [1] с. 551 – 556
4. Центральное зрение: характеристика и методы исследования. [1] с. 549 – 550, [3] с. 202 – 203
5. Периферическое зрение: характеристика и методы исследования. [1] с. 552 – 553, 554, [3] с. 203 – 205
6. Бинокулярное зрение. [1] с. 558 – 560
7. Аккомодация глаза: механизмы и возрастные изменения. [1] с. 550 – 551
8. Нарушения рефракции (миопия и гиперметропия, астигматизм).
9. Особенности преобразования возбуждений в проводниковом и корковом отделах зрительного анализатора. [1] с. 556 – 558, 558 – 561
10. Структура и физиологическая роль слухового анализатора. [1] с. 560 – 563
11. Механизмы трансформации звуковых колебаний и их восприятие рецепторными клетками внутреннего уха. [1] с. 563 – 565
12. Центральные механизмы обработки звуковой информации в проводниковом и корковом отделах слухового анализатора. [1] с. 565 – 568

Литература:

4. [Нормальная физиология: учебник/ под ред. К.В. Судакова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 880 с.:ил.](#)
5. Судаков К.В. Нормальная физиология. Учебник для студентов медицинских вузов. - М.: МИА, 2006 – 920 с.: ил.
6. [Нормальная физиология: Практикум/ под ред. К.В. Судакова. – М.: ООО «Издательство «МИА», 2016. – 232 с.](#)

Видеолекции:

1. [Общая физиология анализаторов. Классификация и свойства рецепторов. Зрительный анализатор. Лектор Е.В. Быкова.](#)
2. [Слуховой анализатор. Вестибулярный анализатор. Ротовой анализатор. Анализаторы в онтогенезе. Лектор Е.В. Быкова.](#)

Зрительный анализатор – совокупность оптической системы, рецепторного аппарата, вспомогательных структур, проводящих путей и нервных центров, обеспечивающую восприятие, анализ и интеграцию зрительных раздражений.

Периферическим отделом зрительного анализатора являются фоторецепторы, расположенные в сетчатке глазного яблока. Глазное яблоко имеет сферическую форму. В образовании стенок глазного яблока принимают участие три оболочки: наружная — фиброзная, включающая роговицу и склеру, средняя — сосудистая, в которой выделяют три части: радужку, ресничное тело и собственно сосудистую оболочку, и внутренняя — сетчатка.

Внутренние среды глазного яблока составляют: водянистая влага камер глаза, хрусталик и стекловидное тело. Роговица — передняя прозрачная часть фиброзной оболочки глазного яблока. Радужка составляет передний отдел сосудистой оболочки глазного яблока. Она представляет собой круглую диафрагму с расположенным в центре круглым отверстием — зрачком, отделяющую переднюю камеру глазного яблока от задней.

Регуляция диаметра зрачка (инервация радужной оболочки).

Симпатическая НС	Парасимпатическая НС
Нейроны боковых рогов (Th1)	висцеральная часть ядра III пары ЧН (ядро Вестфаля-Эдингера)

Верхний шейный ганглий	Ресничный ганглий
Радиальная мышца радужки (НА - альфа1)	Сфинктер радужки (АХ - М-холинорецепторы)
Расширение зрачка (боль, эмоции)	Сужение зрачка

Оптическая система глаза обеспечивает построение изображения на сетчатке и определяет остроту зрения человека, которая представляет собой способность глаза дифференцировать детали изображения. Включает в себя: роговицу, водянистую влагу, хрусталик, стекловидное тело.

Хрусталик — основная часть аккомодационного аппарата глазного яблока. Он имеет вид двояковыпуклой прозрачной линзы **непостоянной изменяющейся** кривизны, расположенной фронтально в полости глазного яблока между радужкой и стекловидным телом. Для ясного видения лучи должны фокусироваться на сетчатке. Изображение получается уменьшенным и перевернутым.

Совокупная оптическая сила глаза составляет около 60 диоптрий. Одна диоптрия – это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 метр.

Основные преломляющие структуры: роговица (наибольшая преломляющая способность – 2/3 оптической силы глаза), хрусталик (1/3 опт. силы), стекловидное тело, водянистая влага, оптической силы фактически не имеют.

Аккомодация — приспособление глаза к ясному видению объектов, находящихся на разных расстояниях. Осуществляется за счет изменения *кривизны* хрусталика. *Ресничная мышца* является важной частью аккомодационного аппарата глаза. При сокращении ее циркуляторных волокон ресничные связки ослабевают, что ведет к увеличению выпуклости хрусталика за счет его эластических свойств. При расслаблении ресничные связки натягиваются, что приводит к уплощению хрусталика.

Ресничная мышца иннервируется симпатическими (см. инервацию радужки) и парасимпатическими волокнами из ядра Вестфала-Эдингера, идущими в составе глазодвигательного нерва к ресничному ганглию. Возбуждение этих волокон приводит к сокращению ресничной мышцы и аккомодации.

Далекие предметы нормальный глаз рассматривает без напряжения аккомодации, т.е. без сокращения ресничной мышцы. Ближайшая точка ясного видения благодаря аккомодации находится на расстоянии 5 см от глаза (1/20 метра по максимальной оптической силе хрусталика). С возрастом точка ясного видения удаляется.

В нормальном глазу дальняя точка ясного видения находится в бесконечности.

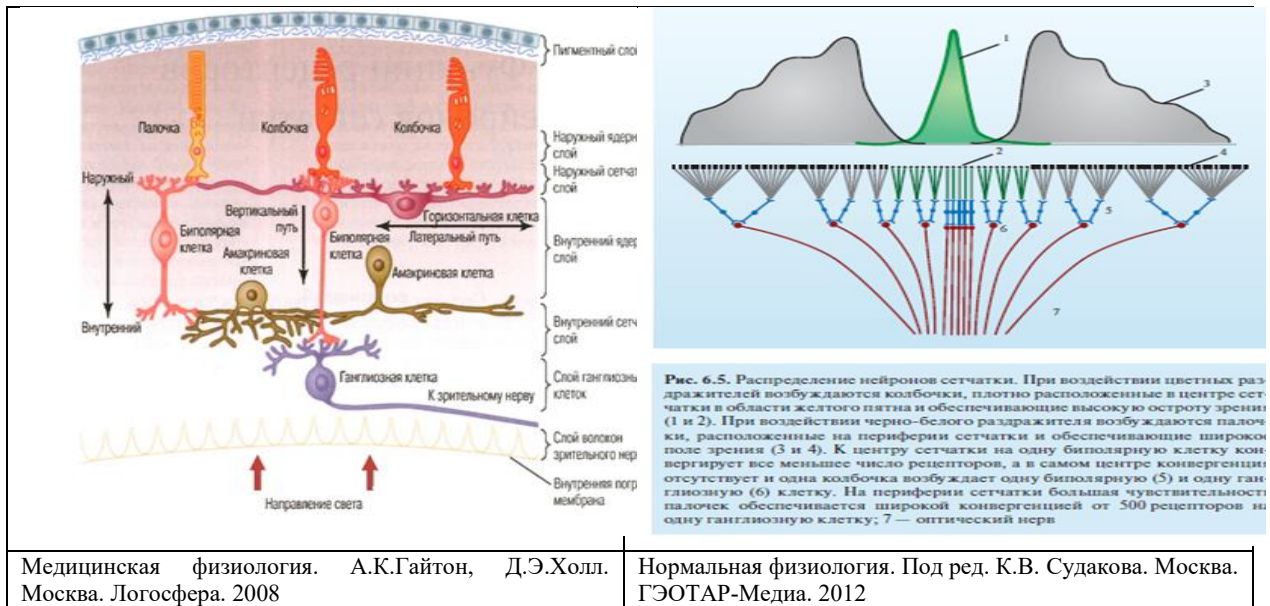
Рефракция. *Эмметропия* – нормальная рефракция: фокус на сетчатке.

Нарушения рефракции: *Миопия* (близорукость): длинная продольная ось, фокус перед сетчаткой. *Гиперметропия* (дальнозоркость): короткая продольная ось, фокус за сетчаткой.

Пресбиопия (возрастная дальнозоркость): снижение эластических свойств хрусталика, отодвигается ближняя точка ясного видения.

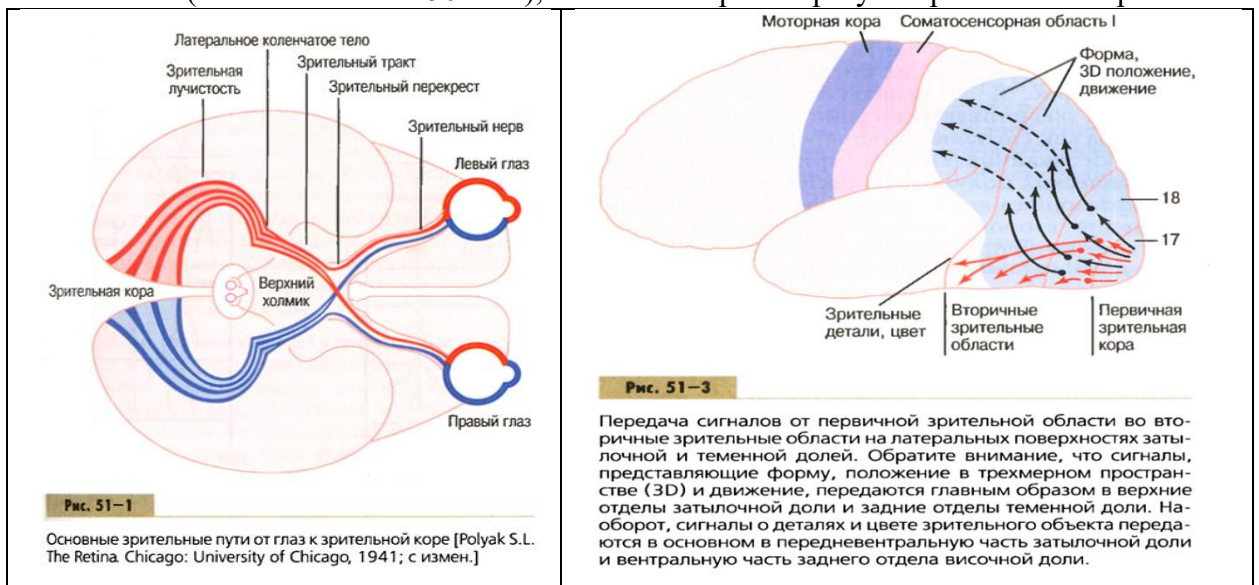
Астигматизм – неодинаковое преломление лучей в разных направлениях (различный радиус кривизны роговой оболочки)

Сетчатка	Распределение палочек и колбочек
----------	----------------------------------



Сетчатка — периферическая часть зрительного анализатора. Она обеспечивает зрительное восприятие за счет преобразования световой энергии в нервный импульс, передающийся по цепи нейронов в корковый зрительный центр. *Фоторецепторы* сетчатки представлены палочками и колбочками. *Палочки* обеспечивают сумеречное черно-белое зрение. Палочек 130 млн, они неравномерно распределены по периферии сетчатки, содержат пигмент родопсин. *Колбочки* (7 млн) находятся в области желтого пятна и обеспечивают центральное зрение — характеризуется четким восприятием рассматриваемого предмета и цветовое зрение. Содержат пигменты: хлоролаб, эритролаб, цианолаб. В палочках намного больше зрительного пигмента, чем в колбочках, что определяет их большую чувствительность к свету. При действии кванта света в рецепторах начинается цикл фотохимических реакций с участием зрительных пигментов, в результате чего возникает рецепторный потенциал (гиперполяризация).

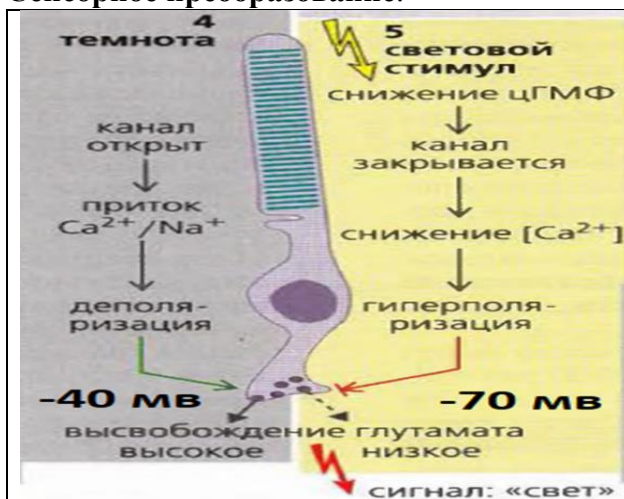
От рецепторов сигнал передается на биполярные клетки от них, в свою очередь — на ганглиозные (их около 1 млн 250 тыс.), аксоны которых образуют зрительный нерв.



Физиологическая чувствительность палочек и колбочек.

В колбочках содержится три типа зрительных пигментов: чувствительные к синему цвету с максимумом поглощения световых волн длиной 445 нм, зеленому — с максимумом поглощения 535 нм и красному — 570 нм. (цианолаб, хлоролаб, эритролаб). Наличие 3 видов пигментов в колбочках лежит в основе трёхкомпонентной теории цветоощущения.

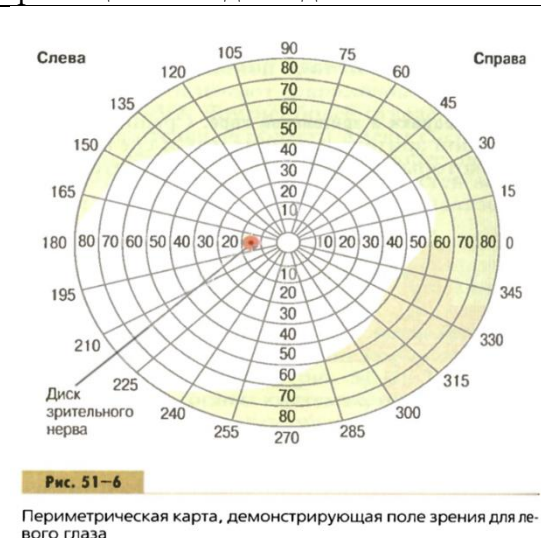
Сенсорное преобразование.



В темноте фоторецептор деполяризован (цГМФ связан с Na^+ -каналами и они открыты), что приводит к постоянному входу ионов Ca^{2+} в пресинаптическое окончание и постоянному экзоцитозу глутамата.

На короткий световой стимул фоторецептор отвечает длительной (около 50 мс) гиперполяризацией (из-за усиления распада цГМФ и закрытия Na^+ каналов). В результате значительная часть Ca^{2+} -каналов закрывается и экзоцитоз глутамата прекращается (ослабевает).

Пространство, видимое глазом при фиксации взгляда в одной точке



Медицинская физиология А.К.Гайтон, Д.Э.Холл. Москва. Логосфера. 2008

Конвергенция глазных яблок при рассматривании равноудаленных предметов

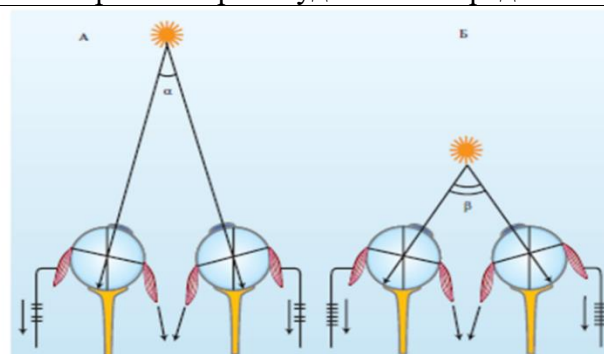


Рис. 6.9. Конвергенция глазных яблок при рассматривании равноудаленных предметов: А — предмет находится на относительном удалении; Б — предмет находится на близком расстоянии от человека. По мере приближения предмета происходит большее напряжение внутренних прямых мышц глаз и растяжение наружных. Последнее приводит к активации расположенных в мышцах мышечных веретен, импульсы от рецепторов которых поступают в головной мозг и формируют представление о расстоянии до рассматриваемого предмета

Нормальная физиология. Под ред. К.В.Судакова. Москва. ГЭОТАР-Медиа. 2012

Слуховой анализатор

Акустические (звуковые) сигналы представляют собой колебания воздуха с разной частотой и силой. Звуки изменяются по высоте, громкости и тембру.

