

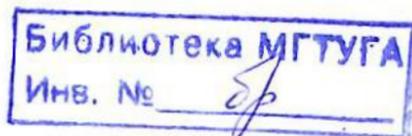
5А2.2
Ф42

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности
О.Г. Феоктистова, Е.В. Экзерцева, А.Г. Лапиров

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Часть I



Утверждено Редакционно-
издательским Советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия

Москва - 2005

УДК 612(075.8)
ББК 28.707.3я73-1
Ф 42

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА
Рецензенты: зав. лабораторией экспериментальной экологии Института
биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
канд. биол. наук, В.Б. Вербицкий;
доц. Т.Г. Феоктистова

Феоктистова О.Г., Экзерцева Е.В., Лапиров А.Г.

Ф 42 Основы физиологии человека. Часть I: Учебное пособие. - М.:
МГТУ ГА, 2005.- 140 с.

ISBN 5-86311-496-7

В учебном пособии изложены основные сведения о
физиологических функциях и анатомическом строении организма
человека. Это позволяет с научной точки зрения разработать физиолого-
гигиенические требования к системам и средствам обеспечения
безопасности жизнедеятельности в промышленности.

Данное пособие издается в соответствии с учебной программой
дисциплины «Основы физиологии человека» для студентов
специальности 280102 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 21.04.05г. и
методического совета 21.04.05г.

Ф 4105050000-019
ЦЗ3(03)-05

ББК 28.707.3я73-1
Ф 42

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Раздел 1. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО.....	8
Раздел 2. ТКАНИ, ОРГАНЫ, СИСТЕМЫ И АППАРАТЫ ОРГАНОВ.....	12
Раздел 3. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ.....	15
ТИП И СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ.....	16
СТРОЕНИЕ ПОЗВОНКОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ.....	17
СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ.....	18
СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА.....	20
ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СКЕЛЕТА.....	23
ПОЗВОНОЧНИК.....	24
ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТА, СВЯЗАННЫЕ С ПРЯМОХОЖДЕНИЕМ И ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ.....	27
МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА.....	28
СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ.....	30
СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ.....	33
ТИПЫ СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ.....	33
УТОМЛЕНИЕ МЫШЦ.....	34
КАРПАРАЛЬНЫЙ ТУНЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КТС).....	34
Раздел 4. НЕРВНАЯ СИСТЕМА.....	38
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА.....	42
Спинальный мозг.....	42
Головной мозг.....	42
РЕФЛЕКС.....	45
Классификация рефлексов.....	46
Раздел 5. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА.....	49
Гипофиз.....	52
Эпифиз, или шишковидная железа.....	54
Щитовидная железа.....	54
Околощитовидная железа.....	54
Тимус или зобная железа.....	55
Надпочечники.....	55
Поджелудочная железа.....	56
Половые железы.....	56
Раздел 6. СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА.....	59
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ СЕНСОРНЫМИ КАНАЛАМИ ЧЕЛОВЕКА.....	60
Выбор канала восприятия в зависимости от вида информации.....	60
Передача многомерных сигналов.....	61
Передача информации о положении объектов в пространстве.....	61
Восприятие времени.....	62
Передача информации об аварийных ситуациях.....	62
АНАЛИЗАТОРЫ.....	63
ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР.....	63

Теория двойственности зрения.....	66
Формирование изображения на сетчатке.....	66
Движения глаз.....	70
Распознавание образов.....	71
Постоянство формы и размеров.....	71
Восприятие глубины пространства.....	71
Восприятие неподвижности пространства.....	72
Теории цветового зрения.....	72
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЗРИТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КЗС).....	72
СЛУХОВОЙ И ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОРЫ.....	74
Вестибулярная сенсорная система.....	76
Вспомогательный аппарат вестибулярной сенсорной системы.....	76
Восприятие положения тела в гравитационном поле.....	76
Восприятие линейных ускорений.....	77
Восприятие углового ускорения.....	77
Передача звукового сигнала.....	78
Механизма восприятия высоты звука.....	78
Механизм восприятия громкости.....	78
Механизм восприятия пространственной локализации звука.....	79
ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР.....	79
ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР.....	80
СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНАЯ СИСТЕМА.....	81
Раздел 7. СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ.....	83
Кровообращение.....	83
КРОВЬ.....	84
Группы крови.....	88
ФУНКЦИИ КРОВИ И ХАРАКТЕР ПЕРЕНОСИМЫХ ВЕЩЕСТВ.....	88
ОРГАНЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ.....	90
СЕРДЦЕ.....	90
Строение сердца.....	90
Регуляция работы сердца.....	91
Болезни сердца.....	91
ЦИКЛ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	92
КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ.....	92
Круги кровообращения.....	93
КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ.....	94
Пульс.....	95
СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ ПО СОСУДАМ.....	96
Адаптационные реакции ССС на физическую (тренировочную) нагрузку.....	96
Факторы здоровья сердечно-сосудистой системы и системы кровообращения.....	97
Застойный синдром (он же венозный, сосудистый ножной).....	98
Раздел 8. ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	101
Механизм образования лимфы.....	101
Строение лимфатической системы.....	102
Функции лимфатической системы.....	103
Селезенка.....	103

Раздел 9. ИММУННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗМА.....	103
КОМПОНЕНТЫ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ.....	104
ИММУНИТЕТ.....	104
РАССТРОЙСТВА ИММУНИТЕТА.....	105
Факторы, влияющие на состояние иммунной системы.....	105
Литература.....	106
Приложения.....	107

ВВЕДЕНИЕ

По мере перехода к комплексной автоматизации производства возрастает роль человека как субъекта труда и управления. Человек несет ответственность за эффективную работу всей технической системы и допущенная им ошибка может привести в некоторых случаях к очень тяжелым последствиям.

Изучение и проектирование таких систем создали необходимые предпосылки для объединения технических дисциплин и наук о человеке и его трудовой деятельности, обусловили появление новых исследовательских задач:

Задачи, связанные с описанием характеристик человека как компонента автоматизированной системы. Речь идет о процессах восприятия информации, памяти, принятия решений, исследованиях движений и других эффекторных процессах, проблемах мотивации, готовности к деятельности, стресса, коллективной деятельности. С точки зрения обеспечения эффективности деятельности человека, важное значение имеют такие факторы, как: утомление, монотонность операций, перцептивная и интеллектуальная нагрузка, условия работы, физические факторы окружающей среды, биомеханические и физиологические факторы.

Задачи проектирования новых средств деятельности, относящихся преимущественно к обеспечению взаимодействия человека и машины. К таким средствам относят визуальные и слуховые индикаторы, органы управления, специальные входные системы ЭВМ, новые инструменты и приборы.

Задачи системного характера, связанные с распределением функций между человеком и машиной, с организацией рабочего процесса, а также задачи подготовки, тренировки и отбора операторов.

Важная практическая задача организации трудовой деятельности - составление физиолого-гигиенического паспорта профессии, дающего оценку тяжести, напряженности и вредности труда, на основе изучения закономерностей протекания физиологических процессов и особенности их регуляции при трудовой деятельности человека.

Среди многочисленных причин длительной нетрудоспособности, инвалидности и смертности населения во всех странах, в том числе и в России, одно из первых мест занимает травматизм. Травма или несчастный случай могут возникнуть в любой момент. От своевременного и правильного оказания первой медицинской помощи зависит не только успех последующего лечения, но иногда и жизнь пораженного.

Следовательно, трудовой процесс в его физиологических проявлениях решает четыре основные задачи:

- определяет оптимальные характеристики рабочего процесса, позволяющие достигнуть высокой производительности и эффективности труда, и разрабатывает мероприятия, предохраняющие человека от неблагоприятного влияния некоторых факторов;
- определяет, оценивает и прогнозирует функциональное состояние организма человека до, во время и после трудовой деятельности;
- разрабатывает способы и режимы тренировки и обучения;
- обосновывает мероприятия по рационализации труда, ведущие к повышению работоспособности человека и сохранению его здоровья.

Данные, основанные на знаниях анатомии и физиологии человека, используются не только для регламентации самого труда, но и для разработки методов быстрого приспособления человека к новым для него условиям. Это особенно важно при работе человека в мало освоенных географических районах - Арктике, Антарктиде, зонах пустынь и высокогорья, в космосе и др.

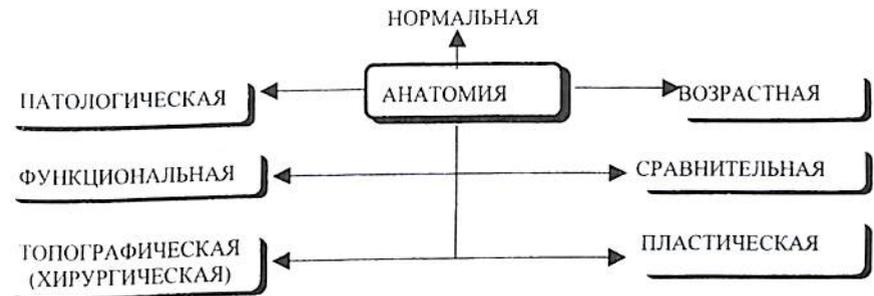
Следовательно, проблемами и методами трудового процесса в его физиологических проявлениях является комплексное изучение различных физиологических процессов - дыхания, кровообращения, пищеварения, функций высшей нервной деятельности, сенсорных и двигательных процессов, а также

активационных реакций, обеспечивающих реализацию потенциальных возможностей человека. Все это требует знаний анатомии и физиологии человеческого организма.

Немыслимо братья за решение исследовательских задач по проектированию систем "человек - орудие труда - предмет труда - производственная среда", за исследование физиологии трудовой деятельности, а так же за оказание первой медицинской помощи человеку, пострадавшему от несчастного случая, не зная хотя бы элементарно строение и физиологические особенности человеческого тела. Вот почему прежде, чем изучать курсы ОБЖ, эргономику, инженерную психологию, производственную безопасность, основы производственной санитарии и гигиены труда, медико-биологические аспекты безопасности жизнедеятельности, целесообразно ознакомиться с **нормальной анатомией и физиологией** человеческого организма. Именно эти науки изучают **здорового человека**, у которого ткани и органы не изменены в результате болезни или нарушения развития.

Анатомия человека - наука, изучающая форму и строение человеческого организма и составляющих его органов и систем, исследующая закономерности развития этого строения в связи с функцией, окружающей организм средой, а также с учетом возрастных, половых и индивидуальных особенностей.

Структура современной анатомии человека



Основными методами анатомического исследования являются наблюдение, осмотр тела, вскрытие (от греч. anatome - рассечение, расчленение), а также наблюдение, изучение отдельного органа или группы органов (макроскопическая анатомия), их внутреннего строения (микроскопическая анатомия).

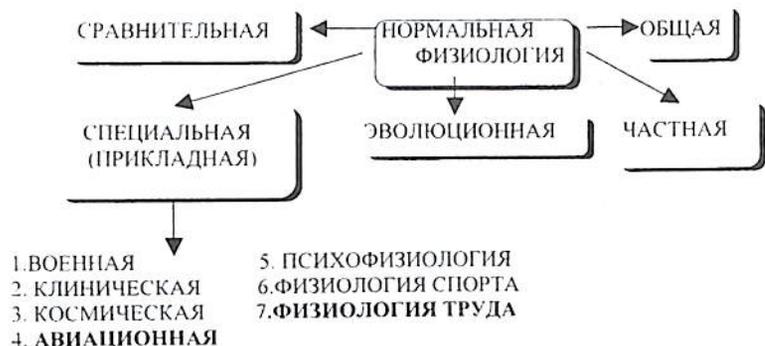
Макроскопическая анатомия (от греч. makros - большой) изучает строение тела, отдельных органов и их частей на уровнях, доступных невооруженному глазу, или при помощи приборов, дающих небольшое увеличение (лупа).

Микроскопическая анатомия (от греч. mikros - малый) изучает строение органов при помощи микроскопа. С появлением микроскопов из анатомии выделилась гистология (от греч. histos - ткань) - учение о тканях и цитология (от греч. cytos - клетка) - наука о строении и функциях клетки.

Физиология человека - наука о динамике жизненных процессов, о процессах жизнедеятельности (функциях) и механизмах их регулирования в клетках, тканях, органах, системах органов и целостном организме человека.