Высота определяется частотой упругих колебаний воздуха и измеряется в герцах. Громкость зависит от амплитуды колебаний (единицы Соны, логарифмическая шкала Фоны, Децибеллы). Тембр связан со сложностью самой звуковой волны и наложением на нее обертонов. Ухо человека воспринимает только звуковые волны с частотой от 16 до 20000 колебаний в секунду.

Орган слуха состоит из: наружного уха, среднего уха и внутреннего уха.

В среднем ухе находятся три косточки: молоточек, наковальня и стремечко, которые последовательно передают колебания барабанной перепонки во внутреннее ухо. Основание стремечка входит в овальное окно - закрытое мембраной отверстие, открывающееся в преддверие внутреннего уха. Благодаря особенностям геометрии слуховых косточек эти колебания передаются уменьшенными в амплитуде, но увеличенными в силе давления на жидкость внутреннего уха. Поэтому даже слабые звуковые волны способны привести к колебаниям жидкости в улитке. При частоте звука до 2400Гц происходит 22-кратное

усиление звукового давления.

Внутреннее ухо или лабиринт, представляет собой полость сложной формы внутри височной кости (костный лабиринт). Лабиринт состоит из трех отделов: преддверия, полукружных каналов и улитки. К органу слуха относится улитка, а преддверие и полукружные каналы составляют вестибулярный аппарат.

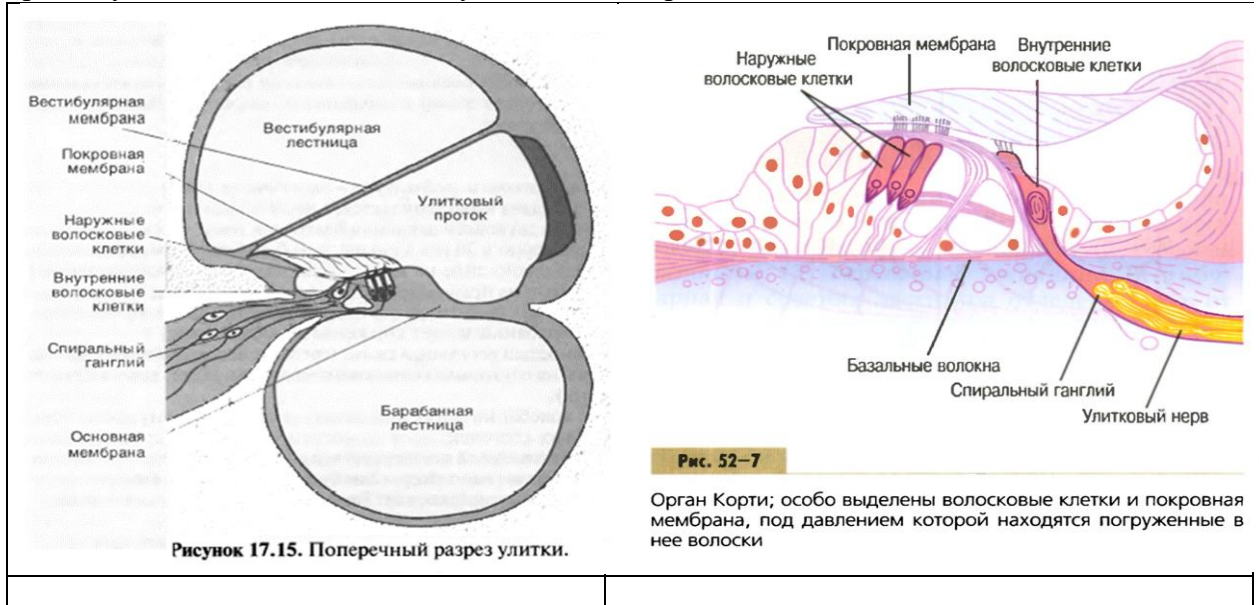
Улитка представляет собой костный спиральный канал, который по всей длине разделен вестибулярной и основной мембранами на три хода: верхний, средний и нижний. Полость среднего канала не сообщается с полостью других каналов и заполнена эндолимфой, а верхний и нижний каналы сообщаются друг с другом и заполнены перилимфой.

Внутри среднего канала улитки на основной мембране расположен спиральный (кортиев) орган, содержащий рецепторные клетки, которые трансформируют механические колебания в электрические потенциалы.

Эндолимфа - вязкая жидкость, заполняет перепончатый канал улитки и соединяется через специальный канал (ductus reuniens) с эндолимфой вестибулярного аппарата.

Концентрация K^+ в эндолимфе в 100 раз больше, чем в спинномозговой жидкости (ликворе) и перилимфе; концентрация Na^+ в эндолимфе в 10 раз меньше, чем в перилимфе.

Перилимфа по химическому составу близка к плазме крови и ликвору и занимает промежуточное положение между ними по содержанию белка.



Эндокохлеарный потенциал. Перепончатый канал улитки заряжен положительно (+60-+80 мВ) относительно двух других лестниц.

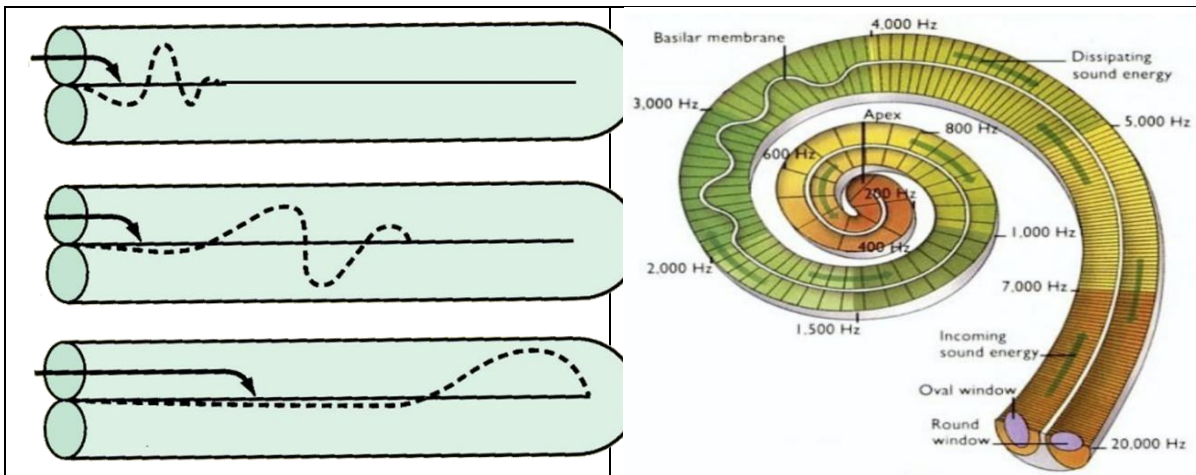
Источник этого (эндокохлеарного) потенциала – сосудистая полоска.

Волосковые клетки поляризованы эндокохлеарным потенциалом до критического уровня, что повышает их чувствительность к механическому воздействию.

Кортиев орган генерирует нервные импульсы в ответ на вибрацию основной мембраны.

Волосковые клетки относятся к вторичным рецепторам: в них возникает лишь рецепторный потенциал, но не ПД. Кортиев орган содержит 10000-12000 внешних волосковых клеток и 3500 внутренних волосковых клеток, которые расположены на основной мембране. Волосковые клетки формируют синапсы с сетью окончаний нерва улитки. До 95% этих синапсов локализируются на внутренних волосковых клетках.

Пространственное кодирование звуков разной частоты



В зависимости от частоты звуковых колебаний резонируют разные участки базальной мембраны, активируя соответствующие волосковые клетки.

При колебаниях основной мембраны длинные волоски рецепторных клеток касаются текториальной (покровной) мембраны и несколько наклоняются. Это приводит к натяжению тончайших нитей, которые открывают ионные каналы в мембране рецептора. Пресинаптическое окончание волосковой клетки деполяризуется, что приводит к выходу в синаптическую щель нейромедиатора (глутамата).

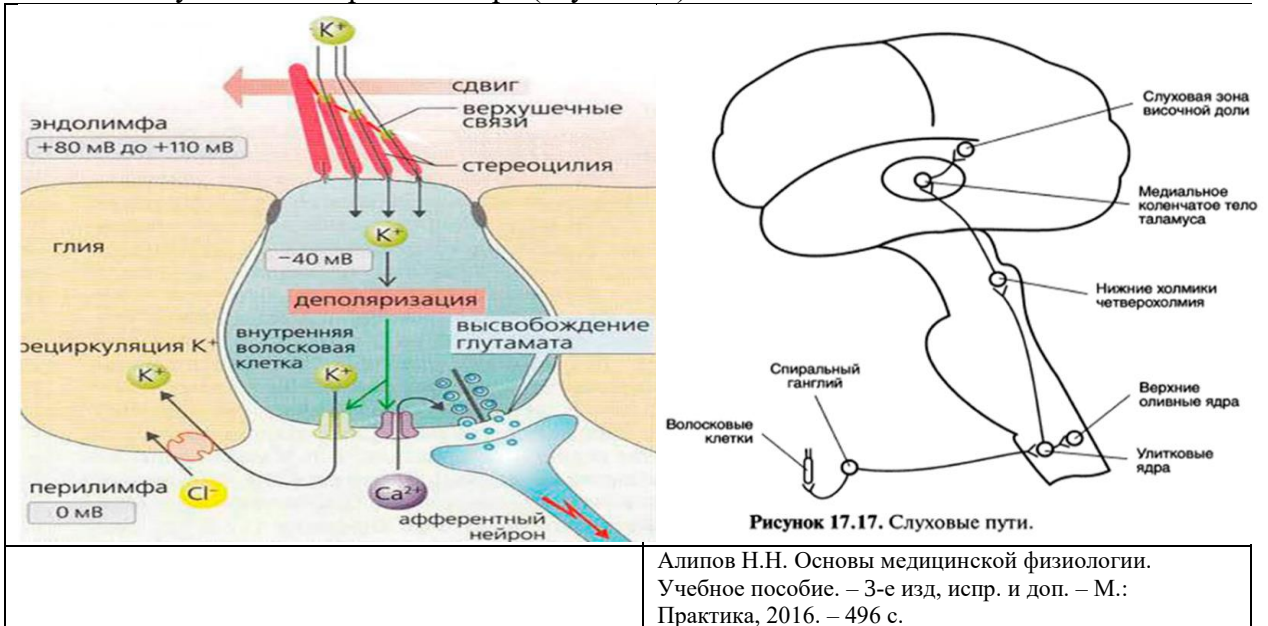


Рисунок 17.17. Слуховые пути.

Алипов Н.Н. Основы медицинской физиологии. Учебное пособие. – 3-е изд, испр. и доп. – М.: Практика, 2016. – 496 с.

Последовательность проведения импульсации от внутреннего уха к коре головного мозга:

1. Тела чувствительных нейронов, окончания которых подходят к волосковым клеткам, располагаются в спиральном ганглии, залегающем в улитке.
2. Аксоны этих нейронов образуют улитковую часть преддверно-улиткового нерва и идут в продолговатый мозг, переключаясь в нем на нейронах улитковых ядер.
3. Далее слуховые пути в стволе мозга частично перекрещиваются и делают ряд переключений, в частности – в нижних холмиках четверохолмия и верхних оливных ядрах.
4. От ствола мозга слуховые пути поступают в медиальные колленчатые тела таламуса.
5. От медиальных колленчатых тел слуховые пути поступают в первичную слуховую зону. Первичная слуховая зона находится в верхней извилине височной доли. Вторичная слуховая зона также находится в верхней височной извилине и в коре островковой доли.

Тестирование слуха камертоном по Веберу и Ринне

Тест Вебера. Вибрирующий камертон 256 Гц / 512 Гц помещается на средней линии черепа; обследуемого просят сообщить, в каком ухе громче слышен звук.

В норме звук одинаково слышен с обеих сторон; у пациентов с нарушением

звукотопроведения (патология среднего уха) звук сильнее со стороны повреждения.

При поражении звуковоспринимающего аппарата (внутреннее ухо) латерализация звука будет в здоровое или лучше слышащее ухо.

Тест Ринне. Звучащий камертон прикладывают к сосцевидному отростку височной кости обследуемого человека. Человек ощущает постепенно уменьшающийся звук камертона. При исчезновении ощущения звука камертон переносят непосредственно к уху обследуемого человека. У человека с нормальной звуковой проводимостью вновь возникает ощущение звука.

Лабораторные работы:

Работа 1. Преломляющие среды глаза.

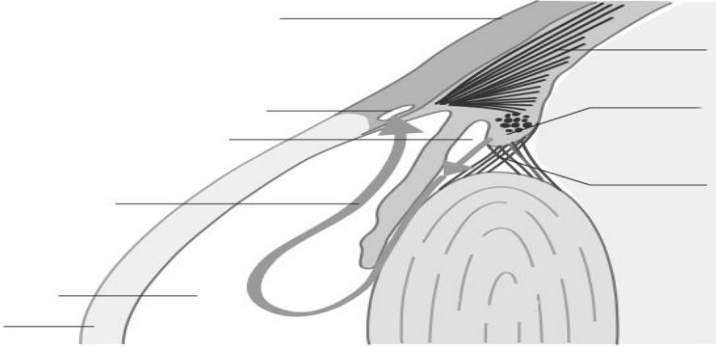
	На схеме переднего отдела глазного яблока укажите: 1 – роговицу; 2 – переднюю камеру глаза; 3 – заднюю камеру глаза; 4 – радужную оболочку; 5 – хрусталик; 6 – ресничное тело; 7 – цилиарную связку; 8 – ресничную мышцу; 9 – венозный синус (<i>Шлемов канал</i>); 10 – склеру; 11 – направление тока внутриглазной жидкости К преломляющим средам глаза относятся _____
---	---

Рис. 1 Схема строения переднего отдела глаза.

Водянистая влага глаза продуцируется _____

Отток водянистой влаги глаза идёт в _____

Работа 2. Аккомодация глаза.

Аккомодация глаза – это _____

Проанализируйте механизм аккомодации по рис. 2, впишите недостающие слова.

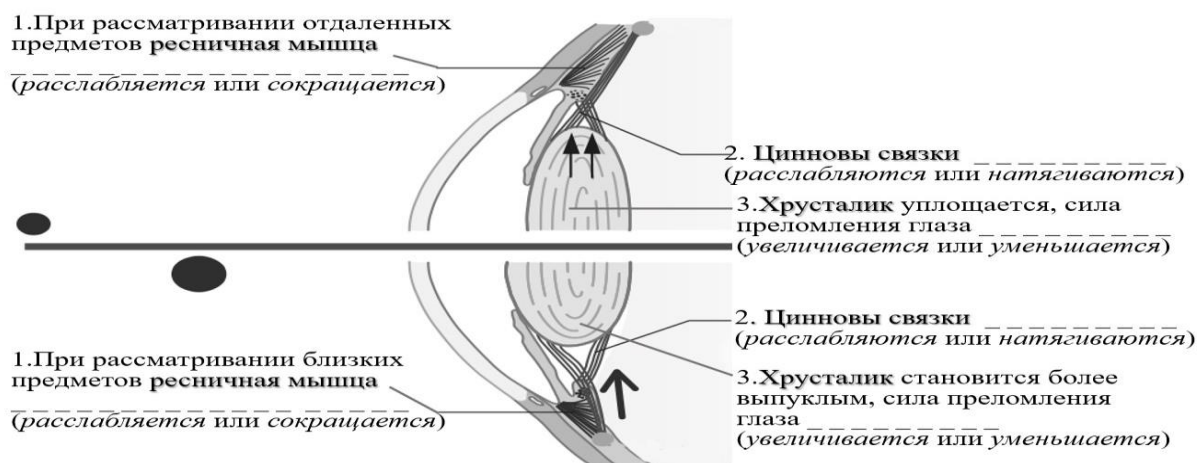
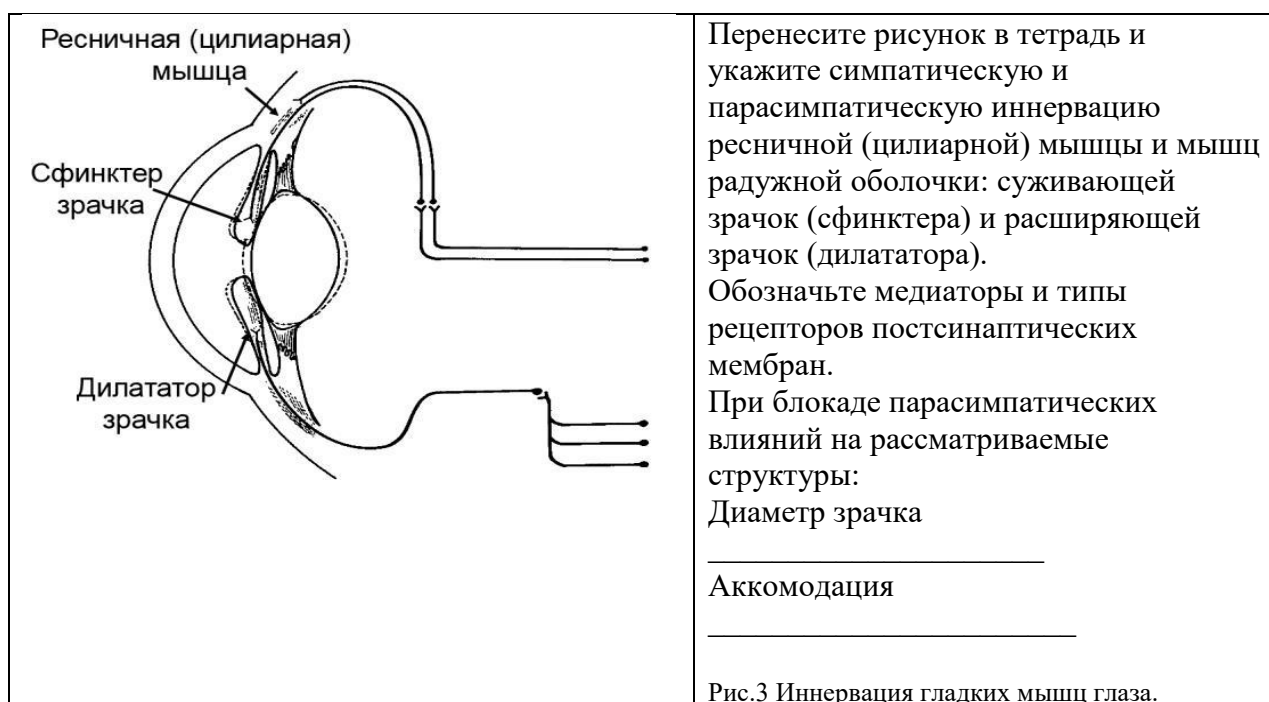


Рис. 2 Механизм аккомодации глаза

Работа 3. Нервная регуляция аккомодации и диаметра зрачка.



РАБОТА 4. Исследование центрального зрения (определение остроты зрения). [3] с. 202 – 203

Острота зрения человека определяется способностью его глаза различать две достаточно близко расположенные друг к другу точки как отдельные. Острота зрения может быть измерена тем наименьшим углом, под которым эти две точки видны как отдельные (при нормальной остроте зрения этот угол равен 1 мин). При этом лучи от двух точек попадают на две колбочки, между которыми расположена одна невозбужденная колбочка.

Оснащение: таблица для определения остроты зрения, указка.

Для определения остроты зрения пользуются специальными таблицами с рядами букв и разорванных колец, размеры которых уменьшаются сверху вниз.

D=50,0	Ш Б	V=0,1	D=50,0	О С	V=0,1
D=25,0	М Н К	V=0,2	D=25,0	С О О	V=0,2
D=16,67	Ы М Б Ш	V=0,3		О О О С	V=0,3
D=12,5	Б Ы Н К М	V=0,4	D=12,5	О О О С О	V=0,4
D=10,0	И Н Ш М К	V=0,5	D=10,0	С О О О О	V=0,5
D=8,38	Н Ш Ы И К Б	V=0,6	D=8,38	О С О О С О	V=0,6
D=7,14	Ш И Н Б К Ы	V=0,7	D=7,14	О О О С О О	V=0,7
D=6,25	К Н Ш М Ы Б И	V=0,8	D=6,25	С О О О С О О	V=0,8
D=5,55	Б К Ш М И Ы Н	V=0,9	D=5,55	О О О С О О О	V=0,9
D=5,0	Н К И Б М Ш Ы Б	V=1,0	D=5,0	О О О О О О О	V=1,0
D=3,33	Ш И Н К М И Ы Б	V=1,5	D=3,33	О О О С О О О	V=1,5
D=3,5	И Ы Ш К И Б К	V=2,0	D=3,5	О О О С О О О	V=2,0

Таблицы для определения остроты зрения Головина-Сивцева

С левой стороны каждого ряда указано расстояние D(м), с которого нормальный глаз должен видеть этот ряд знаков. Самую верхнюю строку "ШБ" - с 50 м, десятую строчку - с 5 м (стандартное расстояние при исследовании зрения у окулиста).

Если с 5 м (стандартного расстояния) человек видит только вторую строку "МНК", то у него V=0.2 (или 20% от нормы) и т.д.

С правой стороны указано готовое значение остроты зрения V-visus в виде дроби (0,1, 0,2, 0,3 и т. д.). Острота зрения рассчитывается по формуле $V=d/D$, где V-острота зрения, d- реальное расстояние, с которого испытуемый читает данную строку, D-

Рис. 4

расстояние, с которого глаз должен видеть эту строку при нормальной остроте зрения.

Содержание работы: таблицу для определения остроты зрения вешают на хорошо освещенную стену. Испытуемому предлагают сесть на расстоянии 5 м от таблицы и закрыть один глаз рукой. Определение начинают с самой верхней строки и, постепенно спускаясь вниз, находят ту строку, отдельные буквы которой не могут быть правильно названы испытуемым. Затем эту процедуру повторяют с другим глазом.

Пройти тест можно по ссылке: [Острота зрения \(таблицы Сивцева\) Скрининговая проверка Остроты/контрастности/цветового зрения – Цейсс](#)

У окулиста тест проводят в стандартных условиях: расстояние от исследуемого до таблицы Сивцева - 5 м; уровень освещенности в кабинете 700 люкс.

Определяют остроту зрения правого, затем - левого глаза, при этом, второй глаз закрывают специальной заслонкой, не допуская того, чтобы человек шурился.

С первой по третью строчку ошибки делать нельзя, с четвертой по шестую - допускается 1 ошибка, с седьмой по десятую - 2 (одиннадцатая и двенадцатая строка предназначена для выявления людей с 150% и 200% зрением, либо используется при недостаточной длине кабинета).

Рекомендации к оформлению протокола:

1. Запишите результаты определения остроты зрения для каждого глаза.
2. Сделайте вывод, дав оценку полученным результатам.
3. Зарисуйте схемы «Ход лучей в оптической системе глаза при нормальной рефракции и нарушениях лучепреломления».

	Отметьте, на какой схеме ход лучей соответствует нормальной рефракции (эметропии), дальновидности (гиперметропии) и близорукости (миопии): А – _____ Б – _____ В – _____ Какая линза – рассеивающая или собирающая – требуется для коррекции миопии _____ Какая линза требуется для коррекции гиперметропии _____ Рис. 5 Ход лучей в оптической системе глаза при нормальной рефракции и нарушениях лучепреломления.
--	---

Другие нарушения рефракции:

Пресбиопия (старческая дальновидность). Снижение эластических свойств хрусталика, отодвигается ближняя точка ясного видения. Коррекция – двояковыпуклые линзы.

Астигматизм – неодинаковое преломление лучей в разных направлениях (различный радиус кривизны роговой оболочки)

РАБОТА 5. [Исследование периферического зрения \(определение поля зрения\)](#). [3] с. 203 – 205

Периферическое зрение связано в основном с возбуждением палочек, расположенных в сетчатке диффузно и ближе к периферии. Пространство, которое видит глаз человека при фиксации взгляда в одной точке, называется полем зрения. Определение поля зрения применяют для диагностики поражений сетчатки и зрительных путей.

Оснащение: периметр Форстера (рис.6), белые и цветные марки к нему, линейка, стандартные бланки нормального поля зрения (рис.7).



Периметр Форстера представляет собой подвижно укрепленный в штативе металлический полукруг (1) имеющий шкалу в угловых градусах. Полукруг может быть установлен в любой плоскости по отношению к исследуемому глазу. В середине полукруга находится белая точка, на которую испытуемый должен фиксировать свой взгляд. Штатив прибора (2) служит для фиксации головы испытуемого в процессе определения поля зрения.

Рис. 6 Периметр Фостера.

Содержание работы: поставьте периметр против света, установите горизонтально полукруг, и в его рамку вставьте белую марку. Испытуемого посадите спиной к свету. При исследовании поля зрения правого глаза попросите его поставить подбородок в левую выемку подставки, чтобы край визирной пластинки прилегал к нижнему краю глазницы, и фиксировать правым глазом белый кружок, находящийся в центре полукруга, а левый глаз, не надавливая на него (!), закрыть ладонью. Медленно передвигайте белую марку снаружи к центру и попросите испытуемого отметить момент, когда он увидит ее. При положительном ответе марку (для контроля) отодвиньте назад и повторите вопрос. Получив совпадающие данные, отметьте эту точку на соответствующем меридиане стандартного бланка (рис.7). Затем измерьте поле зрения с другой стороны дуги. После этого дугу периметра поверните на 90^0 и аналогичным образом определите поле зрения сверху и снизу, а также под углом 45^0 , т.е. в косых направлениях.

Заменяв белую марку цветной, определите поля зрения для красного цвета. Аналогичным образом измерьте границы поля зрения левого глаза.

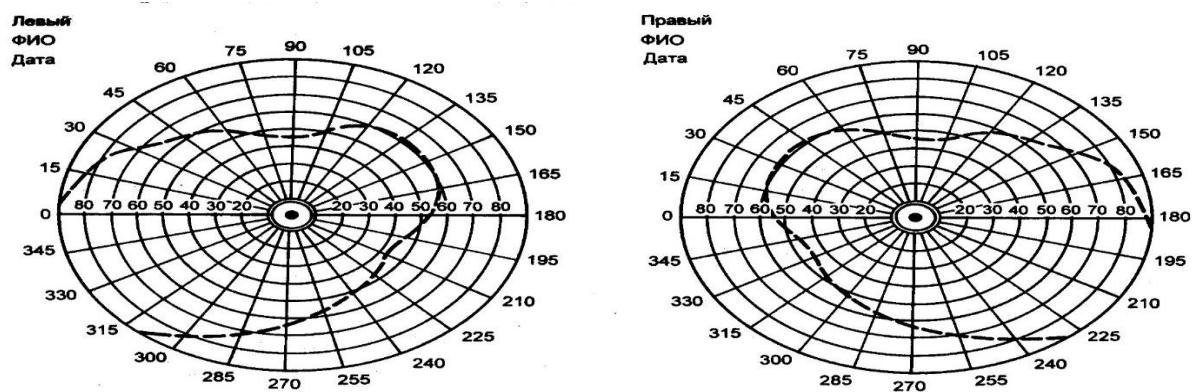


Рис. 7 Стандартный бланк нормальных полей зрения.

Рекомендации к оформлению протокола:

1. Нанесите на стандартные бланки средние нормы границ полей зрения, определяемых с помощью белой и красной меток (углы в градусах отметьте точками и соедините линиями).
2. Сделайте вывод.

Компьютерная периметрия

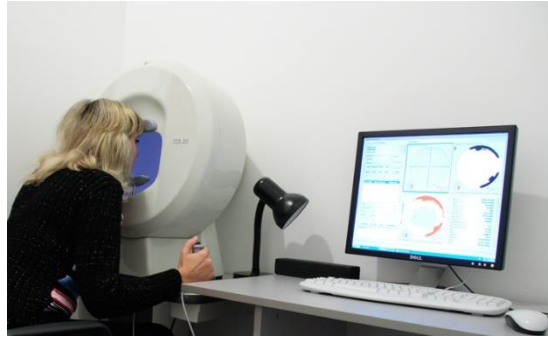


Рис. 8 Компьютерная периметрия

Исследование проводится на специальном оборудовании, представляющем собой полусферу. Внутри нее имеется поле, на котором появляются светящиеся точки. Они вспыхивают в разных местах этого пространства. Когда пациент видит такую точку, он нажимает на специальную кнопку. При этом взгляд должен быть направлен строго в середину поля. Анализ осуществляется на основе повторения вспыхивающих точек, которые в течение обследования появляются в одних и тех же местах. По результатам исследования составляется схема.

Работа 6. Механизм формирования рецепторного потенциала в фоторецепторе.