Физиология - экспериментальная наука, основным методом познания которой является эксперимент. В зависимости от того, какая цель поставлена, эксперименту соответствуют и определенные методические приемы. Это либо удаление части или всего органа (**метод эстрипации**), либо пересадка органа в том же организме, либо перенос в другой (**метод трансплантации**) и др.

Структура современной физиологии



При исследованиях в условиях производства физиология изучает в комплексе различные физиологические процессы - дыхание, кровообращение, пищеварение, функции высшей нервной деятельности, сенсорные и двигательные процессы, а также активационные реакции, обеспечивающие реализацию потенциальных возможностей человека. Это осуществляется обычными физиологическими методами, такими, как регистрация пульса, электрокардиография, определение кровяного давления, частоты и глубины дыхания, количества поглощённого кислорода и выдыхаемой углекислоты, изменения потоотделения и ряда показателей работы органов зрения и слуха. Вместе с тем разработаны методы определения силы, точности, быстроты и координированности рабочих движений, их последовательности, оценки памяти, внимания, эмоциональных реакций и т.п. При этом учитывается взаимосвязь этих реакций и их отношение к эффективности труда.

В физиологии труда применяют как лабораторный, так и производственный методы исследования. При лабораторном методе воспроизводится и изучается влияние лишь части производственных условий на какой-либо элемент или группу элементов рабочих действий. Исследование в производственных условиях учитывает весь комплекс факторов, определяющих состояние человека и показатели его деятельности.

Раздел I. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

Живая природа, неотъемлемой частью которой является человек, это целостная, но неоднородная **система**, которой свойственна **иерархическая организация**.

Под **системой** в науке понимают единство, или целостность, составленное из множества элементов, которые находятся в закономерных отношениях и связях друг с другом.

Иерархической называется система, в которой части, или элементы, расположены в порядке от низшего к высшему. Иерархический принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные уровни, что удобно с точки зрения изучения жизни как сложного природного явления.

В биологической науке широко используют классификацию уровней в соответствии с важнейшими частями, структурами и компонентами организма, являющимися для исследователей разных специальностей непосредственными объектами изучения. Такими объектами могут быть организм как таковой, органы, ткани, клетки, внутриклеточные структуры, молекулы (табл.1)

В многоклеточном организме выделяют следующие уровни организации:

Таблица. 1

Уровни организации (изучения), выделяемые в многоклеточном организме (по Э. Де Робертсу и др., 1967, с изменениями)

Размеры объекта	Объект изучения	Уровень организации (по объекту изучения)	Уровень организации (по методу изучения)
0,1 мкм (100 мкм) и более	Организм, органы	Организменный, органный	Анатомический
100—10 мкм	Ткани	Тканевый	Гистологический (светлооптический)
20—0,2 мкм (200 нм)	Клетки (эукариотические и прокариотические)	Клеточный	Цитологический
200—1 нм	Клеточные компоненты	Субклеточный	Ультраструктурный (электронно-микроскопический)
Менее 1 нм	Молекулы	Макромолекулярный	Физико-химический

Рассмотренные уровни отражают общую структуру эволюционного процесса, закономерным результатом которого является человек.

Элементарной единицей живой системы является клетка (приложение схема.1).

Элементарной единицей она может быть названа потому, что в природе нет более мелких систем, которым были бы присущи все без исключения свойства живого. Среди них **питание, дыхание, раздражимость, подвижность, выделение, размножение, рост, саморегуляция, дискретность и целостность**.

Необходимым условием существования высокоразвитых многоклеточных организмов является наличие жидкой подвижной внутренней среды¹, которая обеспечивает объединение различных систем организма (опорно-двигательной, пищеварительной, дыхательной и др.) в целостную структуру — организм. В понятие **“внутренняя среда”** включены совокупность жидкостей — кровь, лимфа, тканевая (внечелюстная), спинно-мозговая, суставная и другие жидкости, которые омывают клетки и околоклеточные структуры тканей, принимая тем самым непосредственное участие в осуществлении обменных реакций организма. В отличие от непрерывно изменяющейся внешней среды, внутренняя среда постоянна по своему составу и физико-химическим свойствам. Иначе говоря, чтобы организм функционировал эффективно, его клетки должны находиться в строго регулируемой внутренней среде, благодаря чему ее состав поддерживается постоянным, изменяясь лишь в узких пределах². Для описания этого состояния (т.е. постоянства среды) в 1929 г. Уолтер Кэннон ввел термин **“гомеостаз”** (от греч. homoios — подобный, stasis — состояние).

Гомеостатическое регулирование обеспечивает постоянную количественную и качественную адекватность ответа организма на изменившиеся внешние и внутренние условия. Такое регулирование может осуществляться на разных уровнях с участием простых или более сложных систем организма, по-разному сочетать их функционирование.

1. Термин “внутренняя среда” предложен французским физиологом Клодом Бернаром

2. Более 100 лет назад К. Бернар пришел к заключению, что “постоянство внутренней среды есть условие независимого существования”

Среди всех совокупностей жидкостей в данном пособии будут рассмотрены три основные, входящие в состав внутренней среды организма – кровь, лимфа и тканевая (внеклеточная) жидкость (рис1).

1. **Кровь** - жидкая соединительная ткань, заполняющая кровеносные сосуды.
2. **Тканевая (межклеточная) жидкость** - образуется из плазмы крови, проникающей в межклеточное пространство, и конечных продуктов жизнедеятельности клеток.
3. **Лимфа** - полупрозрачная желтоватая жидкость, образующаяся из тканевой жидкости, попавшей в лимфатические капилляры, и содержащая лимфоциты, образующиеся в процессе физиологической регенерации в лимфатических узлах.

Основой внутренней среды является **кровь**, а роль непосредственной питательной среды выполняет **тканевая жидкость**. Ее состав и свойства специфичны для отдельных органов, соответствуют их структурным и функциональным особенностям. Поступление из крови составных частей тканевой жидкости и их обратный отток в лимфу регулируется тканевыми барьерами.

взаимосвязь крови-лимфы и тканевой жидкости



Таблица 2

ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

Внутренняя среда	Состав	Местонахождение	Источник и место образования	Функции
Кровь	<i>Плазма</i> (50-60% объема крови): вода 90-92%, белки 7%, жиры 0,8%, глюкоза 0,12%, мочевины 0,05%, минеральные соли 0,9%	<i>Кровеносные сосуды</i> : артерии, вены, капилляры	За счет поглощения белков, жиров и углеводов, а также минеральных солей пищи и воды	Взаимосвязь всех органов организма в целом с внешней средой: питательная (доставка питательных веществ), выделительная (выведение продуктов диссимляции. CO ₂ из организма), защитная (иммунитет, свертывание); регуляторная (гуморальная)
	<i>Форменные элементы</i> (40-50% от объема крови):	Плазма крови	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические	Транспортная (дыхательная) - эритроциты транспортируют

эритроциты,
лейкоциты,
тромбоциты

узлы,
лимфатическая
ткань

O₂ и частично CO₂; защитная - лейкоциты (фагоциты) обезвреживают болезнетворные микроорганизмы; тромбоциты обеспечивают свертывание крови

Тканевая жидкость

Вода, растворенные в ней питательные органические и неорганические вещества, O₂, CO₂, продукты диссимляции, выделившиеся из клеток

Промежутки между клетками всех тканей. Объем 20 л (у взрослого человека)

За счет плазмы крови и конечных продуктов диссимляции

Является промежуточной средой между кровью и клетками организма. Переносит из крови в клетки органов O₂, питательные вещества, минеральные соли, гормоны. Возвращает в кровяное русло через лимфу воду, продукты диссимляции. Переносит в кровяное русло CO₂, выделившийся из клеток

Лимфа

Вода, растворенные в органических веществ

Лимфатическая система, состоящая из лимфатических капилляров, заканчивающихся мешочками, и сосудов, сливающихся в два протока, которые впадают в полые вены кровеносной системы в области шеи

За счет тканевой жидкости, мешочки на концах лимфатических капилляров

Возвращение в кровяное русло тканевой жидкости. Фильтрация и обеззараживания тканевой жидкости, которые осуществляются в лимфатических узлах, где вырабатываются лимфоциты

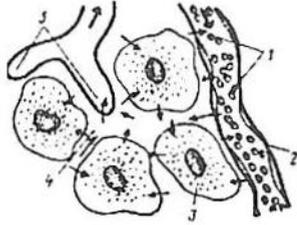


Рис. 1 Внутренняя среда организма:

1-клетки крови, 2-капилляр, 3-клетки тканей, 4-тканевая жидкость, 5- начало лимфатических капилляров

Приспособленные к выполнению определенных функций клетки не могут выполнять все остальные функции и для обеспечения нормальной жизнедеятельности они должны пользоваться результатами работы других клеток. Таким образом, все клетки организма оказываются взаимозависимыми. Координация работы клеток достигается сложной системой их взаимоотношений.

Для решения практических вопросов в физиологии труда, обоснована обязательность изучения 4 ключевых состояний систем гомеостатического регулирования: **при оперативном покое** (состояние готовности организма к деятельности), **при переходе от оперативного покоя к состоянию напряжения** (усиление имеющихся форм регуляции), **затем к состоянию перестройки структуры гомеостата** (в регуляцию вовлекаются новые механизмы) и, наконец, **при переходе в состояние постепенного распада гомеостатической структуры**, как единой системы. Так, по мере увеличения тяжести физической работы вначале происходит некоторое учащение и усиление сокращений сердца, расширяются сосуды работающих мышц и сужаются сосуды пищеварительной системы и кожи (состояние напряжения). Затем из клеток поступает в сосуды жидкость, а из селезенки и печени - дополнительное количество эритроцитов, в мышцах увеличивается число сокращающихся волокон, ранее суженные сосуды кожи расширяются, включается потоотделение, потребление кислорода тканями уменьшается - возрастает т. н. кислородный долг (перестройка гомеостата). Если физическая нагрузка чрезмерна, сосуды парализованно расширяются и не реагируют на управляющие нервные импульсы, нарушается координация дыхания и кровообращения, ухудшается кровообращение мозга, возникают сердечная слабость, потеря сознания (разрушение гомеостатического регулирования). Знание этих состояний позволяет обосновывать физиологические критерии гигиенического нормирования, определять степень тяжести и вредности труда, регламентировать его режим.

Раздел 2. ТКАНИ, ОРГАНЫ, СИСТЕМЫ И АППАРАТЫ ОРГАНОВ

Исторически сложившаяся система клеток и неклеточных структур (межклеточное вещество), обладающая общностью происхождения, строения и специализированная на выполнении определенной функции, называется тканью. По строению и функциям в организме человека различают следующие виды тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервные (приложение, схема 2).

Эпителиальная ткань покрывает поверхность тела и полости различных трактов и протоков, за исключением сердца, кровеносных сосудов и некоторых полостей. Свои эпителиальных клеток на поверхности кожи защищают тело от инфекций и внешних повреждений. Клетки, выстилающие пищеварительный тракт от рта до анального отверстия, обладают несколькими функциями: они секретируют пищеварительные

ферменты, слизь и гормоны; всасывают воду и продукты пищеварения. Эпителиальные клетки, выстилающие дыхательную систему, секретируют слизь и удаляют ее из легких вместе с задерживаемой ею пылью и другими инородными частицами. В мочевой системе эпителиальные клетки осуществляют выделение и реабсорбцию (обратное всасывание) различных веществ в почках, а также выстилают протоки, по которым моча выводится из организма. Производными эпителиальных клеток являются половые клетки человека - яйцеклетки и сперматозонды, а весь путь, который они проходят от яичников или семенников (мочеполовой тракт), покрыт специальными эпителиальными клетками, секретирующими ряд веществ, необходимых для существования яйцеклетки или сперматозоида.

Соединительная ткань, или ткани внутренней среды, представлена разнообразной по структуре и функциям группой тканей, которые располагаются внутри организма и не граничат ни с внешней средой, ни с полостями органов. Соединительная ткань защищает, изолирует и поддерживает части тела, а также выполняет транспортную функцию внутри организма (кровь). Во всех случаях соединительная ткань характеризуется большим количеством межклеточного вещества. Выделяют следующие подтипы соединительной ткани: рыхлую, жировую, фиброзную, эластическую, лимфоидную, хрящевую, костную, а также кровь.