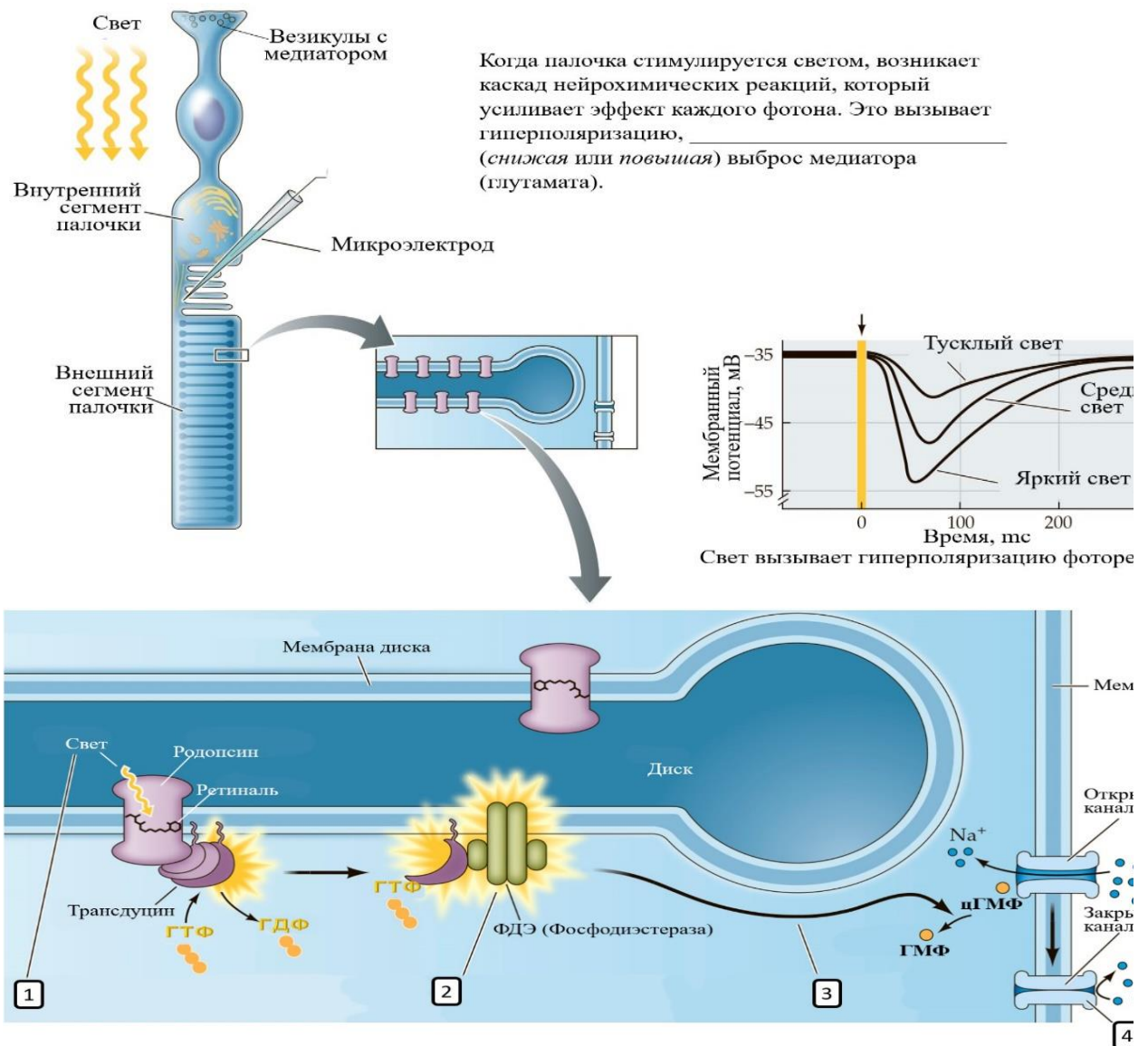
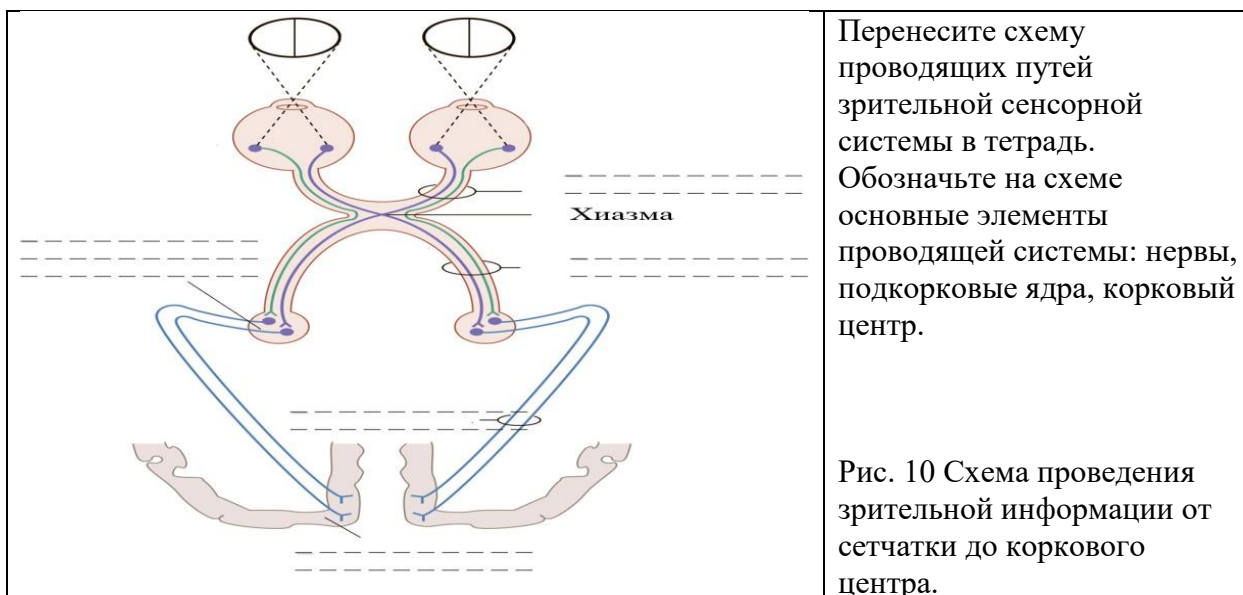


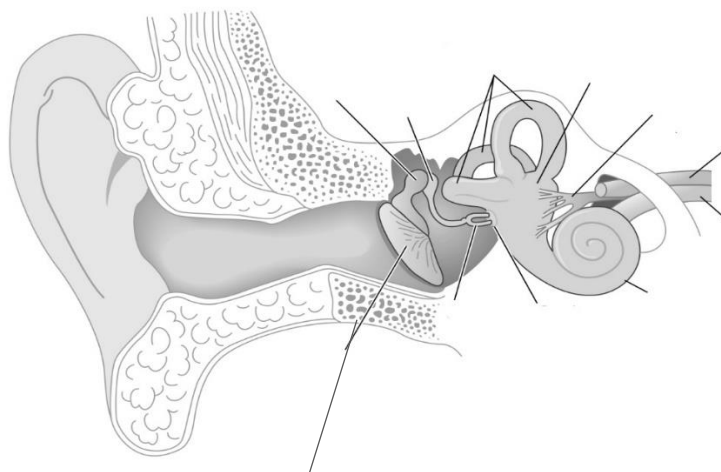
Рис. 9 Стимуляция фоторецептора светом.

Рассмотрите рис. 9 и опишите поэтапно происходящие биохимические реакции в палочке, стимулируемые действием света: 1, 2, 3, 4

Работа 7. Проводящие пути зрительной сенсорной системы.



Работа 8. Строение периферического отдела слухового анализатора.



Обозначьте на схеме:

1. Слуховой проход
2. Барабанная перепонка
3. Молоточек
4. Наковальня
5. Стремечко
6. Полукружные каналы
7. Овальное окно
8. Преддверие
9. Улитка
10. Вестибулярный нерв
11. Ушной нерв
12. Лицевой нерв

Рис. 11 Строение периферического отдела слухового анализатора.

Основные функции среднего уха: 1 _____, 2 _____.

Мышцы среднего уха (стременная и мышца, напрягающая барабанную перепонку), регулируемые стволовыми центрами обеспечивают _____.

Обозначьте на схеме «Поперечный разрез улитки»: 1. Вестибулярную лестницу; 2. Среднюю лестницу (улитковый проход); 3. Вестибулярную мембрану; 4. Сосудистую полосу; 5. Базилярную мембрану; 6. Покровную (текториальную мембрану); 7. Внутреннюю волосковую клетку; 8. Наружную волосковую клетку.

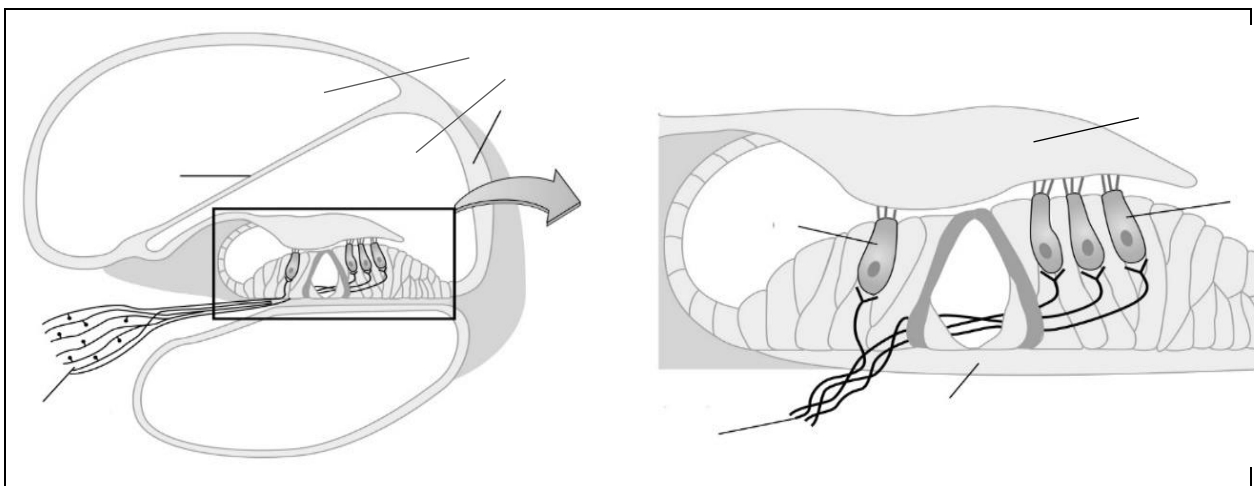
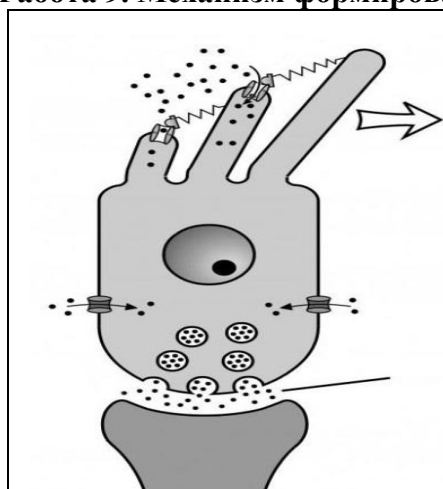


Рис. 12. Поперечный срез улитки

Работа 9. Механизм формирования рецепторного потенциала в волосковой клетке.



Зарисовать схему волосковой клетки

Обозначить на схеме:

1. Волоски клетки (стереоцилии)
2. Верхушечные звенья
3. Окончание афферентного нервного волокна

Указать на схеме:

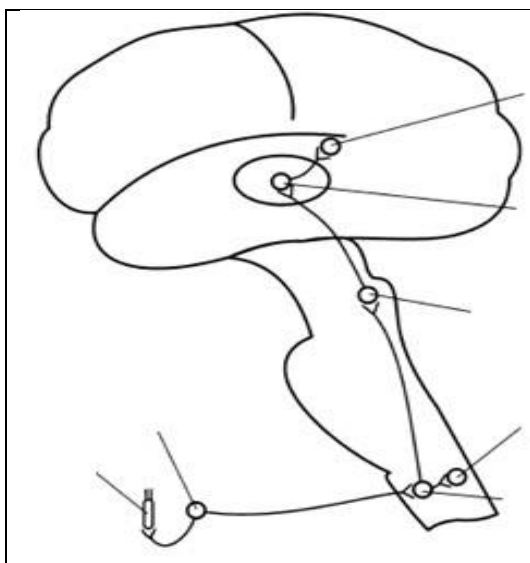
Ион, входящий в верхушечные катионные каналы

Ион, входящий в потенциалзависимые каналы

Выделяемый волосковой клеткой медиатор.

Рис. 13 Волосковая клетка внутреннего уха

Работа 10. Проводящие пути слухового анализатора



Зарисовать схему проводящих путей

Обозначить на схеме:

1. Волосковую клетку Кортиева органа
2. Нейроны спирального ганглия
3. Улитковые ядра моста
4. Верхние оливковые ядра
5. Нижние холмики четверохолмия
6. Медиальное коленчатое тело
7. Верхнюю височную извилину

Номер черепного нерва, в составе которого идут волокна от спирального ганглия _____

Рис. 14 Проводящие пути слухового анализатора.

РАБОТА 11. Определение остроты слуха с помощью шепотной речи. [3] с. 203 – 205

Острота слуха человека определяется способностью его уха ощущать пороговые слуховые раздражения. Пороговое слуховое раздражение – это минимальная сила раздражения, которая вызывает слуховое ощущение. Остроту слуха исследуют с помощью аудиометрии, камертонов и шепотной речи.

Цель работы. Освоить метод определения остроты слуха с помощью шепотной речи.

Оснащение: Изолированное от посторонних людей помещение. Исследование проводят на человеке.

Содержание работы. Исследование проводят в условиях полной тишины. Остроту слуха определяют у обследуемого человека с расстояния 5 м. Каждое ухо исследуют отдельно, причем другое ухо плотно прикрывают. Обследуемый человек должен стоять спиной к исследователю, чтобы исключить возможность понимания произносимых слов по артикуляции. Исследователь произносит слова шепотом, испытуемый должен немедленно их повторить.

В качестве слов, удобных для исследования, можно пользоваться двузначными цифрами от 21 до 99, которые произносят не подряд, а вразбивку. Если испытуемый повторяет их правильно, то слух считается нормальным. Для более точного определения остроты слуха используют специальные таблицы слов.

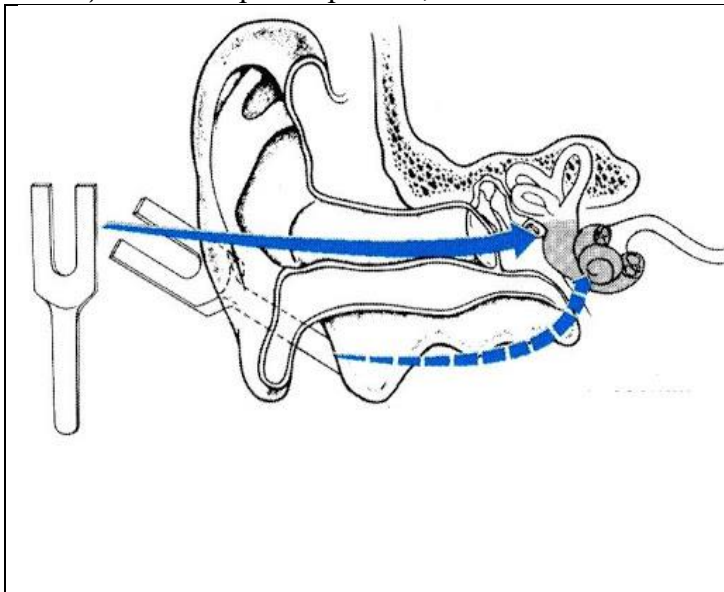
Оформление протокола. 1. Запишите количество правильных ответов испытуемого из общего числа названных слов. 2. Оцените остроту слуха испытуемого.

РАБОТА 12. Исследование Ринне: сравнению воздушной и костной проводимости звука. с. 212 – 213

Исследование воздушной и костной проводимости необходимо для выявления возможных препятствий к распространению звуковых волн через наружное и среднее ухо.

Цель работы. Сравнить проводимость звука воздушным и костным путями.

Оснащение: набор камертонов, ватные тампоны. Исследование проводят на человеке.



Содержание работы.

Звучащий камертон прикладывают к сосцевидному отростку височной кости обследуемого человека. Человек ощущает постепенно уменьшающийся звук камертона. При исчезновении ощущения звука камертон переносят непосредственно к уху обследуемого человека. У человека с нормальной звуковой проводимостью вновь возникает ощущение звука.

Рис. 15 Тест Ринне

Оформление протокола.

1. Опишите ощущения обследуемого человека.
2. Объясните, почему в ряде случаев второе ощущение звука не возникает.

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.
Сеченова

Институт клинической медицины
Кафедра нормальной физиологии

Дисциплина «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»
2 курс

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для СТУДЕНТОВ
по ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Модульная единица 1: Жидкие среды организма как
компоненты внутренней среды. Система крови и ее состав.

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Модульная единица 1: Жидкие среды организма как компоненты внутренней среды. Система крови и ее состав.

ПРОГРАММА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (УИД)

1. УСТАНОВКА УИД: Проанализируйте основные компоненты внутренней среды организма.

Для этого самостоятельно выполните работу с учебной литературой, выполните на ее основе учебно-исследовательские (УИЗ), практические задания (ПЗ) и практические работы (ПР). Новые знания обобщите и систематизируйте в опорных таблицах (ОТ 1).

2. СХЕМА САМООРГАНИЗАЦИИ УИД: Организуйте учебно-исследовательскую деятельность.

Цель: Проанализировать основные компоненты внутренней среды организма.

Предмет: Текстовый материал в учебной литературе, материал лекций.

Средства: Учебно-исследовательские задания 1-8, практические задания 1-4, практические работы 1-6.

Продукт: Обобщенные в ОТ-1-ОТ-4, ПЗ 1-4, ПР 1-6 новые знания о внутренней среде организма, ее составе и методах ее исследования.

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Нормальная физиология: Учебник. Под ред. Судаков К.В. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2015, стр. 169-171, 208 – 257.

Нормальная физиология: Учебник. Под ред. Судаков К.В. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2012, стр. 208-257.

Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии. Под ред. К.В. Судакова. М: МИА, 2016, стр. 34-44.

Дополнительная:

Медицинская физиология. Гайтон Артур К., Холл Д. Дж. Е. «Логосфера», 2018.

Физиология человека. Атлас динамических схем. Под ред. К.В. Судакова. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2018. 416 с.

Физиология. Основы и функциональные системы. Курс лекций под ред. К.В. Судакова. М: Медицина, 2000. С. 256-396.

Наглядная физиология. С. Зильбернагель, А. Деспопулос. СПб, «Бином», 2013. 408 с.

Физиология человека с основами патофизиологии. В 2-х томах. Под ред. Р.Ф. Шмидта, Ф. Ланга, М. Хекманна. Springer, 2019. Т.2.

Физиология человека. Евстафьева Е.В., Залата О.А., Бояринцева Ю.А.. Издательство: ИНФРА-М, 2022 г.

4. СИСТЕМА ЗАДАНИЙ: УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАНИЯ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.

5. Перечень заданий для проверки в практической тетради:

Задания:

1. Схема функциональной системы поддержания оптимального для метаболизма рН крови
2. Таблица «Белковые фракции крови»
3. Оценка общих клинических анализов крови пациентов (гемограммы)
4. Оценка показателей лейкоцитарной формулы (гемограммы)
5. Таблица «Регуляция эритропоэза»
6. Практические работы:

Практическая работа 1. Определение содержания гемоглобина в крови

Практическая работа 2. Определение цветового показателя

Практическая работа 3. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)

Практическая работа 4. Исследование различных видов гемолиза

Опорная таблица «Компоненты внутренней среды» (стр.12)

Учебно-исследовательское задание 1. Основные компоненты внутренней среды организма. Различия в их составе и функциях.

В состав внутренней среды организма входят 3 основных компонента: 1) _____, 2) _____, 3) _____.

Источником образования компонентов внутренней среды является _____.

1) _____ представляет собой часть внутренней среды организма, межклеточное вещество которой представлено плазмой, а клеточный состав – форменными элементами. Средний объем циркулирующей крови составляет у взрослого человека, в среднем, 65-75 мл на 1 кг массы тела. Состояние организма, когда средний ОЦК соответствует норме, называется _____. Около 1,5-2 л крови в организме депонировано. _____ выполняет функции:

- a. _____: дыхательная, трофическая, экскреторная, терморегуляция (транспорт тепла).
- b. _____: иммунитет, гемостаз, реакция буферов (защитные механизмы).
- c. _____: гуморальная регуляция.

2) _____ представляет собой часть внутренней среды организма, межклеточное вещество которой представлено жидкостью, возвращаемой в кровоток из тканевых пространств по _____. Содержание в ней белков составляет в среднем около 2% от объема. Лимфа в небольшом количестве содержит все факторы свертывания, антитела и различные ферменты, имеющиеся в плазме. Содержание липидов зависит от приема пищи. Клеточный состав представлен, в основном, _____. Лимфа выполняет, в основном, защитную и дренажную функции.

3) _____ - часть внутренней среды организма, заполняющая пространство _____. Выполняет роль _____ организма (микросреды), состав и свойства которой специфичны для отдельных органов и соответствуют их структурным и физиологическим особенностям. По составу она близка к _____, но содержит значительно _____ белка (в 7-10 раз).

ОПОРНЫЕ ТАБЛИЦЫ. ОТ-1. На основе изучения учебной литературы, выполненного учебно-исследовательского задания 1, в практической тетради заполните таблицу: Компоненты внутренней среды

Внутренняя среда	Кровь	Лимфа	Тканевая жидкость
Состав			
Локализация			
Источник и место образования			
Функции			

Учебно-исследовательское задание 2. Определите, какие виды белков входят в состав плазмы крови (2а) и каковы их функции (2б). Проанализируйте метод исследования белковых фракций (2в).

2а. Количество белка в плазме составляет в норме _____ г/л. Самая многочисленная фракция это _____ ~ 40-60 %. Основная роль _____ - участие в поддержании _____ - _____ (_____) давления плазмы (КОД) и объема циркулирующей крови, а также транспорт и депонирование различных веществ. 1 г

_____ способен связать 18-20__ интерстициальной жидкости. Альбумин связывает неполярные вещества, такие как билирубин и жирные кислоты, холестерин, является переносчиком ряда гормонов - тироксина, трийодтиронина, кортизола, альдостерона. Гормоны, связанные с _____, находятся в неактивной, но легко мобилизуемой форме. В меньшем количестве представлена фракция _____ (α_1 , α_2 , β , γ) ~ 41 %, в наименьшем количестве содержится _____ ~ 4 %. Также в состав белков плазмы входят белковые гормоны, БАВ и ферменты.

Основные места образования белков плазмы: _____, _____. Плазма без фибриногена называется _____.

2б. Функции белков плазмы крови: создание КОД (_____ мм рт.ст.), иммунные антитела, компоненты системы комплемента, участие в процессе свертывания крови, обеспечение вязкости крови, регуляция pH (_____ буфер), транспортная функция для неполярных веществ, питательно-пластическая функция (резерв _____ при голодании), транспорт гормонов, лекарств, меди, железа, связывание гема, транспорт липидов, участие в формировании иммунологических реакций при проникновении в организм инфекционных агентов и развитии воспалительных процессов (белки «острой фазы»), ингибиторы протеолиза.

2в. Изучение белковых фракций крови проводится с помощью метода электрофореза. Заполните пропуски в тексте:

Изучение количественного и качественного состава белков проводят методом электрофореза. Метод заключается в движении заряженных молекул белка по поверхности носителя под влиянием электрического поля. Ацетатцеллюлозная пленка, гель, специальная бумага (**носитель**) помещается на рамку, при этом противоположные края носителя свисают в кюветы с буферным раствором. На линию старта наносится сыворотка крови. Молекулы с наибольшим отрицательным зарядом и наименьшим размером (*название фракции*) двигаются _____ остальных и находятся _____ от точки старта. Наиболее крупные и нейтральные (*название фракции*) оказываются _____. На ход электрофореза влияет подвижность разделяемых веществ, находящаяся в зависимости от ряда факторов: заряд белков, величина электрического поля, состав растворителя (буферной смеси), тип носителя (бумага, пленка, гель). **Проанализируйте принцип метода электрофореза на примере электрофореза ДНК в геле:** <https://www.youtube.com/watch?v=cbkPUTrMP5k>.

Учебно-исследовательское задание 3. Охарактеризуйте основные физико-химические показатели крови.

Основными физико-химическими показателями крови являются вязкость, кислотно-основное состояние, осмотическое и онкотическое давление крови. **Добавьте название показателя к его описанию. Заполните пропущенные строки.**

3.1. _____ - сила, с которой молекулы растворителя давят на полупроницаемую мембрану. Оно определяет движение растворителя (H_2O) из (*концентрация солей*) _____ среды в (*концентрация солей*) _____, что называется **осмосом**. _____ зависит от концентрации растворенных минеральных веществ — солей, которые находятся в плазме в диссоциированном состоянии в виде катионов и анионов. Около 60% _____ приходится на долю _____, хотя в его поддержании участвуют и другие ионы, а также растворенные не-электролиты (_____ и _____). _____ влияет на обмен воды между отсеками сосудистым, интерстициальным и _____ отсеком. *Величина осмотического давления составляет ~ 285-310 мосм/л, 5600-5700 мм. рт. ст., что*

называется _____; повышение и снижение его – соответственно, _____ и _____.

3.2. _____ . Белки, будучи осмотически активными частицами, как правило, (способность выходить) _____ за пределы кровеносных сосудов, поэтому они удерживают определенное количество воды во внутрисосудистом пространстве. Величина _____ крови составляет в норме _____ мм.рт.ст.; 2 мосмоль/л. _____, преимущественно, влияет на обмен жидкости между сосудистым и _____ отсеками и, следовательно, на регуляцию (показатель) _____ крови. _____ плазмы крови обусловлено всеми белками плазмы, но основной вклад вносит _____ – до 75–80%.

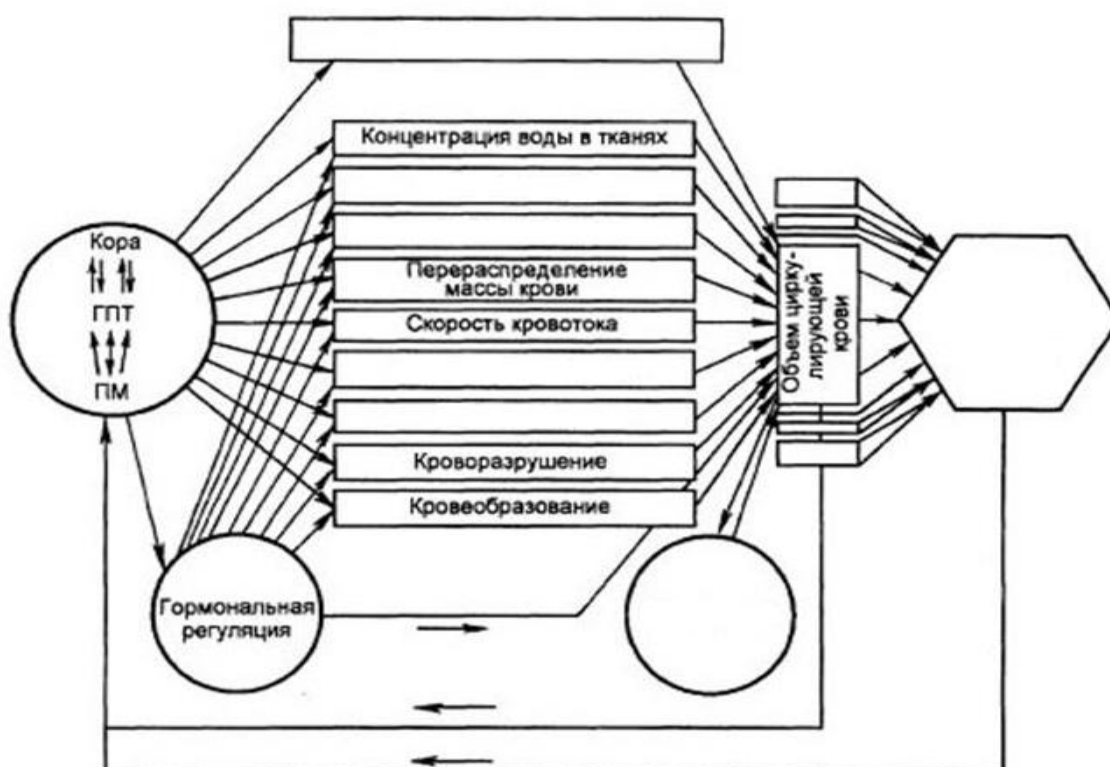
3.3. _____ - _____ состояние крови – отрицательный логарифм концентрации _____ в крови. В крови составляет _____; ~ 40 нмоль/л H^+ . _____ является одним из наиболее (стабильность) _____ показателей гомеостаза. Он очень важен, поскольку от соотношения концентраций водородных и гидроксильных ионов во внутренней среде организма зависят _____ ферментов, интенсивность и направленность _____-восстановительных реакций, процессы обмена белков, углеводов и липидов, функции различных органов и систем, влияет на способность гемоглобина _____ O_2 и отдавать его тканям.

3.4. _____ (внутреннее трение) крови. Показатели _____: кровь $\sim 5,5$, плазма $\sim 1,8$ сП (сантИПуаз). Значение для циркуляции крови: гидродинамическое сопротивление _____ пропорционально _____.

Факторы, влияющие на _____:

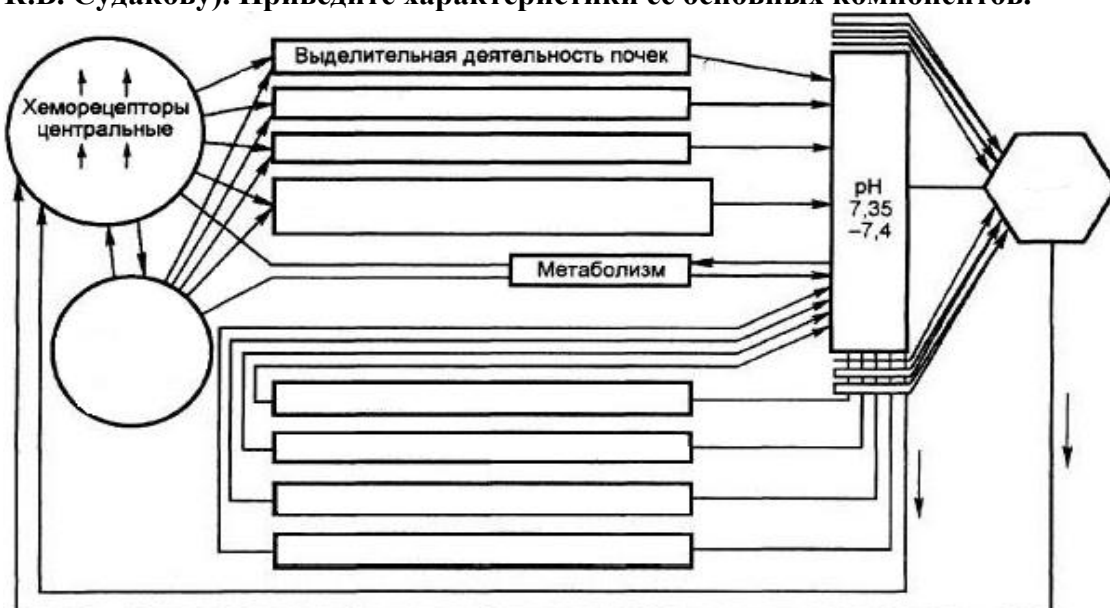
- a. Клетки крови: Увеличение количества клеток крови _____ вязкость крови.
- b. Белки крови: Чем больше концентрация белков в крови, тем *выше* вязкость крови.
- c. Количество воды: сгущение крови _____ вязкость крови, гидремия – _____ вязкость крови.
- d. Артериальное давление: при повышении АД вязкость крови _____, при снижении АД – _____.

Учебно-исследовательское задание 4. Опишите основные элементы функциональной системы поддержания оптимального для метаболизма Объема циркулирующей крови (по К.В. Судакову). Приведите характеристики ее основных компонентов.



Пример заполнения – см. Ориентировочные схемы.

Учебно-исследовательское задание 5. Перенесите в тетрадь основные элементы функциональной системы поддержания оптимального для метаболизма pH крови (по К.В. Судакову). Приведите характеристики ее основных компонентов.



Пример заполнения – см. Ориентировочные схемы.

Учебно-исследовательское задание 6. Ознакомьтесь с показателями общего клинического анализа крови.

Клинический (общий) анализ крови (ОАК) – это развернутое исследование качественного и количественного состава крови. Используется для диагностики и контроля лечения многих заболеваний.