Мышечная ткань. Мышцы обеспечивают передвижение организма в пространстве, его позу и сократительную активность внутренних органов. Способность к сокращению, в какой-то степени присущая всем клеткам, в мышечных клетках развита наиболее сильно. Выделяют три типа мышц: скелетные (поперечнополосатые, или произвольные), гладкие (висцеральные, или непроизвольные) и сердечную

Нервная ткань характеризуется максимальным развитием таких свойств, как раздражимость и проводимость. Раздражимость - способность реагировать на физические (тепло, холод, свет, звук, прикосновение) и химические (вкус, запах) стимулы (раздражители). Проводимость - способность передавать возникший в результате раздражения импульс (нервный импульс). В головном и спинном мозгу присутствует еще один тип специализированных клеток - клетки нейроглии. Это вспомогательные клетки, содержащиеся в мозгу в очень большом количестве. Их отростки оплетают нервные волокна и служат для них опорой, а также, по-видимому, и изоляторами. Кроме того, они имеют секреторную, трофическую и защитную функции. В отличие от нейронов клетки нейроглии способны к делению.

Различные ткани, соединяясь между собой, образуют **органы** (рис.2)

Орган имеет определенное строение, функцию и положение в теле. В его состав входят, обычно, несколько видов тканей, причем одна из них выполняет основную функцию органа (мышечная ткань в скелетной мышце), а другие - вспомогательные функции (соединительная ткань в мышце). Нередко, основную ткань органа называют **паренхимой**, а соединительную ткань, покрывающую его снаружи и пронизывающую его в разных направлениях **стромой**.

К паренхиматозным органам относят легкие, печень, почки, селезенку, **к полым органам** - желудок, кишечник, мочевой пузырь (стенки их состоят из разных видов тканей).

Органы различаются по величине, форме и положению в организме и находятся в тесном взаимодействии между собой. Согласованная деятельность тканей и органов обуславливается нервной системой и железами внутренней секреции. Органы анатомически и функционально объединяются в системы органов.

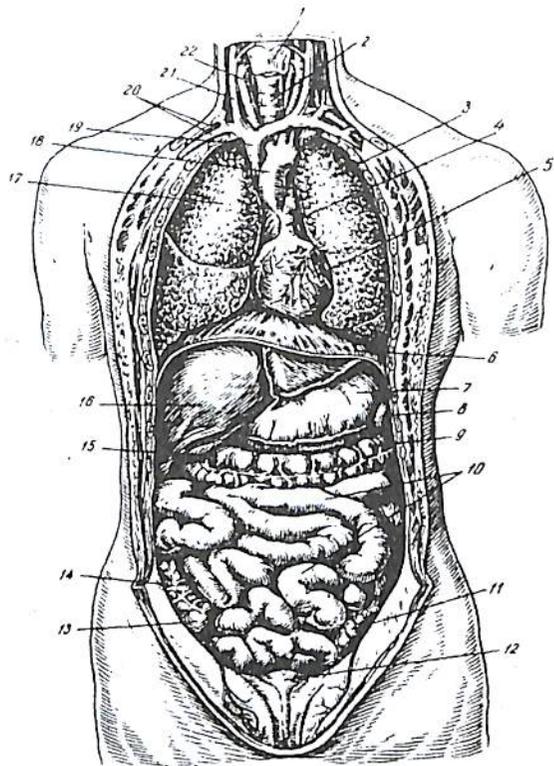


Рис 2. Органы шеи, грудной и брюшной полости:

1 — гортань, 2 — трахея, 3 — левое легкое, 4 — легочный ствол, 5 — сердце, 6 — диафрагма, 7 — желудок, 8 — селезенка, 9 — поперечная ободочная кишка, 10 — тонкая кишка, 11 — сигмовидная ободочная кишка, 12 — мочевого пузырь, 13 — слепая кишка, 14 — восходящая ободочная кишка, 15 — желчный пузырь, 16 — печень, 17 — правое легкое, 18 — аорта, 19 — верхняя полая вена, 20 — подключичные артерии и вена, 21 — внутренняя яремная вена, 22 — общая сонная артерия

Органы, объединенные единой функцией, единым планом строения и единством происхождения составляют систему органов.

В организме человека выделяют следующие системы органов: пищеварительную, дыхательную, мочевыделительную, половую, нервную, кровеносную, лимфатическую и иммунную, систему органов чувств (сенсорную систему).

Некоторые органы по функциональному признаку могут объединяться в аппараты органов. Причем, органы, входящие в их состав, часто имеют различное строение и происхождение и могут быть не связаны анатомически. Единственное, что их объединяет — участие в выполнении общей функции. Таковы опорно-двигательный аппарат, эндокринный аппарат. С другой стороны, органы, входящие в состав аппарата органов, могут быть различны по своим функциональным задачам, но связаны единым происхождением

(мочеполовой аппарат). Все системы органов взаимосвязаны и объединены в единое целое — организм.

Существование организма было бы невозможно, если бы он адекватно не реагировал на изменения окружающей среды. И.П.Павлов образно писал, что «... вся жизнь от простейших до сложнейших организмов ... есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды».

Совокупность физиологических процессов, обеспечивающих уравнивание организма со средой, относится к процессам регуляции. В основе этих процессов лежит взаимосвязь всех органов и функциональных систем организма между собой.

В процессе эволюции сформировалось два основных механизма регуляции: гуморальный и нервный, которые образуют единую систему взаимосвязанных нейрогуморальных отношений.

Гуморальный механизм регуляции осуществляется с помощью многообразных физиологически активных соединений, образующихся в процессе жизнедеятельности клеток, тканей, органов, включая продукты распада белков, углекислый газ, электролиты и др. Важнейшую роль в гуморальной регуляции играют гормоны, а также продукты межклеточного обмена — метаболиты. В процессе эволюции животного мира механизмы гуморальной регуляции постепенно дополнялись более сложными и совершенными механизмами нервной регуляции функций, осуществляемые нервной системой. Нервная регуляция является высшим этапом приспособления организма к меняющимся условиям среды.

Раздел 3. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Одним из важнейших элементов приспособления организма к окружающей среде является движение. Оно осуществляется системой органов, к которым относятся кости, их соединения и мышцы, объединенные в единое целое — аппарат движения или опорно-двигательный аппарат. Кости и их соединения относятся к пассивной части двигательного аппарата, мышцы — к активной.

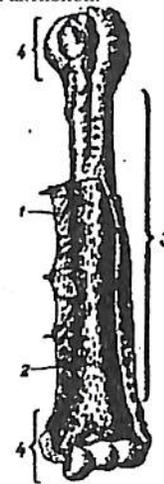


Рис.3 Строение трубчатой кости

1 - надкостница, 2 - плотное вещество кости, освобожденное от надкостницы, 3 - диафиз, 4 - эпифиз

ТИП И СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ

Кости образованы костной тканью, которая отличается особыми механическими свойствами и состоит из костных клеток, заключенных в костное основное вещество, содержащее коллагеновые волокна и пропитанное неорганическими соединениями (рис.3). Содержание воды в кости достигает 50%, а в сухом остатке костной ткани содержится около 33 % органических веществ и 67 % - неорганических (в основном, кристаллы гидроксипафитата). Органические вещества придают кости гибкость, а неорганические - крепость.

Различают два типа костных клеток: остеобласты и остециты. **Остеобласты** - это многоугольные клетки с отростками, которые контактируют между собой и с отростками остеоцитов. Остеобласты синтезируют органические компоненты межклеточного вещества и выделяют их из клетки через всю поверхность в различных направлениях.

Остеоциты - зрелые многоотростчатые веретенообразные клетки, обеспечивающие обмен веществ в ткани. В костной ткани имеется еще одна разновидность клеток, не являющихся костными - остеокласты. Это крупные многоядерные клетки, служащие для разрушения кости и хряща.

Различают два типа костной ткани: грубоволокнистую и пластинчатую (тонковолокнистую). Первая имеется у зародыша человека, а у взрослого она располагается в зонах прикрепления сухожилий к костям и в швах черепа после их зарастания. Вторая - наиболее распространена в организме и образована костными пластинками, состоящими из остеоцитов и тонковолокнистого костного основного вещества. В зависимости от расположения костных пластинок различают **плотное (компактное) и губчатое** костное вещество (приложение схема.3).

Различают следующие типы костей: длинные, или трубчатые, короткие, широкие или плоские кости и смешанные кости (таблица 3).

Таблица 3.

ТИП И СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ		
Тип кости	Строение	Особенности
Длинные, или трубчатые кости	Средняя часть - диафиз, который состоит из компактного костного вещества и снаружи покрыт надкостницей. Внутри диафиза имеется полость, заполненная желтым костным мозгом (в зародышевом и раннем детском возрасте - красным костным мозгом). Два утолщенных конца - эпифизы, состоят из губчатого костного вещества, снаружи покрыты хрящем. Внутри (в ячейках) красный костный мозг.	В толщину такие кости нарастают за счет надкостницы, в длину - за счет хрящевой прослойки, расположенной между диафизом и эпифизами (полное замещение этого хряща костью происходит у женщин к 18 - 20 годам, у мужчин - к 23 - 25 годам). К ним относятся, длинные трубчатые кости конечностей (кости плеча, предплечья, бедра и голени). Некоторые небольшие кости (пясти, плюсны, фаланги пальцев) построены по типу длинных костей.

Короткие кости	Построены по типу эпифизов длинных трубчатых костей. Состоят, в основном, из губчатого костного вещества и только снаружи покрыты тонким слоем компактного костного вещества.	Существуют в тех местах, где надо ослабить удары. Позвонки, грудина, кости запястья и плюсны и т. Д.
Плоские, или широкие кости	Образованы из двух пластинок компактного костного вещества, между которыми располагается губчатое вещество	Эти кости выполняют главным образом защитную функцию, ограничивая своими широкими поверхностями полости. Это теменные, тазовые кости, грудина и т.п.
Смешанные кости	Состоят из нескольких частей, имеющих разное строение и очертания.	Позвонки, кости основания черепа и др.

Некоторые ученые (например, Билич, Крыжановский, 2004) выделяют еще и **воздухоносные кости**, имеющие в своем теле полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом (например, лобная, клиновидная, решетчатая кость и др.). Особое строение имеют позвонки, входящие в группу смешанных костей.

СТРОЕНИЕ ПОЗВОНКОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Позвонки имеют вид костного кольца, состоящего из цилиндрического тела, дуги и семи отростков (рис.4):

- Непарный задний отросток - **остистый**
- Пара **поперечных** отростков
- Две пары **суставных** отростков - верхних и нижних

Остистый и пара поперечных отростков являются местами прикрепления мышц, а две пары суставных отростков служат для сочленения с такими же отростками выше и ниже лежащих позвонков.

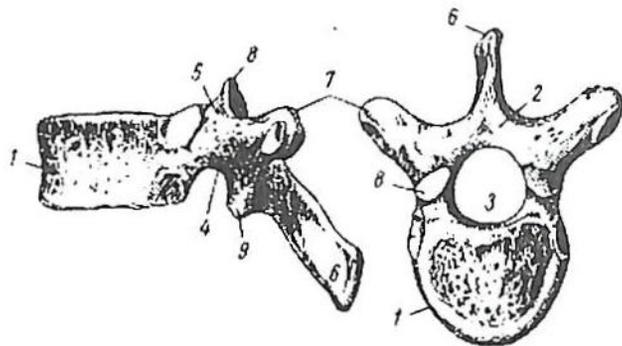


Рис. 4. Строение грудного позвонка

1 - тело, 2 - дуга, 3 - позвоночное отверстие, 4 - нижняя вырезка, 5 - верхняя вырезка, 6 - остистый отросток, 7 - поперечный отросток, 8 - верхний суставной отросток, 9 - нижний суставной отросток

От описанного строения отличаются I и II шейные позвонки – атлант и эпистрофей. Атлант состоит из передней и задней дуг и боковых масс, несущих площадки для сочленения с черепом. Эпистрофей снабжен направленным вверх зубовидным отростком, на котором вращается атлант вместе с черепом.