Наиболее точная информация может быть получена при динамическом наблюдении изменений показателей крови. На результат может влиять пол, возраст, раса пациента. Показатели ОАК изменяются при изменении состояния организма: стрессе, беременности, сопутствующих заболеваниях, применении лекарственных средств и др.

В ходе ОАК дается характеристика:

1. Эритроцитов и их специфических показателей («эритроцитарных индексов»). Эритроцитарные индексы определяют размер эритроцита и содержание в нем гемоглобина и включают в себя средний объем эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCHC), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах (MCHC), а также распределение эритроцитов по величине (RDW).
2. Лейкоцитов и их разновидностей в процентном соотношении (лейкоцитарная формула).
3. Тромбоцитов.
4. Определяется скорость оседания эритроцитов (СОЭ).

№	Обозначения (сокращения), ед. измерения	Норма
1.	Гемоглобин (Hb), г/л	М: 130-160 Ж: 120-150
2.	Эритроциты (RBC) /л	М: $4,0-5,2 \cdot 10^{12}$ Ж: $3,9-4,9 \cdot 10^{12}$
	- средний объем эритроцита (MCV) ***	80-100 мкм ³ (фемтолитров)
	- среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH) ***	27-34 пикограмм
	- средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC) ***	32-36 г% (300-380 г/л)
	- распределение эритроцитов по величине	11,5-14,5 %

	(объему) (RDW) ***	
3.	Цветовой показатель (ЦП), ед.	0,8-1,1
4.	Ретикулоциты (RTC) /%	1-2
5.	Тромбоциты (PLT) /л	190-405 * 10 ⁹
6.	СОЭ (ESR), мм/час	М: 2-10 Ж: 2-15
7.	Лейкоциты (WBC), /л	3,8-9,8 * 10 ⁹
8.	Нейтрофилы (NEUT), %	40-75
9.	Эозинофилы (EOS), %	1-5
10.	Базофилы (BAS), %	0-1
11.	Лимфоциты (LYM), %	20-45
12.	Моноциты (MON), %	2-9

* Нормы ОАК приведите согласно «Нормальная физиология» под ред. К.В. Судакова, М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2012, стр. 208-257, кроме

**Ретикулоциты - согласно «Гистология, цитология и эмбриология». С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушамбаров, М: МИА, 2016. С. 127-141.

***Нормы эритроцитарных индексов приведены согласно данным федеральной медицинской компании «Гемотест» на 1 сентября 2024 года.

Учебно-исследовательское задание 7. Проанализируйте закономерности процессов образования (7а) и гибели эритроцитов (7б). Выделите действующие факторы.

7а. Образование эритроцитов у взрослого человека – _____ – осуществляется в _____. Основным регулятором эритропоэза является _____ – гликопротеид, интенсивно вырабатывающийся в условиях гипоксии. В нормальной почечной ткани _____ продуцируют фибробласты коры и внешней медуллы (до 90 %), в синтезе участвует печень (около 10 %), а также макрофаги костного мозга и селезенки. Связывание _____ с рецепторами активирует внутриклеточные тирозинкиназы и транскрипцию генов с участием сигнального каскада JAK –STAT с последующими активацией митоза и дифференцировки клеток, стимуляцией транспорта железа в эритрокариоцитах, синтеза цепей глобина, ферментов образования гема, синтеза мембранных белков и эритроцитарных антигенов.

_____ стимулируется под влиянием катехоламинов, глюкокортикоидов, андрогенов, гормонов щитовидной железы, инсулина, плацентарного пролактина, ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-9, ИЛ-11, КСФ, фолиевой кислоты, витаминов С, В12, железосодержащих препаратов.

_____ угнетается при повышенной оксигенации тканей, когда снижается образование эритропоэтина, а также под влиянием эстрогенов, глюкагона, ацетилхолина, интерферонов, ФНО-а, ИЛ-1, ИЛ-5, эритроцитарных кейлонов.

7б. Гемолиз - это разрушение мембраны эритроцитов и выход гемоглобина в плазму. По месту возникновения различают следующие виды гемолиза: 1. Эндогенный, т.е. в организме. 2. Экзогенный, вне его. Например, во флаконе с кровью, аппарате искусственного кровообращения.

По характеру процесса различают физиологический и патологический виды гемолиза:

1. _____ обеспечивает разрушение старых и патологических форм эритроцитов.

а. Внутриклеточный гемолиз происходит в макрофагах селезенки, костного мозга, клетках печени.

б. Внутрисосудистый гемолиз происходит в мелких сосудах, из которых гемоглобин с помощью белка плазмы гаптоглобина переносится к клеткам печени. Там гемоглобина превращается в билирубин.

2. _____ при действии повреждающих факторов.

По действующему фактору гемолиза различают осмотический, химический, биологический, механический, термический гемолиз.

1. _____. Возникает в том случае, если _____ в эритроцитах выше, чем в окр. среде. Например, при снижении активности Na^+ , K^+ -насоса при старении эритроцитов. Вода входит в эритроциты через гемолитические поры, мембрана растягивается, эритроциты набухают и лопаются. Концентрация хлорида натрия, при которой происходит гемолиз 50% всех эритроцитов, является мерой их осмотической стойкости. Ее определяют в клинике для диагностики заболеваний печени, анемий. Осмотическая стойкость должна быть не ниже 0,46% NaCl . При помещении эритроцитов в среду, с большим, чем у эритроцитов, _____, происходит плазмолиз (сморщивание) эритроцитов. Его используют для подсчета эритроцитов. Изотоничным плазме является раствор содержащий 0,9% NaCl .

2. _____ возникает при действии окислителей, растворяющих липиды мембраны. Восстановленный глутатион-SH при этом является «тиоловым щитом» эритроцитов).

3. _____ возникает при образовании цитолитического комплекса C5b-C9 системы комплемента при иммунных процессах, при действии биологических факторов: гемолитические яды бактерий, насекомых, змей. Действие несовместимой крови вызывает _____ гемолиз.

4. _____ наблюдается при механических разрывах мембраны. Например, при встряхивании флакона с кровью или при применении аппарата искусственного кровообращения.

5. _____ наблюдается при действии на кровь высоких и низких температур.

Учебно-исследовательское задание 8. Охарактеризуйте нормальные формы гемоглобина.

В разные периоды жизни в организме человека встречаются следующие формы гемоглобина: HbP , HbF , HbA_1 , HbA_2 . В зависимости от присоединенного газа, различают HbO_2 , HbH , HbCO_2 .

Используя текст выше, дополните названия форм гемоглобина.

_____ (*primitive*) – примитивный гемоглобин, содержит 2 ξ - и 2 ϵ -цепи, встречается у эмбриона между 7-12 неделями жизни.

_____ (*foetal*) – фетальный гемоглобин, содержит 2 α - и 2 γ -цепи, появляется через 12 недель внутриутробного развития и является основным после 3 месяцев. Имеет наибольшее сродство к кислороду.

_____ (*adult*) – гемоглобин взрослых, доля составляет 98%, содержит 2 α - и 2 β -цепи, у плода появляется через 3 месяца жизни и к рождению составляет 80% всего гемоглобина.

_____ – гемоглобин взрослых, доля составляет 2%, содержит 2 α - и 2 δ -цепи.

_____ – карбгемоглобин, образуется при связывании углекислого газа в тканях, в венозной крови составляет 15-20% от всего количества гемоглобина.

_____ – дезоксигемоглобин, гемоглобин, отдавший кислород (в артериальной крови ~ 2 %, в венозной ~ 35 %).

_____ – оксигемоглобин, образуется при связывании кислорода в легких.

присоединивший 4 молекулы O_2 (в артериальной крови ~ 98 %, в венозной ~ 65 %). Присоединение первой молекулы O_2 увеличивает сродство ко второй O_2 и т.д.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ. Выполняются в тетради.

Практическое задание 1. Изучите электрофореграмму белков крови. В практической тетради заполните таблицу «Белковые фракции крови». Для выполнения задания используйте выполненное УИЗ 2.

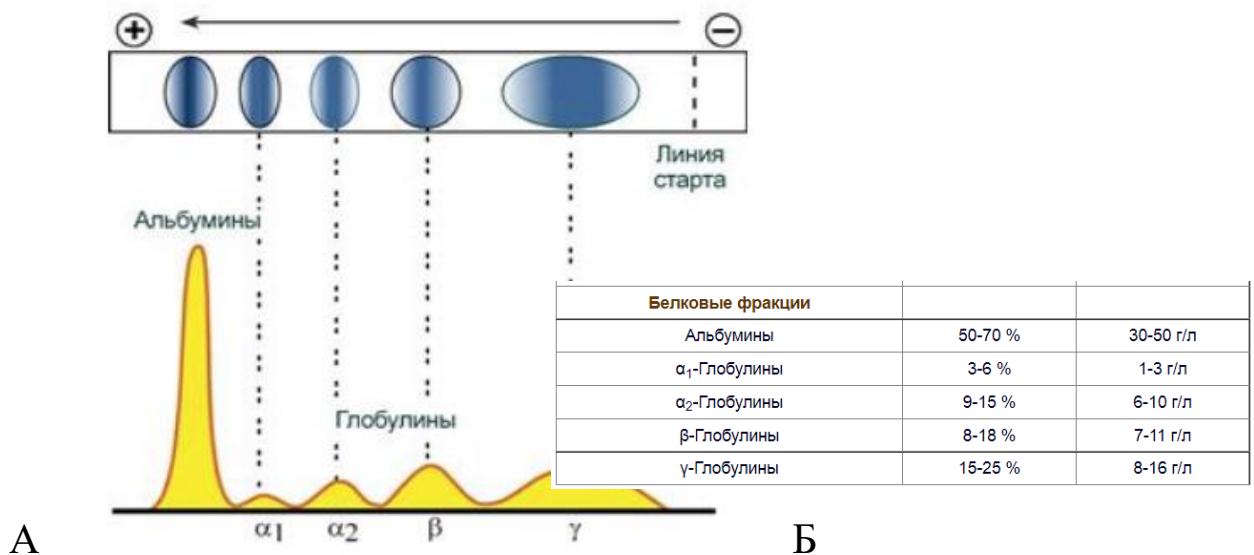


Рис. 1. А. Электрофореграмма (вверху) и графический результат ее обработки (внизу). Б. Нормальное содержание белковых фракций крови (указано для содержания общего белка 65-85 г/л).

Заполните в практической тетради таблицу «Белковые фракции крови»

Белковая фракция	Содержание в крови	Функции
Фибриноген	2-4 г/л	участие в процессе свертывания крови

Практическое задание 2. Оцените показатели общего клинического анализа крови по гемограмме. Дайте развернутое заключение на основании обнаруженных отклонений. Ответьте, какие состояния могли привести к наблюдаемым отклонениям? Используйте литературу для подготовки к занятию и выполненное УИЗ 6.

№	Обозначения (сокращения), ед. измерения	Результаты			
		Пациент 1, женщина	Пациент 2, мужчина	Пациент 3, мужчина	Пациент 4, женщина
1.	Гемоглобин (Hb), г/л	145	88	155	115
2.	Эритроциты (RBC) /л	$5,5 \cdot 10^{12}$	$3,6 \cdot 10^{12}$	$5,1 \cdot 10^{12}/л$	$3,0 \cdot 10^{12}$
3.	Цветовой показатель (MCHC), ед.	1,1	0,71	0,99	1,2
4.	Ретикулоциты (RTC) /%	2,4	0,6	0,7	0,4
5.	Тромбоциты (PLT) /л	$220 \cdot 10^9$	$215 \cdot 10^9$	$290 \cdot 10^9/л$	$220 \cdot 10^9$
6.	СОЭ (ESR), мм/час	2	28	45	19
7.	Лейкоциты (WBC), /л	$6,5 \cdot 10^9$	$7,32 \cdot 10^9$	$15 \cdot 10^9/л$	$6,5 \cdot 10^9$
8.	Нейтрофилы (NEUT), %	70	65	88	70
9.	Эозинофилы (EOS), %	4	3	1	1
10.	Базофилы (BAS), %	1	1	1	1
11.	Лимфоциты (LYM), %	20	26	9	25
12.	Моноциты (MON), %	5	5	1	3

<i>Заключения</i>				
<i>Состояния, которые могли привести к наблюдаемым отклонениям</i>				

Практическое задание 3. А. Ознакомьтесь с показателями лейкоцитарной формулы по гемограммам. Б. На основании приведенных сведений сопоставьте данные с заключениями. Используйте литературу для подготовки к занятию и выполненное УИЗ 6.

А. Лейкоцитарная формула. Лейкоцитарная формула (рис. 1) - процентное содержание в периферической крови отдельных форм лейкоцитов. Клинически важным является не только их соотношение, но и «возраст». Увеличение количества молодых и незрелых форм нейтрофилов называется **«ядерный сдвиг лейкоцитарной формулы влево»**. Такая реакция наиболее выражена при острых воспалительных заболеваниях. **«Ядерным сдвигом вправо»** называется увеличение числа зрелых форм, что характерно, например, для лучевой болезни, некоторых заболеваний почек и печени. **Регенеративные сдвиги** это ядерные сдвиги при увеличении числа лейкоцитов, **дегенеративные** – при снижении.

Абсолютное количество, /л	Гранулоциты, %					Агранулоциты, %.		
	← Сдвиг влево Сдвиг вправо →							
3,8-9,8 * 10 ⁹	Нейтрофилы 40-75				Базофилы 0-1	Эозинофилы 1-5	Лимфоциты 20-45	Моноциты 2-9
	Миелоциты	Юные	Палочкоядерные	Сегментоядерные				
	0	0-1	3-5	50-70				

Б.

Обозначения (сокращения), ед. измерения	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5
Лейкоциты (WBC), /л	$11 \cdot 10^9$	$12 \cdot 10^9$	$25 \cdot 10^9$	$15 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$
Нейтрофилы (NEUT), % Всего:	73	77	80	32	40

	Миелоциты	-		4	-	-
	Юные	-		6	-	-
	Палочкоядерные	4	7	15	2	-
	Сегментоядерные	69	70	55	30	40
Базофилы (BAS), %		-	-	-	1	-
Эозинофилы (EOS), %		-	-	-	-	-
Лимфоциты (LYM), %		22	20	18	65	58
Моноциты (MON), %		5	3	1	1	2
НОМЕР ЗАКЛЮЧЕНИЯ:						

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 1.

Нейтрофильный лейкоцитоз с гипорегенеративным ядерным сдвигом влево.
ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА: легкое течение воспалительного процесса, инфекционных заболеваний

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 5.

Лимфоцитоз.
ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА: вирусное инфекционное

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 2.

Нейтрофильный лейкоцитоз с гиперрегенеративным ядерным сдвигом влево.
ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА: признак неблагоприятного течения гнойно-септических и инфекционных заболеваний

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 4.

Дегенеративный сдвиг вправо.
ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА: лучевая

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 3.

Нейтрофильный лейкоцитоз без ядерного сдвига.
ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА: острая кровопотеря, стресс-реакция.

Регуляторы эритропоэза

Активаторы эритропоэза	Ингибиторы эритропоэза
<i>мужские половые гормоны</i>	<i>женские половые гормоны</i>

Практические работы. Выполняются в практической тетради.

ВНИМАНИЕ! ВСЕ МАНИПУЛЯЦИИ С КРОВЬЮ ВЫПОЛНЯЮТСЯ В ПЕРЧАТКАХ!

Практическая работа 1. Определение содержания гемоглобина в крови

Видео: <https://drive.google.com/file/d/1FK2S3v5nf8g9KGGwa6X4V1cWLymw-Mhp/view>



Тайминг: с 12 мин 18 сек.

Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 39-41.