В шейном отделе у позвонков остистый отросток короткий и раздвоенный на конце. у грудных позвонков – самый длинный остистый отросток, поясничные позвонки отличаются очень массивными телами и короткими и толстыми отростками. Крестцовые и копчиковые позвонки сливаются в копчик. Позвонки соединены между собой с помощью межпозвоночных хрящей, связок и суставов. Тела позвонков соединены непрерывно посредством межпозвоночных хрящевых дисков.

СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ

Каждая кость занимает в теле человека определенное место и всегда находится в непосредственной связи с другими костями, тесно прилегая к одной или нескольким костям. Различают три группы соединения костей: непрерывные, прерывистые соединения - суставы и полусуставы (приложение, схема 4).

1. Непрерывные соединения – **синартрозы** - соединения костей с помощью различных видов соединительной ткани (хрящевой или костной). Обеспечивают опору, прочность и защиту. По функциям это малоподвижные или неподвижные соединения. К ним относятся соединения костей черепа, связки, соединения тел позвонков и т.п.
2. Прерывистые соединения - **суставы**, или **диартрозы**, когда между сочленяющимися костями находится суставная полость, и они удерживаются одна около другой с помощью замкнутой суставной капсулы и подкрепляющих ее связок

и мышц (рис.5). По функциям – это подвижные соединения, обязательными компонентами которых являются:

- суставные поверхности костей (покрытые хрящем);
- суставная капсула - **суставная сумка** (покрывает сустав снаружи);
- суставная полость;
- полостная жидкость – **суставная (синовиальная) жидкость** (заполняет все пространство сустава).

Суставы различаются по числу и форме суставных поверхностей, а также по характеру подвижности.

Различают по **числу суставных поверхностей** – *простые* (две поверхности) и *сложные* (более двух),

по **форме** – *плоские* (межзапястные, запястно-пястные и т.п.), *седловидные* (большой палец), *эллипсоидные* (между затылочной костью и первым шейным позвонком), *шаровидные* – (плечевой и бедренный).

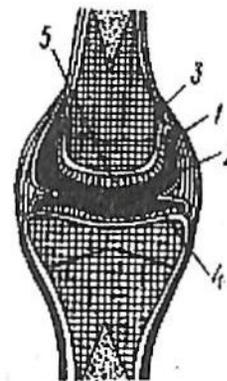


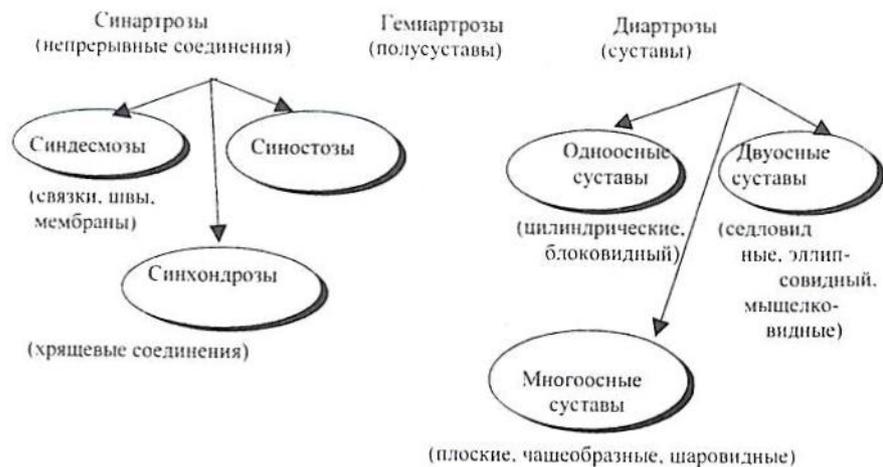
Рис. 5 Строение сустава

1 - суставная сумка, 2 - внутрисуставная жидкость, 3 - надкостница, 4, 5 - суставные поверхности, покрытые хрящом

По **характеру подвижности**, которая напрямую связана с формой суставов – с *одной осью вращения* (суставы пальцев), *двухосные* (эллипсоидный) и *трехосные* (плечевой и тазобедренный).

Полусуставы – **гемнартрозы**, переходная форма от непрерывных соединений к прерывистым. Хрящевые соединения, но в толще хряща имеется небольшая полость. Например, лобковое сращение (симфиз).

ТИПЫ И ВИДЫ СУСТАВОВ



СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

Опорой тела служит скелет, который состоит более чем из 200 костей, из которых 95 – парные (табл.4).

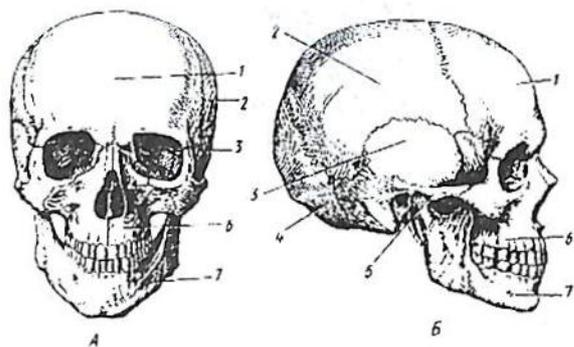


Рис. 6. Череп человека. А- спереди; Б- сбоку:

1 - лобная кость, 2 - теменные кости, 3 - височные кости, 4 - затылочная кость, 5 - скуловые кости, 6 - верхняя челюсть, 7 - нижняя челюсть

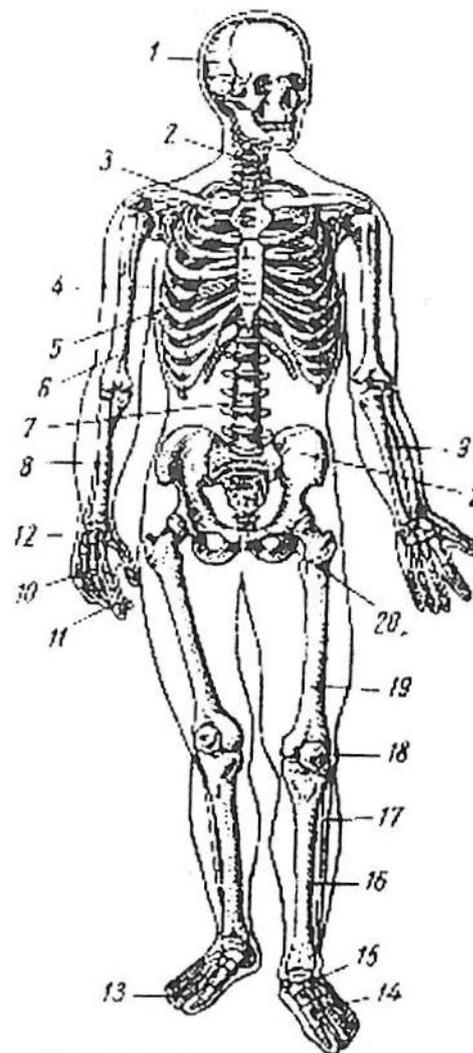


Рис.7. Скелет человека (вид спереди):

1 - череп, 2, 7 - позвоночник, 3 - ключица, 4 - грудная клетка, 5 - грудина, 6 - плечевая кость, 8 - лучевая кость, 9 - локтевая кость, 10 - пясть, 11 - фаланги пальцев, 12 - запястье, 13 - фаланги пальцев ноги, 14 - плюсна, 15 - предплюсна, 16 - большая берцовая кость, 17 - малая берцовая кость, 18 - коленная чашечка, 19 - бедренная кость, 20 - лобковая кость

Таблица 4

СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОСОБЕННОСТИ (рис.6, рис.7)

Отделы тела	Отделы скелета	Кости скелета	Тип кости	Характер соединения	Особенности скелета человека
Голова	Мозговой отдел (черепная коробка)	<i>Парные:</i> теменные и височные <i>Непарные:</i> лобная, затылочная, решетчатая, клиновидная	Плоские	Неподвижное	Мозговой отдел черепа развит сильнее, чем лицевой
	Лицевой отдел	<i>Парные:</i> верхняя челюстная, скуловые, носовые, слезные, небные, нижняя носовая раковина <i>Непарные:</i> нижняя челюсть, сошник, подъязычная кость	Плоские	Неподвижное, кроме нижней челюсти	Развитие подбородочного выступа в связи с членораздельной речью
Туловище	Позвоночник	7 шейных 12 грудных 5 поясничных 5 крестцовых 4-5 копчиковых	Короткие	Полуподвижное, кроме крестцовых, соединенных неподвижно	S - образный изгиб позвоночника [два лордоза (шейный и поясничный) и два кифоза (грудной и крестцовый)], увеличение тел позвонков, отсутствие хвоста
	Грудная клетка	12 грудных позвонков 12 пар ребер (7 верхних пар, сочлененных с грудной – истинные ребра, 5 пар – ложные. XI и XII пары – свободные). грудная кость	Короткие, плоские	Полуподвижное	Сжата в передне-заднем направлении

¹ Лордоз - изгиб позвоночника, обращенный выпуклостью вперед; Кифоз - изгиб позвоночника, обращенный выпуклостью назад.

Конечности	Верхняя конечность	<i>Плечевой пояс:</i> две лопатки и две ключицы. <i>Свободная конечность – рука:</i> Плечо – плечевая кость <i>Предплечье –</i> локтевая (напротив мизинца) и лучевая (напротив большого пальца) <i>Кисть –</i> запястье (8), пясть (5) и фаланги пальцев (14)	Плоские Трубчатые Короткие	Подвижное	Большая подвижность сустава Большой палец противопоставлен остальным
	Нижняя конечность	<i>Тазовый пояс:</i> парные кости – подвздошные, седалищные, лобковые <i>Свободная конечность – нога:</i> Бедро – бедренная кость <i>Голень –</i> большая и малая берцовые <i>Стопа –</i> предплюсна (7), пяточная кость, плюсна (5), фаланги пальцев (14)	Плоские Трубчатые Короткие	Неподвижное Подвижное	Широкий и массивный скелет таза для поддержания внутренних органов Ограниченное движение тазобедренного сустава. Стопа образует свод. Развита большая пяточная кость, но меньше развиты пальцы. Ноги длиннее рук, кости массивнее

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СКЕЛЕТА

- Опора.** Скелет любого типа служит жестким, устойчивым к сжатию каркасом тела, помогая телу сохранять форму. Внутренние органы оказываются закрепленными и подвешенными к скелету.
- Защита.**

3. **Локомоция**⁴. Скелет служит местом прикрепления мышц, с помощью которых осуществляются разнообразные движения. У мягкотелых животных при движении опорой для сокращающихся мышц служит полостная жидкость.
4. **Депозит минеральных веществ**. Участвует в минеральном обмене солей кальция, фосфора и железа.
5. **Кровотворение**. Некоторые кости содержат красный костный мозг, который участвует в образовании клеток крови.

ПОЗВОНОЧНИК

Позвоночник человека является своеобразной опорой и связующим элементом между всеми органами и системами организма. Он представляет собой гибкую конструкцию (рис.8), состоящую из пяти отделов:

- шейного (семь позвонков),
- грудного (двенадцать позвонков),
- поясничного (пять позвонков),
- крестцового (пять сросшихся позвонков),
- копчика (три-пять маленьких сросшихся позвонков).

Спинальный мозг находится в специальном позвоночном канале, который образуют тела позвонков, их дуги и межпозвоночные диски.

Каждый позвонок имеет одинаковое строение (рис.9,10) - спереди расположено его тело, соединенное с телами соседних позвонков межпозвоночными дисками, межпозвоночными связками и суставами. Вдоль позвонков идут короткие межпозвоночные мышцы, длинные мышцы спины. Сзади находится дуга, которая замыкает позвоночное отверстие. Между позвонками от спинного мозга отходят по два корешка, состоящих из нервных волокон. Эти корешки образуют позвоночные нервные сплетения. Интересно, что наш позвоночник гибок и подвижен, в то время как амплитуда движений каждой пары позвонков ограничена. Конструкция нашего позвоночника настолько прочна, что он может выдержать нагрузку на растяжение по оси до 600 кг.

Позвоночный столб выполняет одновременно несколько функций: он защищает спинной мозг, является опорой для мышц, органов и тканей туловища, поддерживает голову, участвует в образовании стенок грудной и брюшной полостей и таза.

Позвоночник человека имеет четыре естественных искривления (рис.8): *лордоз* (изгиб вперед в поясничном и шейном отделах) и *кифоз* (изгиб назад в грудном и крестцовом отделах). Эти изгибы формируются ещё в раннем детстве наряду с эластическими свойствами межпозвоночных дисков обуславливают амортизирующие особенности позвоночника.

При рождении позвоночник новорождённого имеет форму дуги с одним изгибом кзади. После того, как ребёнок начинает поднимать голову, образуется шейный лордоз, после того как он начинает садиться и ходить, образуется поясничный лордоз и компенсирующие его грудной и крестцовый кифозы. Правильно и умеренно изогнутый позвоночный столб действует как пружина и выдерживает большую нагрузку. Формирование изгибов позвоночника заканчивается в 6-7 лет и закрепляется в 14-17.

В норме глубина лордоза в шейном и поясничном отделах позвоночника соответствует голщине ладони обследуемого человека. Эти признаки в комплексе создают красивый внешний облик человека и его фигуры.

Во фронтальной плоскости (при осмотре со стороны спины) в норме позвоночник должен быть прямым.

Отклонение этих показателей от нормы свидетельствуют о наличии нарушения осанки или сколиоза.

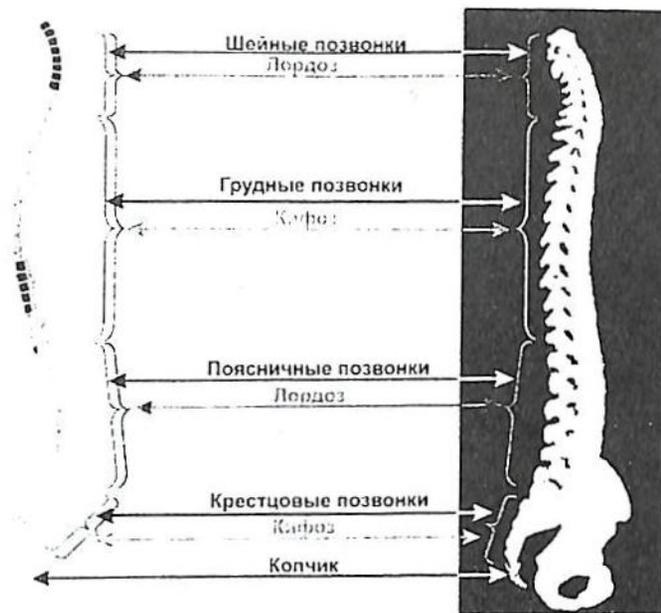


Рис. 8. Позвоночник человека



Рис. 9. Строение позвонка

⁴ Локомоция – передвижение всего организма с одного места на другое.

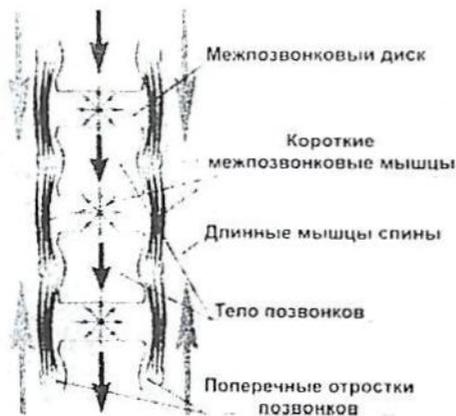


Рис. 10. Структура позвоночника

Нарушения осанки могут быть в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

Обычно различают 3 степени искривлений позвоночника (сколиоза) в сагиттальной плоскости. Чтобы определить, является ли искривление уже установившимся, стойким - человека просят выпрямиться.

Деформация 1 степени - искривление позвоночника выравнивается до нормального положения при выпрямлении;

Деформация 2 степени - отчасти выравнивается при выпрямлении ребенка или при висе на гимнастической стенке;

Деформация 3 степени - искривление не меняется при висе или выпрямлении человека.

Работая за компьютером, вы длительное время сидите в положении, которое диктует ваше рабочее место, но не факт, что эта поза является оптимальной

Вынужденное длительное сидение с опущенными плечами в одной позе приводит к постоянной нагрузке на одни группы мышц и к отсутствию её же на других группах.

Если постоянное перенапряжение мышц приводит к болям, то отсутствие нагрузки более пагубно влияет на ваш организм и приводит к их деградации.

Таким образом, неправильная посадка ведет к нарушению осанки, искривлению позвоночника - сколиозу, стойким изменениям костно-мышечной системы, разрушению межпозвоночных дисков - остеохондрозу.

В положении сидя нагрузка на межпозвоночные диски намного больше, чем в положении стоя или лёжа. Все эти негативные факторы могут вызвать появление грыжи межпозвоночного диска, боли в голове, конечностях и внутренних органах.

При этом увеличивается и, без того большая нагрузка на позвоночник, жидкое содержимое межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника оттекает назад. Неправильная осанка приводит к чрезмерному растяжению мышц, поддерживающих позвоночник. В результате этого, студенистое жидкое вещество межпозвоночных дисков поясничного отдела выходит из своей твердой оболочки, т.е. возникает грыжа межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника.

Напряжение в шейном отделе позвоночника (вытянутая вперед шея, откинута назад голова) усиливает прогиб в шейном отделе, ограничивает кровоток в сосудах шеи, т.е. кровоснабжение головы и отток крови от нее нарушается. Это приводит к возникновению головных болей, болей в шее.

Боль, возникающая время от времени в грудном отделе позвоночника, служит первым признаком того, что начинается остеохондроз грудного отдела позвоночника. Часто этот недуг поражает лиц сидячих профессий: конструкторов, операторов ЭВМ, пользователей компьютеров, водителей автомашин. Но совсем необязательно, что у вас, даже если вы каждый день перетаскиваете тяжелые предметы или вынуждены долгие часы сидеть за компьютером, будет остеохондроз.

По аналогии с поясничным отделом может возникнуть грыжа межпозвоночных дисков шейного отдела.

Позвоночный синдром (ПС)

Этот синдром представляет совокупность симптомов жалоб, возникающих у пользователей компьютеров, связанных с патологическим искривлением позвоночника, нарушением его целостности.

Симптоматика может быть основана как на незначительном искривлении позвоночника в виде нарушения осанки, начальной стадии сколиоза, так и выраженном искривлении - при сколиотической болезни, остеохондрозе. Характер жалоб при этом симптоме может быть самым разнообразным, проявляясь головными болями, болями в шее, груди, пояснице, внутренних органах.

Такая разнообразная клиническая картина объясняется тем, что при искривлении позвоночника, а также нарушении целостности его фрагментов травмируются корешки нервных волокон, идущих от спинного мозга ко всем органам.

ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТА, СВЯЗАННЫЕ С ПРЯМОХОЖДЕНИЕМ И ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

1. Позвоночник имеет изгибы, смягчающие толчки при передвижении.

Кифозы - изгибы, обращенные выпуклостью назад.

Лордозы - изгибы, обращенные выпуклостью вперед.

Выделяют: грудной и крестцовый кифозы, шейный и поясничный лордозы.

2. Грудная клетка расширена в стороны.

3. Большой палец руки противопоставлен другим пальцам.

4. Пальцы руки очень подвижны (в них хорошо развита тактильная чувствительность).

5. Ступня с непротивопоставляющимся большим пальцем.

6. Широкий таз поддерживает внутренние органы.

7. Мощные нижние конечности.

8. Сводчатая стопа служит амортизатором.

9. Мозговой отдел черепа больше лицевого за счет развития головного мозга.

МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА

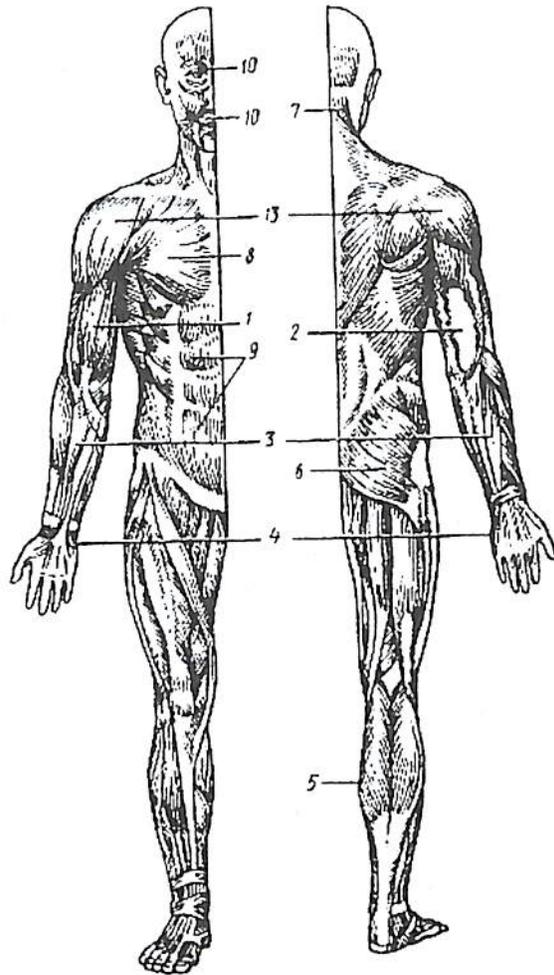


Рис. 11. Мышцы тела человека:

1 - двуглавая мышца, 2 - трехглавая мышца, 3 - мышцы предплечья, 4 - мышцы кисти, 5 - икроножная мышца, 6 - ягодичная мышца, 7 - мышцы затылка, 8 - большая грудная мышца, 9 - мышцы брюшного пресса, 10 - мимические мышцы лица

Кости и их соединения, которые мы рассмотрели ранее, относятся к **пассивной части** двигательного аппарата, а мышцы – к **активной части** (рис.11). Мышцы состоят из мышечной ткани, к которой относят гладкую и поперечнополосатую мышечные ткани (включает скелетную и сердечную мышечные ткани). Сравнительная характеристика мышечных тканей представлена в табл. 5.

Таблица 5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ

Признаки	Гладкая мышечная ткань	Поперечнополосатая мышечная ткань
Строение	Имеет клеточное строение, клетки плотно прилегают друг к другу. Однойядерная клетка – гладкий миоцит – имеет веретеновидную форму и заостренные концы. Сократительные миофибриллы располагаются по периферии клеток вдоль ее оси.	Поперечнополосатые мышечные волокна (результат слияния многих клеток) представляют собой многоядерные вытянутые цилиндрические тела с округлыми или заостренными концами, которыми волокна прилегают к друг другу или вплетаются в соединительную ткань сухожилий и фасций ⁵ . Сократительные миофибриллы образуют пучок волокон, идущих от одного до другого конца мышечного волокна
Сократительный аппарат	Гладкие миофибриллы	Поперечнополосатые миофибриллы (поперечная исчерченность их объясняется чередованием участков с разными физико-химическими и оптическими свойствами).
Особенность сокращения	Сокращается медленно и способна длительно находится в состоянии сокращения , потребляя незначительное количество энергии и не утомляясь. Такой тип сократительной деятельности называется тоническим . Сокращается непроизвольно , не подчиняется сознанию, хотя и находится под контролем больших полушарий головного мозга	Большая часть мышечных волокон скелетных мышц обладает высокой скоростью сокращения и быстрой утомляемостью. Такой тип сократительной деятельности называется тетаническим . Сокращается произвольно в ответ на импульсы, идущие от коры больших полушарий головного мозга, часть мышц (межреберные, диафрагма) сокращается без участия сознания, в ответ на импульсы из дыхательного центра. Мышцы глотки и пищевода сокращаются непроизвольно.

⁵ Фасция - это соединительнотканная оболочка, которой окружены мышцы или группы мышц.