Результаты опыта: запишите полученную концентрацию гемоглобина.

Выводы: сравните эту величину с нормой. Укажите основные функции гемоглобина, виды гемоглобина в зависимости от состояния гема и глобина, их физиологическое значение.

Практическая работа 2. Определение цветового показателя

Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 41-42.

Результаты опыта: запишите полученный цветовой показатель насыщения эритроцитов гемоглобином.

Выводы: сравните полученную величину с нормой.

Практическая работа 3. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)

Видео: https://www.youtube.com/watch?v=Nb0_AJ9r6Ac



Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 42-44.

Результаты опыта: запишите полученную величину СОЭ.

Выводы: сравните полученную величину с нормой. Перечислите факторы, влияющие на скорость оседания эритроцитов, и объясните механизмы их действия.

Практическая работа 4. Исследование различных видов гемолиза

Видео: <https://drive.google.com/file/d/1FK2S3v5nf8g9KGGwa6X4V1cWLymw-Mhp/view>



Тайминг: с 7 мин 33 сек.

Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 44.

Результаты опыта: отметьте, с какими растворами произошел гемолиз.

Выводы: укажите вид гемолиза там, где он произошел.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ. Для отработки навыка интерпретации результатов исследований и контроля понимания Вами учебных материалов, включая лекционный, решите ситуационные задачи.

Ситуационная задача 1. Пациент с длительным неполноценным питанием (частичным голоданием) пришел на прием к врачу. При осмотре и пальпации у него были обнаружены отеки (задержка воды в интерстициальном пространстве подкожной клетчатки) в области ног. Какие физико-химические изменения крови могут быть при этом причиной отека, и почему он локализуется в области ног?

Ситуационная задача 2. В организме человека артериальная кровь достоверно отличается на 0,04–0,06 единиц pH от венозной крови. Какая кровь имеет более низкую величину pH и почему?

Ситуационная задача 3. Перед вами анализы крови трех здоровых мужчин. Известно, что один из них принадлежит спортсмену, сдавшему кровь после интенсивной физической нагрузки, второй – взят у человека через 1,5 часа после приема пищи, третий – у человека находящегося в состоянии физиологического покоя. Определите, какой анализ принадлежит каждому из испытуемых. Обоснуйте свой ответ.

	Эритроциты ($10^{12}/л$)	Гемоглобин (г/л)	Лейкоциты ($10^9/л$)
1-й анализ:	4,7	140	11
2-й анализ:	5,7	175	12
3-й анализ:	4,8	145	4,8

Ситуационная задача 4. Предложите вариант ситуационной задачи по теме занятия. Запишите предполагаемый эталон ответа. Предложите Вашей группе найти решение. Проведите оценку выполненной работы. Проведите самоконтроль.

ОПОРНЫЕ ТАБЛИЦЫ. На основе изучения учебной литературы, выполненных учебно-исследовательских, практических заданий и работ, в практической тетради заполните

таблицу:

ОТ-1. Компоненты внутренней среды

Внутренняя среда	Кровь	Лимфа	Тканевая жидкость
Состав			
Локализация			
Источник и место образования			
Функции			

Для подготовки к экзаменам:

Вопросы рубежного контроля

1. Внутренняя среда организма. Жидкие среды: кровь, лимфа, тканевая жидкость. Их состав и функции в организме.
2. Физико-химические характеристики крови: pH, давление осмотическое, КОД, вязкость, объем и температура крови. Функциональное значение для организма этих гомеостатических параметров.
3. Буферные системы крови.
4. Состав и функции плазмы крови.
5. Белки плазмы и их функции. Физиологическое значение КОД для трансапиллярного обмена.
6. Форменные элементы крови: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты. Их основные функции. Понятие гематокрита, факторы, влияющие на его величину.
7. Эритроциты. Количество, функции, физиологические свойства. Эритропоэз и его регуляция, стадии развития эритроцитов, ретикулоциты. Виды гемолиза эритроцитов, его последствия для организма.
8. Гемоглобин крови, его состав и функции. Виды гемоглобина и его химические соединения. Их значение для организма.
9. Клинически важные показатели крови, определяемые лабораторными методами (как определяются, что характеризуют и от каких факторов зависят): скорость оседания эритроцитов (СОЭ), гематокрит, цветовой показатель, содержание гемоглобина, количество форменных элементов.
10. Лейкоциты, количество, функции, физиологические свойства. Понятие лейкоцитоза и лейкопении. Физиологические лейкоцитозы. Лейкоцитарная формула, ее состав, значение. Регуляция лейкопоэза.
11. Саморегуляторные механизмы поддержания основных клинически важных показателей крови. Функциональные системы поддержания объема циркулирующей крови, pH.

Перечень практических навыков

1. Анализ и оценка гемограмм человека.
2. Оценка лейкоцитарной формулы (по гемограммам).

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.
Сеченова

Институт клинической медицины
Кафедра нормальной физиологии, 2025

Дисциплина «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»
2 курс

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для СТУДЕНТОВ
по ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Модульная единица 2: Защитные функции крови.

Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Модульная единица 2: Защитные функции крови.

ПРОГРАММА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (УИД)

1. УСТАНОВКА УИД: Проанализируйте основные защитные функции крови. Для этого самостоятельно выполните работу с учебной литературой, выполните на ее основе учебно-исследовательские (УИЗ), практические задания (ПЗ) и практические работы (ПР).

2. СХЕМА САМООРГАНИЗАЦИИ УИД:

Цель:

Знать: определение понятия «система регуляции агрегатного состояния крови» (РАСК), ее компоненты и их взаимодействие, основные функции;

- факторы, ускоряющие и замедляющие свертывание крови;
- регуляторные факторы, определяющие состояние системы РАСК;
- основные клиничко-физиологические показатели, характеризующие систему РАСК;
- основные антигенные системы крови;
- принципы определения групп крови (системы АВО и Rh-фактор);
- правила переливания крови, кровезамещающих растворов;
- определение понятия «иммунитет»;
- общие закономерности развития иммунного ответа, особенности его регуляции;
- роль иммунитета как регуляторной системы.

Уметь: использовать знания для объяснения функций системы крови в целостном организме в разных условиях внешней и внутренней среды, для оценки лабораторных показателей крови, анализировать возможные причины, вызвавшие изменения лабораторных показателей крови, определять группы крови по системе АВО и Rh.

Предмет изучения: Текстовый материал в учебной литературе, материал лекций.

Средства: Учебно-исследовательские задания 1-3, практические задания 1-5, практические работы 1-2.

Владеть: Обобщенные знания о защитных функциях крови, современные представления о системах гемостаза и иммунного ответа, интерпретация результатов оценки групповой принадлежности исследуемой крови, выполненной методом цоликлонов, для систем АВО, Резус, Келл.

Вопросы рубежного контроля к занятию:

1. Охарактеризуйте клинически значимые антигенные системы эритроцитов. Укажите критерии разделения крови на группы в системе АВО. Опишите методику определения групп крови в системе АВО с помощью синтетических цоликлонов.

2. Охарактеризуйте клинически значимые антигенные системы эритроцитов. Опишите антигенную систему резус (RH), методику определения антигена D с помощью синтетических цоликлонов. Проанализируйте возможные причины возникновения и последствия развития резус-конфликта при гемотрансфузии и в системе мать-плод.

3. Проанализируйте физиологические основы переливания крови. Сформулируйте правила переливания крови. Охарактеризуйте необходимые свойства кровозамещающих растворов.

4. Опишите факторы свертывания крови. Проанализируйте механизмы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.

5. Опишите факторы свертывания крови. Проанализируйте механизмы коагуляционного гемостаза.

6. Объясните роль фибринолиза. Опишите факторы противосвертывающей системы крови. Укажите взаимосвязь свертывающей и противосвертывающей систем крови.

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Нормальная физиология. К.В. Судаков, М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2015, стр. 169-171, 208 – 257.

Нормальная физиология. К.В. Судаков, М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2012, стр. 192-257.

Дополнительная:

Медицинская физиология. Гайтон Артур К., Холл Д. Дж. Е. «Логосфера», 2018.

Физиология человека. Атлас динамических схем. Под ред. К.В. Судакова. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2018. 416 с.

Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии. Под ред. К.В. Судакова. М: МИА, 2016, стр. 34-44.

Физиология. Основы и функциональные системы. Курс лекций под ред. К.В. Судакова. М: Медицина, 2000. С. 256-396.

Наглядная физиология. С. Зильбернагель, А. Деспонулос. СПб, «Бином», 2013. 408 с.

Физиология человека с основами патофизиологии. В 2-х томах. Под ред. Р.Ф. Шмидта, Ф. Ланга, М. Хекманна. Springer, 2019. Т.2.

Нормальная физиология: ситуационные задачи и тесты. Под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2011. С. 50-59, 186-193.

4. СИСТЕМА ЗАДАНИЙ: УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.

Перечень заданий для письменного оформления в тетради:

1. Последовательность действий при переливании донорской крови и ее компонентов – УИЗ 1.
2. Практическое задание 1. Таблица «Результаты постановки проб групповой агглютинации по системам АВО и Резус».
3. Практические задания-схемы 2-5:
 - а. этапы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза
 - б. этапы коагуляционного гемостаза
 - с. этапы фибринолиза
 - д. упрощенные схемы иммунного ответа с преобладанием клеточного и гуморального компонентов
4. Практические работы 1-2:
 - а. *Практическая работа 1.* Определение групп крови по системе АВО.
 - б. *Практическая работа 2.* Определение резус-фактора.

Учебно-исследовательское задание 1. Определите основные

защитные функции крови и ознакомьтесь с примерами их реализации в организме. Дополните пропущенные термины.

Защитные функции крови представлены механизмами, которые обеспечивают защиту от 1) антигенов; 2) кровопотери; 3) внутрисосудистого свертывания.

_____ осуществляется:

- 1) веществами, обеспечивающими гуморальную защиту организма от инфекции и попадающих в кровь токсинов;
- 2) клетками крови, выполняющими неспецифические и специфические защитные функции – фагоцитоз, образование антител.

_____ осуществляется системой регуляции агрегатного состояния крови – РАСК.

- 1) Остановка кровотечения обеспечивается механизмами _____.
- 2) Защита от внутрисосудистого свертывания обеспечивается работой систем _____.

Учебно-исследовательское задание 2. Изучите основные антигенные системы эритроцитов. Ознакомьтесь с понятием «группы крови». Дополните пропущенные термины.

На внешней поверхности эритроцитов находится более 270 антигенов, которые объединены в генетические системы. Каждая система кодируется собственным геном (или группой генов). Под «группами крови» понимают различные сочетания (системы) антигенов эритроцитов. Таким образом, группа крови наследуется от родителей и в норме не изменяется в течение жизни. Клиническое значение антигенов эритроцитов (_____) состоит в том, что они способны образовывать комплексы с антителами (_____) с исходом в реакцию _____ - склеивания и последующего разрушения (_____) эритроцитов. Антиэритроцитарные антитела могут быть иммуноглобулинами классов IgM, IgG, IgA.

Наиболее опасны с точки зрения трансфузионных осложнений антигены систем _____, _____, Келл (Kell). Поэтому при переливании крови и эритроцитарной массы *необходимо учитывать совместимость не только по эритроцитарным антигенам систем АВ0 и Резус, но и по антигенам других систем.*

Группы крови системы _____. Это первая эритроцитарная система антигенов открыта венским ученым Карлом Ландштейнером в 1900 г. Определение групп крови по данной системе основывается на наличии в эритроцитах группоспецифических антигенов (_____, _____), в сыворотке — антител _____ (α) и _____ (β). Антигены системы _____ являются углеводами. В нашей стране принято буквенно-цифровое обозначение групп крови системы _____ — 0 (_____), А (_____), В (_____), АВ (_____). Уникальность системы _____ состоит в том, что в плазме у людей имеются естественные антитела к отсутствующему на эритроцитах антигену.

Группы крови системы _____. Система антигенов _____ представлена 6-ю антигенами белковой природы. Среди антигенов _____ наиболее активным в отношении образования антител является антиген D, который и подразумевается обычно под термином «_____». По системе _____ различают _____ и _____ людей. Взаимодействие антигенов системы _____ плода и антител, сформированных в организме _____ матери, лежат в основе _____ между матерью и плодом.

Группы крови системы _____. В эту систему входят более 20 пептидных антигенов, в том числе, самый иммуногенный после антигена D, антиген К. По системе _____

различают _____ и _____ людей. Имеют жизненно важное клиническое значение как при гемотрансфузиях, так и при беременности.

Учебно-исследовательское задание 3. Изучите выдержки из Приказа о переливании донорской крови и ее компонентов. Устно ответьте на поставленные вопросы. В тетради для практических работ выпишите последовательность действий при переливании донорской крови и ее компонентов.

Утверждены
постановлением Правительства
Российской Федерации
от 22 июня 2019 г. N 797

**ПРАВИЛА
ЗАГОТОВКИ, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И КЛИНИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОНОРСКОЙ КРОВИ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ**

П. 79. При поступлении пациента, нуждающегося в проведении трансфузии, в организацию, осуществляющую клиническое использование донорской крови и ее компонентов, врачом, проводящим трансфузию, осуществляется первичное определение группы крови по системе АВ0 и резус-принадлежности с внесением результатов определения в медицинскую документацию реципиента.

П. 80. После первичного определения группы крови по системе АВ0 и резус-принадлежности образец крови реципиента направляется в клинико-диагностическую лабораторию организации, осуществляющей клиническое использование донорской крови и ее компонентов, на следующие подтверждающие исследования:

- а) определение группы крови по системе АВ0 и резус-принадлежности;
- б) определение антигена К;
- в) скрининг аллоиммунных антител с использованием не менее 3 образцов тест-эритроцитов;
- г) определение антигенов эритроцитов С, с, Е, е для пациентов, указанных в пункте 82 настоящих Правил.

П. 82. Определение антигенов эритроцитов С, с, Е, е проводится лицам женского пола в воз-расте до 18 лет и женщинам детородного возраста, реципиентам, которым показаны повторные трансфузии, реципиентам, у которых когда-либо выявлялись аллоиммунные антитела, а также ре-ципиентам, у которых в анамнезе отмечены несовместимые трансфузии.

П. 83. В целях профилактики реакций и осложнений в связи с трансфузией используются эрит-роцитсодержащие компоненты донорской крови, идентичные или совместимые по системе АВ0, резус-принадлежности и К.

П. 90. При получении донорской крови и (или) ее компонентов работник, уполномоченный ру-ководителем организации, осуществляющей клиническое использование донорской крови и ее компонентов, проверяет соблюдение условий транспортировки, предусмотренных приложением N 2 к настоящим Правилам, а также характеристики внешнего вида донорской крови и (или) ее компонентов (изменение цвета, наличие нерастворимых осадков, сгустков) и вносит сведения о результатах проверки в медицинскую документацию и базу данных донорской крови и ее компонентов.

- При переливании эритроцитсодержащих компонентов донорской крови *врач проводит контрольную проверку группы крови донора и реципиента, а также пробы на индивидуальную совместимость (при комнатной*

температуре смешивают 2 капли сыворотки реципиента, 1 каплю эритроцитов донора и добавляют 1 каплю 33% полиглюкина.

- После проведения проб на индивидуальную совместимость *врач, проводящий переливание, выполняет биологическую пробу.*

П. 92. Биологическая проба проводится посредством однократного переливания 10 мл донорской крови и (или) ее компонентов со скоростью 2-3 мл (40-60 капель) в минуту в течение 3-3,5 минут. После этого переливание прекращается и в течение 3 минут осуществляется наблюдение за состоянием реципиента, контролируется его пульс, число дыхательных движений, артериальное давление, общее состояние, цвет кожи, измеряется температура тела. Данная процедура повторяется дважды. При появлении в этот период клинических симптомов: озноб, боли в пояснице, чувства жара и стеснения в груди, головной боли, тошноты или рвоты, врач немедленно прекращает трансфузию.

Биологическая проба проводится независимо от объема и вида донорства, за исключением трансфузии криопреципитата. При необходимости трансфузии нескольких единиц компонентов донорской крови биологическая проба выполняется перед трансфузией каждой новой единицы компонента донорской крови. Биологическая проба выполняется в том числе при экстренной трансфузии.

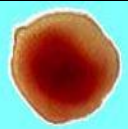
П. 97. Врач, проводящий трансфузию, оценивает состояние реципиента до начала трансфузии, через 1 час и через 2 часа после трансфузии с учетом таких показателей состояния здоровья реципиента, как температура тела, артериальное давление, пульс, диурез и цвет мочи.

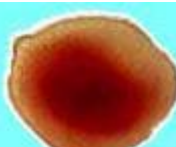
П. 98. При невозможности определения группы крови реципиента по системе АВ0 по **жизненным показаниям** допустима трансфузия эритроцитсодержащих компонентов донорской крови 0 группы, резус-отрицательных и К-отрицательных. Допускается трансфузия плазмы АВ группы реципиенту с любой группой крови.

Вопросы к Учебно-исследовательскому заданию 3.

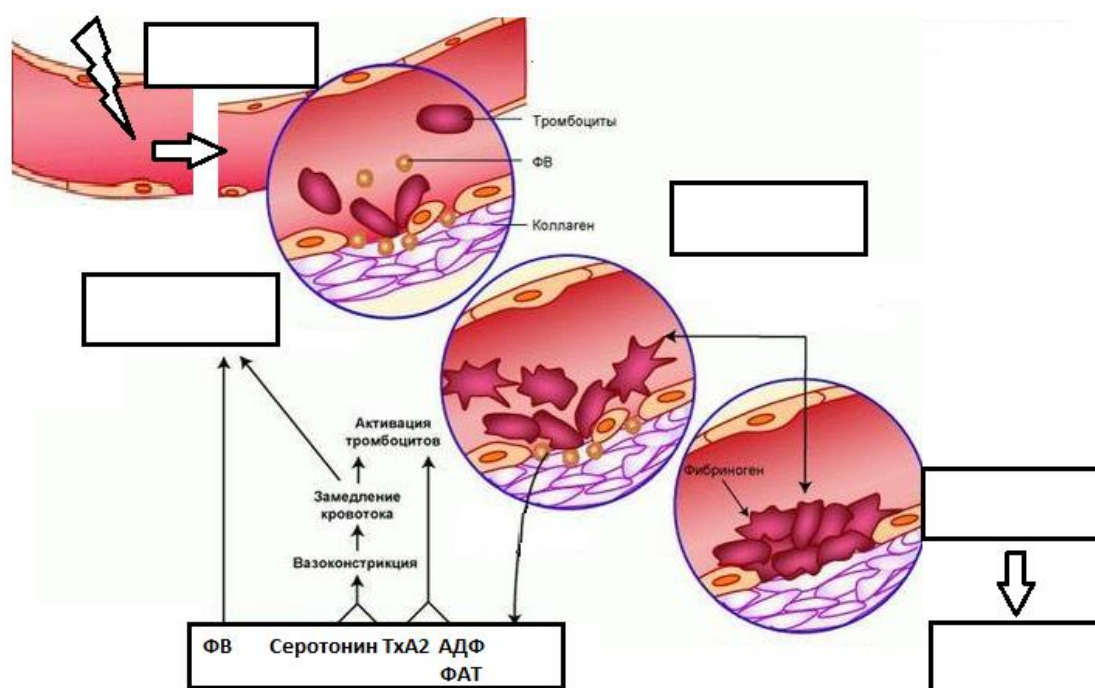
- 1) Почему для переливания крови недостаточно определить групповую принадлежность донорской крови и крови реципиента по системам АВ0 и резус-фактор?
- 2) Для чего служит проверка на индивидуальную совместимость, проводимая в день переливания у постели пациента или в операционной?
- 3) Какова роль биологической пробы?
- 4) Что контролирует врач, производя клинический анализ мочи и крови после трансфузии?

Практическое задание 1. Изучите результаты постановки проб групповой агглютинации по системам АВ0 и Резус. В тетрадь для практических работ перенесите таблицу и заполните ее графы. Сделайте заключение о групповой принадлежности, агглютиногенах и агглютинидах крови каждого из пациентов.

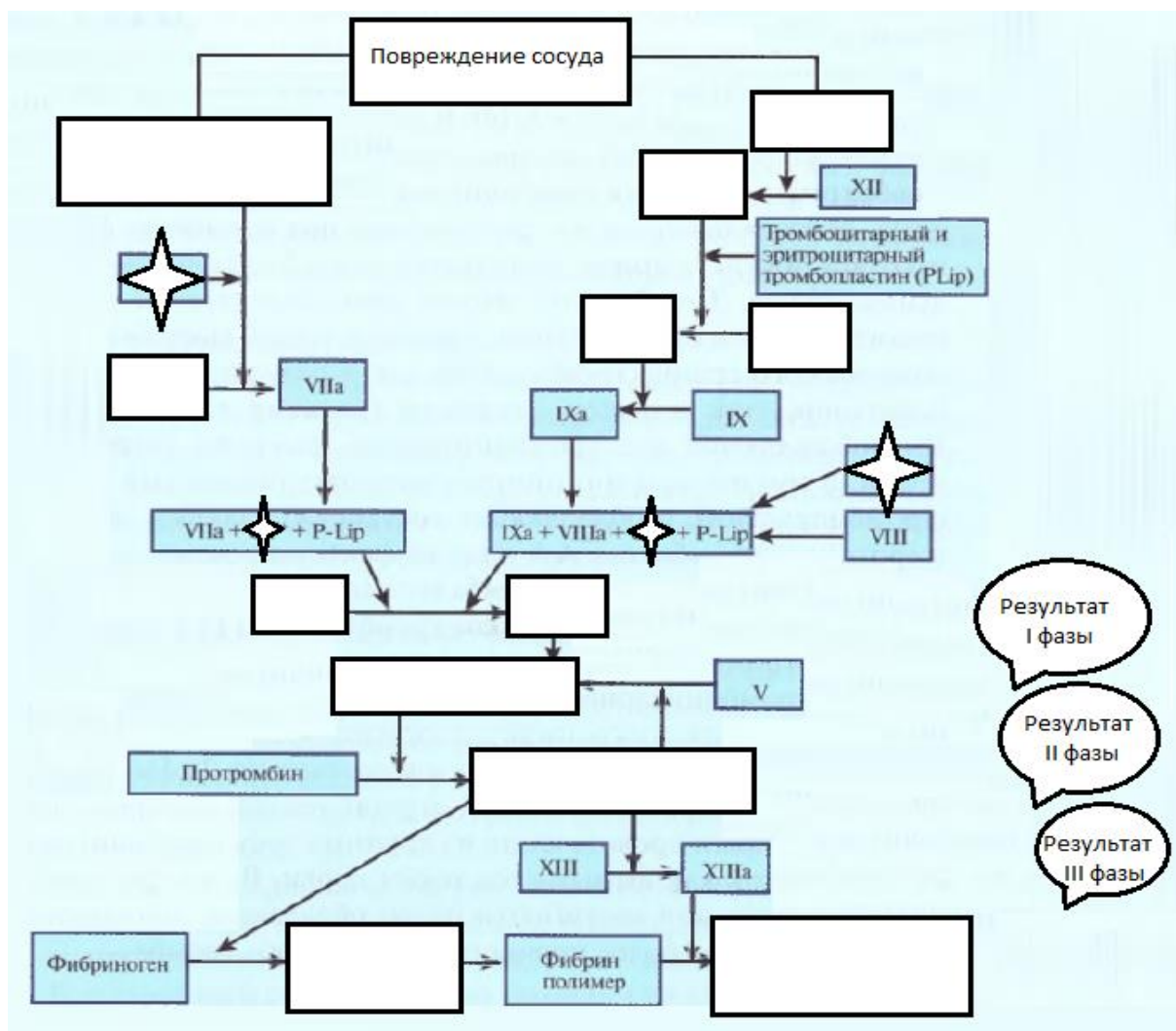
Интерпретация	 Агглютинация есть	 агглютинации нет
Пример заключения	A (II) Rh положительная; (A, анти-B, D).	

Цоли-клоны	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6
анти-A						
анти-B						
супер-D						
Заключение						

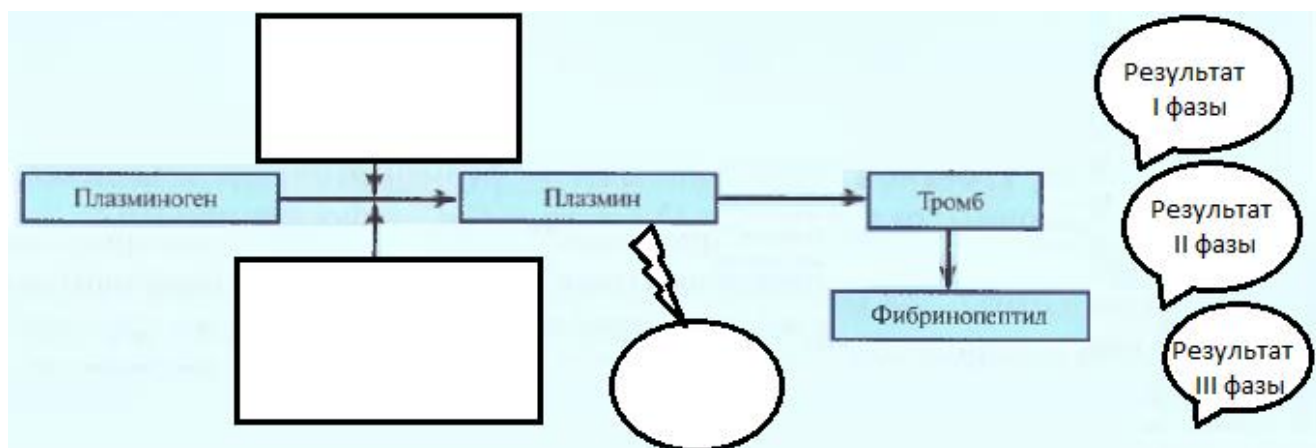
Практическое задание 2. Проанализируйте этапы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза. Зарисуйте в тетрадь схему развития этапов сосудисто-тромбоцитарного гемостаза. Дополните недостающие подписи, используя материалы для подготовки к занятию.



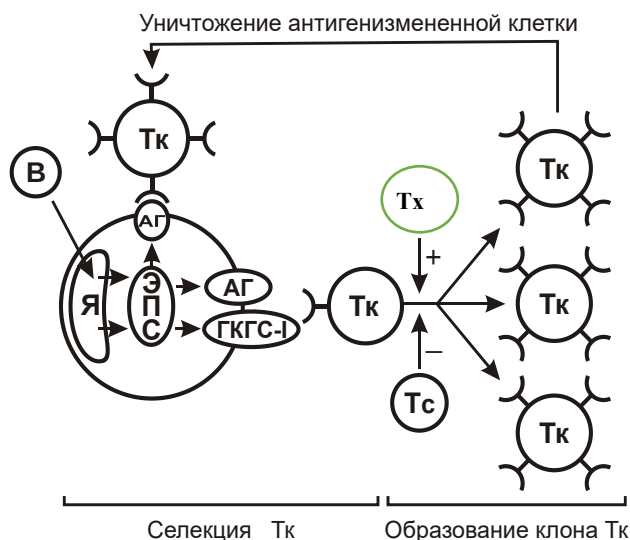
Практическое задание 3. Проанализируйте и зарисуйте в тетрадь схему развития реакций коагуляционного гемостаза. Дополните недостающие подписи, используя материалы для подготовки к занятию. Стрелками укажите результаты первой, второй и третьей фаз процесса.



Практическое задание 4. Проанализируйте и зарисуйте в тетрадь схему развития реакций фибринолиза. Дополните недостающие подписи, используя материалы для подготовки к занятию. Стрелками укажите результаты первой, второй и третьей фаз процесса.

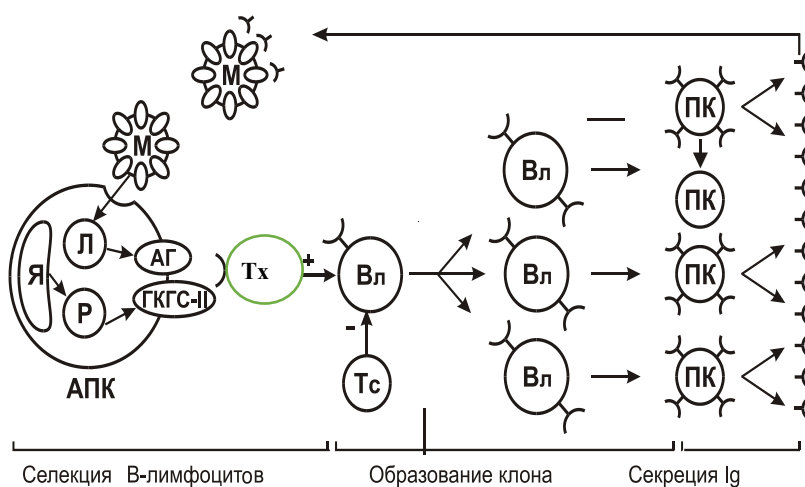


Практическое задание 5. Зарисуйте в тетрадь Упрощенные схемы иммунного ответа. Расшифруйте названия их компонентов.



Упрощенная схема иммунного ответа с преобладанием клеточного компонента (на примере вирусного поражения).

В –
Я –
ЭПС –
АГ –
ГКГС –
Т_к –
Т_х –
Т_с –



Упрощенная схема развития иммунного ответа с преобладанием гуморального компонента.

АГ –
Вл –
Тх –
Тс –
ПК –

М –
АПК –
ГКГС –
Я –
Л –
Р –

Практические работы

ВНИМАНИЕ! ВСЕ МАНИПУЛЯЦИИ С КРОВЬЮ ВЫПОЛНЯЮТСЯ В ПЕРЧАТКАХ!

Тайминг: с 2 мин 45 сек.



<https://drive.google.com/file/d/1FK2S3v5nf8g9KGGwa6X4V1cWLymw-Mhp/view>

Практическая работа 1. Определение групп крови по системе АВО

Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 45-48.

Результаты опыта: Зарисуйте полученные капли с наличием и отсутствием

агглютинации эритроцитов.

Выводы: сделайте вывод о групповой принадлежности исследуемой крови по системе ABO.

Практическая работа 2. Определение резус-фактора

Методика: см. «Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии» под ред. К.В. Судакова, М: МИА, 2016, стр. 48-49.

Результаты опыта: Зарисуйте полученные капли с наличием и отсутствием агглютинации эритроцитов.

Выводы: сделайте вывод о групповой принадлежности исследуемой крови по системе «Резус».

5. СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ.

Ситуационная задача 1. При определении групп крови с помощью моноклональных тест-реагентов агглютинация произошла с реагентом анти-А и отсутствовала с реагентами анти-В и анти-Д. Какова групповая принадлежность крови?

Ответ.

Ситуационная задача 2. Человек потерял 2 л крови. Определить группу крови не удалось. Чем Вы порекомендуете восполнить ОЦК пациента? Почему?

Ответ.

Ситуационная задача 3. Предложите вариант ситуационной задачи по теме «Резус-конфликт между матерью и плодом». Запишите предполагаемый эталон ответа. Предложите Вашей группе найти решение. Проведите оценку выполненной работы. Проведите ее самоконтроль.