Местоположение	Входит в состав стенок различных внутренних органов (желудок, кишечник, мочевого пузыря). Исключение мышцы языка, мягкого неба, гортани, глотки и верхней части пищевода, которые состоят из поперечнополосатых мышц.	Все скелетные мышцы (мышцы головы, туловища и т.п.), мышцы рта, глотки, частично пищевода, мышцы промежности и др.
Какой частью нервной системы иннервируется (регулируется)	Вегетативной (автономной) нервной системой ⁶	Соматической (анимальной) нервной системой

Особняком стоит мышечная оболочка сердца – миокард, которая состоит из поперечнополосатых мышечных клеток, разветвляющихся на концах и соединяющихся друг с другом при помощи особых поверхностных отростков – вставочных дисков. Для нее характерно быстрое ритмическое сокращение и расслабление, длительный рефрактерный период, а поэтому ее утомление не наступает. Однако она не может длительно находиться в состоянии сокращения. Иннервируется сердечная мышца вегетативной нервной системой.

СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Все скелетные мышцы нашего тела (головы, туловища и конечностей) состоят из поперечнополосатой мышечной ткани. Сократимая часть мышцы, образованная мышечными волокнами, с обоих концов переходит в сухожилие, с помощью которого мышцы прикрепляются к костям скелета. В некоторых случаях сухожилия вплетаются в кожу (мимические мышцы головы). Как мы говорили выше, мышцы и группы мышц окружены фасциями, которые покрывают также целые области тела и конечностей и получают названия в соответствии с этим (фасции бедра, плеча и т.п.). Великий русский хирург и анатом Н.И. Пирогов назвал фасции “мягким скелетом тела” (прил., схема 6, схема 7).

Мышцы как активные органы обильно кровоснабжаются и тесно связаны с нервной системой. К каждой мышце подходят двигательные и чувствительные нервные волокна.

Мышцы бывают разнообразной формы: веретеновидные, одноперистые, перистые, двуглавые, двубрюшные и др. (рис. 12)

Различают три группы мышц: длинные и тонкие, короткие и толстые и широкие и плоские. Рассмотрим их особенности.

- **Длинные и тонкие мышцы** – мало приспособлены для тяжелой работы, но хорошо для движений с большим размахом. Встречаются, преимущественно, на конечностях с их длинными костями – рычагами и малой площадью прикрепления.

⁶ Их особенности будут рассмотрены при изучении нервной системы (пока же необходимо запомнить только их названия).

⁷ Рефрактерный период – кратковременный период полного исчезновения или снижения возбудимости нервной и мышечной тканей, наступающий после их реакции на какое-либо раздражение. Возбудимость – способность живых клеток воспринимать изменения внешней среды и отвечать на них реакцией возбуждения.

- **Короткие и толстые мышцы** – обладают большой силой; преобладают на туловище, в местах с малым размахом движений, но большим сопротивлением ему (особенно много их среди глубоких мышц спины).
- **Широкие и плоские мышцы** – расположены на туловище с его большой поверхностью для прикрепления (на груди, животе, спине).

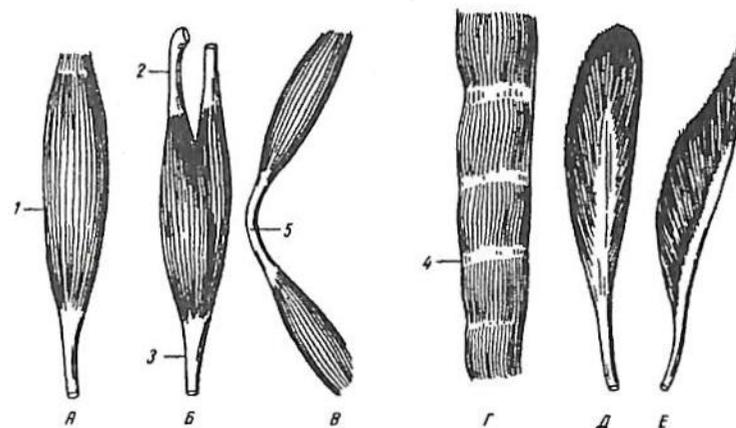


Рис. 12 Форма мышц:

А — веретенообразная мышца; Б — двуглавая мышца; В — двубрюшная мышца; Г — мышца с сухожильными перемычками; Д — дуперистая мышца; Е — одноперистая мышца; 1 — брюшко мышцы; 2, 3 — сухожилия; 4 — сухожильная перемычка; 5 — промежуточное сухожилие

Сила мышцы зависит от расположения ее волокон и от их толщины:

1. Чем больше физиологическое поперечное сечение мышцы (т.е. сумма поперечников всех ее волокон), тем мышца сильнее.
2. У мышц, волокна которых идут параллельно их продольной оси, физиологический поперечник совпадает с физическим (анатомическим).
3. У мышц с перистым строением физиологический поперечник больше физического.

Как мы говорили выше, концы мышечных волокон прикрепляются к костям скелета или непосредственно, или, что бывает чаще при помощи сухожилий. Обычно мышца прикрепляется к двум соседним костям, соединенным суставом. При сокращении она укорачивается и кости сближаются.

Движение той или иной кости зависит от положения фиксированного, неподвижного конца мышцы. Как правило, неподвижная точка мышцы носит название ее начала, а подвижная точка мышцы носит название места ее прикрепления. На туловище принято принимать за начало ту часть мышцы, которая находится ближе к позвоночнику. На конечностях началом мышцы считают часть, ближайшую к туловищу.

Таблица 6

Основные группы скелетных мышц и их функции

Группа мышц	Названия мышц	Функции
1	2	3
Мышцы головы: 1) жевательные	Жевательная, височная, наружная и внутренняя крыловидные	Движение нижней челюсти
2) мимические	Круговые мышцы рта и глаза, щечная, надчерепная	Открывают и закрывают рот и глаза, изменяют выражение лица, речевая артикуляция
Мышцы шеи (поверхностные и глубокие)	Подкожная, грудино-ключично-сосцевидная, лестничная	Поддерживают голову, обеспечивают движения головы и шеи, опускают нижнюю челюсть, поднимают I и II ребра
Мышцы спины	Трапециевидная, широчайшая, ромбовидная и др.	Движение лопаток, шеи, головы, рук, ребер при дыхании, поддерживают вертикальное положение тела
Мышцы груди	Большая и малая грудные, передняя зубчатая, наружные и внутренние межреберные	Движение плечевого пояса, движение ребер при дыхании
Мышцы живота	Косые, поперечная и прямая (брюшной пресс), диафрагма	Движения туловища (наклоны вперед и в стороны), дыхательные движения
Мышцы конечностей: 1) верхние конечности	Двуглавая, трехглавая, дельтовидная, подлопаточная, сгибательные и разгибательные мышцы предплечья и кисти	Все движения рук
2) нижние конечности	Ягодичные (большая, средняя и малая), четырехглавая, двуглавая, портняжная, икроножная, камбаловидная, трехглавая мышца голени, мышцы стопы	Все движения ног

Мышцы, участвующие в одинаковой форме движения, называются **синергистами (содружественными)**, а в противоположных движениях – **антагонистами**. Синергизм и антагонизм не являются абсолютными – мышцы, участвующие в одном движении как антагонисты, в другом могут быть синергистами.

Мышцы, с помощью которых конечности движутся от тела, называются **отводящими**, их антагонисты, мышцы, прижимающие руки к телу, **приводящими**.

Действие каждой мышцы может происходить только при одновременном расслаблении мышцы антагониста (табл.6)..

Такая согласованность работы мышц носит название **мышечной координации**.

В осуществлении мышечного сокращения принимают участие несколько белков: **актин, миозин, тропомиозин и тропонин**. Согласно теории Х.Хексли и Т. Хэнсона, мышечное сокращение – это результат скольжения тонких (актиновых) филаментов относительно толстых (миозиновых). В основе сокращения мышц лежит взаимодействие между актином и миозином. Источником движущей силы мышечного сокращения является освобождение энергии, в результате гидролиза АТФ, катализируемого миозином.

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Мышечной ткани присущи три физиологические свойства: возбудимость, проводимость и сократимость.

ВОЗБУДИМОСТЬ И ПРОВОДИМОСТЬ

Мышечное волокно обладает **возбудимостью**, т.е. способностью отвечать на воздействие раздражителей переходом из состояния относительного покоя в состояние деятельности.

Вторым свойством мышечной ткани является **проводимость**. Возбуждение не остается на месте, а распространяется вдоль мышечного волокна. Вследствие этого возникает **разность потенциалов** между **возбужденным (-)** и **невозбужденным (+)** участками.

Скелетное волокно будет сокращаться лишь тогда, когда импульс достигнет **пороговой** величины или превысит ее. И это сокращение будет для данных условий максимальным. Даже увеличение силы раздражителя не приведет к большему укорочению волокна или увеличению рождаемой силы. Такие явления называют "реакцией все или ничего".

Слабый раздражитель, не способный вызвать сокращение мышечного волокна, называется **подпороговым**.

После окончания ответа наступает **период абсолютной рефрактерности**, когда волокно не способно сокращаться, затем следует период **относительной рефрактерности**. В это время только сильный стимул может вызвать сокращение. **Период рефрактерности** представляет собой **отрезок времени, в течение которого происходит восстановление исходного состояния мышечного волокна**.

Наименьшая сила раздражения, необходимая для того, чтобы вызвать возбуждение, называется **порогом раздражения**. Его величина зависит от состояния мышцы: при утомлении возбудимость понижается, а порог повышается. В гладких мышцах внутренних органов все процессы протекают значительно медленнее, чем в поперечнополосатых, поэтому для них характерна большая длительность сокращения, а также более высокий порог.

ТИПЫ СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

В ответ на воздействие мышца сокращается (совершает механическую работу), т.е. возникшее в мышцах возбуждение вызывает сократимость. И это может привести либо к укорочению мышцы (**изотоническое сокращение**), либо, если концы мышцы неподвижно закреплены – мышца развивает напряжение без изменения ее длины (**изометрическое сокращение**). Наибольшую работу мышца совершает при средней нагрузке. При очень редких и очень частых сокращениях мышцы производят меньшую работу, чем при сокращениях средней величины.

Для тонкого управления мышечной активностью необходима регуляция напряжения, развиваемая каждой отдельной мышцей. Такая регуляция осуществляется одним из двух способов, или одновременно обоими:

- Может изменяться число мышечных волокон, возбуждающихся в каждый данный момент. Развиваемая мышцей сила будет тем больше, чем больше будет число стимулированных волокон, и наоборот (так происходит в скелетных мышцах позвоночных).

- Может изменяться частота нервных импульсов, приходящих к мышечным волокнам, что тоже приведет к увеличению силы мышцы.

Сокращение мышц в организме происходит плавно и координированно.

УТОМЛЕНИЕ МЫШЦ

Утомление - временное снижение работоспособности мышц, возникающее по мере их работы. Утомление наступает тем скорее, чем тяжелее груз и чаще сокращение мышц. Опыты показывают, что раньше всего утомление наступает в центральной нервной системе (ЦНС).

Причины утомления связаны с накоплением продуктов распада органических веществ в местах контактов: 1) нейрон - нейрон; 2) нейрон - мышца.

И. М. Сеченов показал, что наиболее быстрое восстановление работоспособности мышц наступает не при полном их покое, а при активном отдыхе.

Основные выводы из работ И.М.Сеченова по утомлению:

1. При ритмической работе утомление наступает позже, так как в промежутках между сокращениями мышца отдыхает.
2. Интенсивная работа мышц с большой нагрузкой приводит к быстрой утомляемости.
3. Наиболее оптимальными для мышц являются средние нагрузки и ритм.
4. Лучший способ восстановить работоспособность мышц - активный отдых (отдых, связанный с активной деятельностью других мышц).

Одним из наиболее наглядных примеров утомления, является возникновение карпального туннельного синдрома, как следствия несоблюдения режима работы за компьютером

КАРПАЛЬНЫЙ ТУНЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КТС)

или

синдром запястного канала (СЗК)

Клавиатура и мышь (и, конечно же, монитор) очень важны: ведь это именно те устройства, с которыми человек постоянно соприкасается при работе с компьютером, именно они в первую очередь оказывают влияние на состояние его здоровья. Далеко не все знают, что использование мыши опасно для здоровья. Кисти, запястья, предплечья, плечи - все это из-за мыши может серьезно пострадать. Для многих опасность, исходящая от мыши и других устройств ввода, не новость. О "мышинных проблемах" начали говорить с конца 90-х годов. Самым известным заболеванием, связанным с использованием мыши, клавиатуры является **карпальный туннельный синдром** - КТС или его еще называют **синдромом запястного канала** - СЗК (рис. 13).

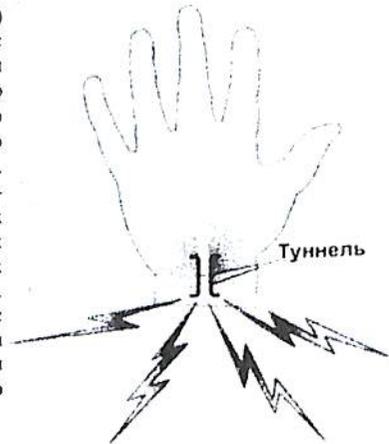


Рис. 13. Синдром запястного канала

Симптомы КТС - СЗК и жалобы при нем:

- Появление неприятных ощущений в области запястья, ладони и пальцев рук (в проекции расхождения ветвей срединного нерва).
- Со временем появляется ослабление пальцев и слабость пораженной ладони, онемение, боль и тяжесть в руке.
- Болезненность и онемение ладоней заставляют просыпаться, т.к. во время сна человек не контролирует положение рук.

- Неловкость ладони и пальцев создает затруднение при письме, а попытка поднять любой более-менее тяжелый предмет приводит к возникновению жгучей боли в занятом суставе.

Причины развития и возможные последствия

Указанный синдром по существу представляет собой травму запястья. Чтобы понять причину его появления, следует разобраться в анатомии и физиологии (рис. 14)



Рис.14 Строение запястья

Запястье - это место соединения лучевой и локтевой костей (костей предплечья) и восьми костей кисти (мелких костей ладони)

Через запястный канал - **туннель** (отсюда туннельный синдром) проходят срединный нерв и 9 сухожилий мышц кисти. Срединный нерв обеспечивает чувствительность поверхности большого, указательного и среднего пальцев со стороны ладони, поверхности безымянного пальца, обращенной к большому пальцу, а также тыльной стороны кончиков тех же пальцев. Срединный нерв иннервирует мышцы, обеспечивающие движение большого, указательного и среднего пальцев.

Таким образом, срединный нерв выполняет две функции - обеспечивает чувствительность и движение. Сам туннельный канал очень узкий. В нем то и сдавливается, т.е. защемляется срединный нерв. Отсюда и появление расстройств чувствительности и движений рук (рис.15).

Причиной же защемления может быть распухание сухожилий, проходящих вблизи с нервом, а также отек самого нерва. Это в свою очередь нарушает кровообращение, нарушается питание тканей, что еще больше усиливает отек их и сдавливание в туннеле (Рис.17).

Все указанные симптомы и жалобы - есть следствие постоянной статической нагрузки на одни и те же мышцы, большого количества однообразных движений при работе с мышкой, чрезмерного изгиба в запястье.

Вообще человеческий организм всегда болезненно реагирует на длительные постоянные нагрузки. Давно известно, что у тех, кто вручную занимается ковровой росписью, или же расшивает узорами ткани развиваются те же симптомы, что и у операторов, работающих с мышью.



Рис.15. Защемление срединного нерва

Человек, у которого развился туннельный синдром, теряет работоспособность на срок до нескольких месяцев и даже лет. Следует иметь ввиду, что ощущение боли и дискомфорта в руках могут быть вызваны не только защемлением срединного нерва, но и повреждением позвоночника (остеохондроз, грыжа межпозвоночных дисков) при котором повреждается нерв, идущий к рукам от спинного мозга.

Профилактика КТС-СЗК

С целью снижения риска получить КТС-СЗК, занимаясь любимым делом, достаточно следовать простым советам. Одни из них связаны с правильной организацией рабочего места (эргономикой), другие направлены на организацию режима труда и отдыха. Главной частью профилактических мероприятий в эргономике - является правильная посадка. Регулируя высоту стола и стула надлежит добиться того, чтобы поясница была расположена к бедрам под углом 90°. Также под углом 90° должно располагаться плечо, относительно предплечья.

При работе с мышкой кисть должна быть на одной прямой линии с предплечьем, для чего используется специальный коврик для мыши с подвижной опорой на колесиках (рис.16).

Организация режима труда и отдыха

При работе с мышкой рекомендуется делать 10-ти минутные перерывы, но это не должен быть пассивный отдых. Это не отдых от движений. Это отдых от клавиатуры и мыши.

Полезно делать упражнение с помощью кистевых пружинных или резиновых эспандеров.

С помощью этих упражнений Вы улучшите кровообращение в мышцах, а также разомнете другие мышцы рук.

Главное, чтобы движения были разнообразными. Следует помнить, что КТС - СЗК возникает у людей не только потому, что они делают монотонные движения, но и потому, что они это делают часами, днями, месяцами.

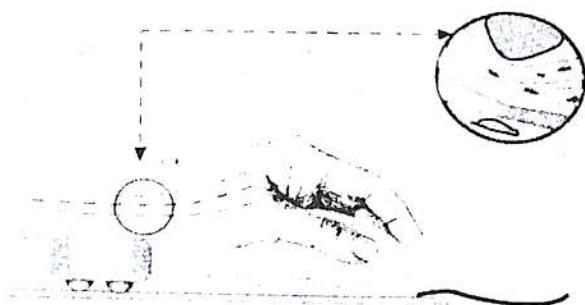


Рис.16. Профилактика КТС

Неудобное положение рук + Длительный изгиб руки в запястье + Большое количество мелких однообразных движений руки

Длительное напряжение мышц кисти

Нарушение кровообращения мышц кисти

Нарушение питания мышц кисти

Отек мышц кисти и сухожилий

Сдавление и защемление в туннели срединного нерва и сосудов

Гипоксия (нарушение питания нерва)

Отек нерва

НАРУШЕНИЕ

Чувствительных функции нерва

- Онемение;
- Болезненность;
- Покалывание в запястье ладони, пальцах.

Двигательных функции нерва

- Неловкость ладони;
- Слабость ладони и пальцев.

Наступает атрофия мышц возвышения большого пальца. Это ведет к уплощению ладони и приведению большого пальца в одну плоскость с указательным. Кисть приобретает форму «обезьяньей»

Рис.17. Схема возникновения туннельного синдрома

Раздел 4. НЕРВНАЯ СИСТЕМА

В организме человека и большинства животных особую роль играет нервная система. Она связывает между собой, интегрирует (объединяет) различные части многоклеточного организма в единое целое. Нервная система регулирует деятельность всех органов и систем, обуславливая их функциональное единство, и обеспечивает связь организма с внешней средой. И. П. Павлов писал: «... деятельность нервной системы направляется, с одной стороны, на объединение, интеграцию работы всех частей организма, с другой - на связь организма с окружающей средой, на уравнивание системы организма с внешними условиями».

Нервная ткань состоит из двух основных компонентов: **нервных клеток** (нейроцитов, нейронов), отличающихся особыми строением и функцией, и **нейроглии (глиальных клеток)**, осуществляющих опорную, трофическую, защитную и разграничительную функции. Нервные клетки и нейроглия образуют морфологически и функционально единую нервную систему.

Нервная клетка (нейрон) – структурная и функциональная единица нервной системы состоит из тела (сомы или перикариона) и различной длины отростков. Различают два вида отростков: дендриты и аксон (нейрит). Нейрон имеет только один аксон - это наиболее длинный отросток. Его концевой аппарат заканчивается на другой нервной клетке, на мышечных клетках (волокнах) или на клетках железистой ткани. По аксону нервный импульс движется от тела нервной клетки к рабочим органам - мышце, железе или к следующей нервной клетке. Количество дендритов (называемых так, поскольку древовидно ветвятся) у разных нейронов различно. Они короткие, их окончания воспринимают нервные раздражение и проводят нервный импульс к телу нейрона (приложение, схема 8).

По количеству отростков, отходящих от сомы, выделяют три основных типа нервных клеток: **униполярные нейроны** (с одним отростком), **биполярные** (с двумя отростками) и **мультиполярные** (с несколькими отростками). Униполярные нейроны имеются у животных разных типов, но особенно широко распространены у беспозвоночных. Мультиполярные нервные клетки – основной вид нейронов позвоночных. Биполярные клетки играют роль так называемых вставочных нейронов (см. ниже). Иногда выделяют еще псевдоуниполярные нейроны, аксон и дендрит которых начинается от одного общего выроста клетки с последующим Т-образным делением.

Основная функция нейрона – это получение, переработка, проведение и передача информации, закодированной в виде электрических и химических сигналов (рис.18). При этом нервная клетка динамически поляризована, т. е. способна пропускать нервный импульс только в одном направлении от дендрита через тело клетки к аксону (нейриту), (прил, схема9).

Клетки нейроглии (глиальные клетки) выстилают полости головного мозга и спинномозговой канал (эпендимоциты), образуют опорный аппарат центральной нервной системы (астроциты) и окружают тела нейронов и их отростки (олигодендроглиоциты). Микроглия, или глиальные макрофаги, осуществляют фагоцитоз. Особую роль глиальные клетки играют в формировании так называемых миелиновых оболочек аксонов, которые формируются у позвоночных в центральной нервной системе (ЦНС) за счет отростков олигодендроглиоцитов, а на периферии за счет шванновских клеток. Эти клетки почти полностью окутывают аксоны, образуя вокруг него многослойную миелиновую «муфту». Непокрытыми остаются лишь узкие участки между муфтами – перехваты Ранвье. Число глиальных клеток в нервной системе примерно на порядок больше числа нейронов.

Нервные волокна – это отростки нервных клеток вместе с покрывающими их оболочками. Различают **миелиновые** и **безмиелиновые нервные волокна**. Безмиелиновые – образованы одним или несколькими отростками нервных клеток (осевыми цилиндрами), каждый из которых погружен в тело глиальной клетки (Шванновской клетки). Скорость

проведения нервного импульса по этому волокну менее 1 м/с. Миелиновые нервные волокна образованы одним осевым цилиндром, окруженным муфтой из Шванновских клеток. Скорость проведения по ним – 70-100 м/с.

Пучки безмиелиновых и миелиновых нервных волокон, покрытые соединительнотканной оболочкой образуют нервы. Соединительнотканная оболочка нерва называется эпиневром. Она проникает в толщу нерва и покрывает пучки нервных волокон (периневрий) и отдельные волокна (эндоневрий). В эпиневром располагаются кровеносные и лимфатические сосуды, которые проникают в эндо- и периневрий и осуществляют питание нерва.

В зависимости от выполняемой функции различают **чувствительные, двигательные и, преимущественно, смешанные нервы.** Первые (чувствительные) образованы дендритами нервных клеток чувствительных узлов черепных нервов или спинномозговых узлов. Двигательные – состоят из аксонов нервных клеток, лежащих в двигательных ядрах черепных нервов или в ядрах передних столбов спинного мозга. Смешанные нервы содержат и те и другие, а также симпатические волокна. Нейроны в нервной системе, вступая в контакт друг с другом, образуют цепи, по которым передаются (движутся) нервные импульсы. **Передача нервного импульса от одного нейрона к другому происходит в местах их контактов и обеспечивается особым рода образованиями, получившими название межнейронных синапсов** (прил., схема10).

Различают **синапсы аксосоматические**, когда окончания аксона одного нейрона образуют контакты с телом следующего, и **аксодендритические**, когда аксон вступает в контакт с дендритами другого нейрона. Кроме того, возможна классификация синапсов по знаку их действия – возбуждающие и тормозящие, а также по способу передачи сигналов – электрические и химические. Химическими называются синапсы, в которых передача осуществляется с помощью биологически активных веществ, а вещества, осуществляющие передачу – нейромедиаторы (например, норадреналин, ацетилхолин, серотонин и др.). Существуют и смешанные – электрохимические синапсы. **Все синапсы, как в ЦНС, также как и периферические, состоят из пресинаптической мембраны, синаптической щели и постсинаптической мембраны.** Контактное построение цепочек нейронов создает возможность для проведения нервного импульса в определенном направлении. Благодаря наличию контактов в одних синапсах и разъединению в других проведение импульса может нарушаться.

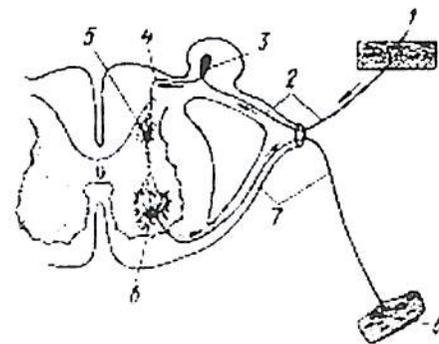


Рис. 18 Схема рефлекторной дуги:

1 - первичное окончание чувствительного волокна, 2 - чувствительное волокно, 3 - спинномозговой узел, 4 - центральная часть чувствительного волокна, 5 - вставочный нейрон, 6 - центробежный нейрон, 7 - двигательное нервное волокно, 8 - первичное окончание в мышце

В нервной цепочке различным нейронам присущи разные функции. В связи с этим выделяют три основных типа нейронов по их морфофункциональной характеристике.

1. Чувствительные, рецепторные, или афферентные, нейроны. Тела этих нервных клеток лежат всегда вне головного или спинного мозга, в узлах (ганглиях) периферической нервной системы. Один из отростков, отходящих от тела нервной клетки, следует на периферию к тому или иному органу и заканчивается там тем или иным чувствительным окончанием - рецептором, который способен трансформировать энергию внешнего воздействия (раздражения) в нервный импульс. Второй отросток направляется в ЦНС, спинной мозг или в стволовую часть головного мозга в составе задних корешков спинномозговых нервов или соответствующих черепных нервов (рис 14).

Различают следующие виды рецепторов в зависимости от локализации:

- 1) **экстероцепторы** воспринимают раздражение из внешней среды. Они расположены в наружных покровах тела, в коже и слизистых оболочках, в органах чувств;
- 2) **интероцепторы** получают раздражение главным образом при изменениях химического состава внутренней среды организма и давления в тканях и органах;
- 3) **проприоцепторы** воспринимают раздражения в мышцах, сухожилиях, связках, фасциях, суставных капсулах.

Рецепцию - восприятие раздражения и начавшееся распространение нервного импульса по нервным проводникам к центрам, И. П. Павлов относил к началу процесса анализа.

2. Замыкательный, вставочный, ассоциативный, или кондукторный, нейрон. Этот нейрон осуществляет передачу возбуждения с афферентного (чувствительного) нейрона на эфферентные. Суть этого процесса заключается в передаче полученного афферентным нейроном сигнала эфферентному нейрону для исполнения в виде ответной реакции. И. П. Павлов определил это действие как «явление нервного замыкания». Замыкательные (вставочные) нейроны лежат в пределах ЦНС.

3. Эффекторный, эфферентный (двигательный, или секреторный) нейрон. Тела этих нейронов находятся в ЦНС (или на периферии - в симпатических, парасимпатических узлах). Аксоны (нейриты) этих клеток продолжают в виде нервных волокон к рабочим органам (произвольным-скелетным и произвольным-гладким мышцам, железам).

Нервную систему человека условно подразделяют по топографическому принципу на центральную и периферическую (прил., схема 11).

К центральной нервной системе (ЦНС) относят спинной мозг и головной мозг, которые состоят из серого и белого вещества. Серое вещество спинного и головного мозга - это скопления нервных клеток вместе с ближайшими разветвлениями их отростков. Белое вещество - это нервные волокна, отростки нервных клеток, имеющие миелиновую оболочку (отсюда белый цвет волокон). Нервные волокна образуют проводящие пути спинного и головного мозга и связывают различные отделы ЦНС и различные ядра (нервные центры) между собой.

Периферическую нервную систему составляют корешки, спинномозговые и черепные нервы, их ветви, сплетения и узлы, лежащие в различных отделах тела человека.

По другой, анатомо-функциональной, классификации единую нервную систему также условно подразделяют на две части: соматическую и автономную (вегетативную).

Соматическая нервная система обеспечивает иннервацию главным образом теломы, а именно кожи, скелетных (произвольных) мышц. Этот отдел нервной системы выполняет функции связи организма с внешней средой при помощи кожной чувствительности и органов чувств.

Автономная (вегетативная) нервная система иннервирует все внутренности, железы, в том числе и эндокринные, произвольную мускулатуру органов, кожи, сосудов, сердца, а также регулирует обменные процессы во всех органах и тканях. *Автономная нервная система в свою очередь подразделяется на симпатическую, парасимпатическую и метасимпатическую части, или отделы.* Это деление имеет определенные структурные и функциональные основания, относящиеся ко всем трем основным звеньям рефлекторной дуги. В симпатической и парасимпатической части, как и в соматической нервной системе, выделяют центральный и периферический отделы. Различия между симпатической и парасимпатической частями нервной системы представлены в табл. 7.

Таблица 7.

Различия между симпатической и парасимпатической отделами нервной системы

(по Грин, Стаут, Тейлор, 1996 с некоторыми изменениями)

Особенности или свойства	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Происхождение нервных волокон	Выходят из грудно-поясничного отдела спинного мозга	Выходят из продолговатого, среднего мозга и крестцовой части спинного мозга
Расположение ганглиев	Рядом со спинным мозгом	Поблизости к эффектору
Длины волокон*	Короткие преганглионарные и длинные постганглионарные	Короткие постганглионарные и длинные преганглионарные
Число волокон	Многочисленные постганглионарные	Немногочисленные постганглионарные
Распределение волокон	Преганглионарные иннервируют обширные области	Преганглионарные иннервируют ограниченные участки
Зона влияния	Действие генерализованное	Действие местное
Медиатор в эффекторе	Освобождается норэдреналин	Освобождается ацетилхолин
Общие эффекты	Повышает интенсивность обмена Усиливает ритмические формы активности Снижает порог чувствительности	Снижает интенсивность обмена Снижает ритмические формы активности Восстанавливает порог чувствительности
Суммарный эффект	Возбуждающий	Тормозящий
В каких условиях активизируется	Доминирует во время опасности, стресса, активности; контролирует реакции на стресс	Доминирует в покое; контролирует обычные, «повседневные» физиологические функции

* Автономная нервная система состоит из нейронов двух типов - **преганглионарных и постганглионарных.** Тела преганглионарных нейронов лежат в спинном и головном мозге, а их немиелинизированные аксоны покидают ЦНС в составе вентральных (у человека передних) корешков сегментарного нерва и образуют синапсы с дендритами постганглионарных нейронов. Тела постганглионарных нейронов находятся в ганглиях (нервном узле), а немиелинизированные аксоны направляются к органу - эффектору.

Метасимпатический отдел нервной системы обладает многими признаками, отличающими его от других отделов. Среди них, например то, что этот отдел иннервирует только внутренние органы, наделенные собственной моторной активностью (сердце, сегменты или полоски матки, мочеточника, желчного пузыря).

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Спинальный мозг

Строение. Представляет собой тяж, расположенный в позвоночном канале и разделенный на две половины. В шейной и поясничной областях тяж имеет утолщения, а на нижнем конце образует мозговой конус, переходящий в концевую нить. На его боковых поверхностях симметрично входят задние (афферентные) и выходят передние (эфферентные) корешки спинномозговых нервов. *Участок спинного мозга, соответствующий каждой паре корешков, называется сегментом.* Спинальный мозг человека состоит из следующих сегментов: 8 шейных (I-VIII), 12 грудных (I-XII), 5 поясничных (I-V), 5 крестцовых (I-V) и 1-3 копчиковых (I-III) (прил. схема 12).

На поперечном срезе спинного мозга видно, что *внутри находится серое вещество* (имеет вид бабочки - образовано телами нервных клеток - около 13 млн. в начале их отростков и клетками глии), *которое окружено со всех сторон белым веществом*, представленным отростками нервных клеток. Совокупность этих отростков составляет три системы пучков (проводящих путей):

1. *короткие пучки ассоциативных волокон*, связывающие сегменты спинного мозга, расположенные на разных уровнях;
2. *восходящие (афферентные, чувствительные) пучки*, направляющиеся к центрам большого мозга и мозжечка;
3. *нисходящие (эфферентные, двигательные) пучки*, идущие от головного мозга к клеткам передних рогов спинного мозга.

Функции спинного мозга:

1. **Рефлекторная.** Как рефлекторный центр спинной мозг способен осуществлять сложные двигательные и вегетативные рефлексы. Афферентными путями он связан с рецепторами, а эфферентными - со скелетной мускулатурой и всеми внутренними органами.

2. **Проводниковая.** Спинальный мозг выполняет проводниковую функцию за счет восходящих и нисходящих путей, проходящих в белом веществе.

Длина спинного мозга, в среднем 45 см у мужчин и 41-42 см у женщин, масса 34-38 г

Головной мозг

Располагается в полости мозгового черепа, форма которого определяется формой мозга, полом, возрастом, некоторыми этническими особенностями. Масса мозга взрослого человека около 1500 г., при очень большом разбросе крайних значений (от 1100 до 2000). Так масса мозга Байрона - 2238 г, Тургенева - 2012 г, Кромвеля - 2000 г, Шиллера - 1871 г.

Головной мозг подразделяется на три основных отдела:

- *ствол*, включающий продолговатый мозг, мост, средний и промежуточный мозг. Именно отсюда выходят черепные нервы;
- *мозжечок*;
- *конечный мозг (полушария большого мозга).*

В плане эмбриогенеза в головном мозге выделяют передний мозг, который подразделяют на конечный и промежуточный, средний, задний и продолговатый (прил. схема 13).

I. Продолговатый мозг.

Строение. Является непосредственным продолжением спинного мозга. Границей между спинным и продолговатым мозгом является место выхода корешков первых шейных спинномозговых нервов. Продолговатый мозг состоит из серого вещества (многочисленные ядра, в том числе IX-XII пар черепных нервов, оливы, центры дыхания и кровообращения, ретикулярная формация) и белого - пучка миелиновых нервных волокон, которые

составляют все чувствительные и двигательные проводящие пути. Большая часть их перекрещивается в продолговатом мозге, так что левое полушарие связано с правой половиной тела и наоборот.

Ретикулярная формация - это совокупность клеток, клеточных скоплений и нервных волокон, расположенных на всем протяжении ствола мозга и центральных отделах спинного мозга.

Функции продолговатого мозга:

1. Рефлекторная:

- а) защитная (кашель, чихание, моргание, слезоотделение, рвота);
- б) пищевая (сосание, глотание, сокоотделение пищеварительных желез);
- в) сердечно-сосудистая (регуляция деятельности сердца и сосудов);
- г) дыхательная (дыхательный центр обеспечивает вентиляцию легких);
- д) контроль объема передаваемой спинным мозгом информации;
- е) распознавание частоты, интенсивности и источника звука;
- ж) установочные рефлексы позы (перераспределение тонуса мышц).

2. **Проводниковая.** Через продолговатый мозг проходят проводящие пути, соединяющие двусторонней связью кору, промежуточный, средний мозг, мозжечок и спинной мозг. Ретикулярная формация получает информацию от всех органов чувств, внутренних и других органов, оценивает ее, фильтрует и передает в лимбическую систему и кору большого мозга. Ретикулярная формация прежде всего выполняет функцию фильтра, который позволяет важным для организма сенсорным сигналам активировать кору мозга и не пропускает привычные для него или повторяющиеся сигналы.

II. К заднему мозгу относится мост, расположенный центрально и мозжечок, лежащий позади него.

У человека **мост** (варолиев мост) достигает небольшого развития и выглядит в виде лежащего поперечно-утолщенного валика. Он состоит из множества нервных волокон, которые связывают кору большого мозга со спинным мозгом и корой полушарий мозжечка. Между нервными волокнами залегает ретикулярная формация, ядра V, VI, VII, VIII пары черепных нервов.

III. Мозжечок. Очень хорошо развит у человека, имеет массу (у взрослого) 120-160 г, и составляет 8-12% массы головного мозга.

Строение. Делится на два развитых полушария и имеет непарную срединную часть - червь. Состоит из серого и белого вещества. Белое вещество, проникая между серым, как бы ветвится и на срединном разрезе напоминает ветвящееся дерево. Кора мозжечка состоит из серого вещества, толщиной до 1,5 мм. Поверхность коры имеет складчатое строение. В толще белого вещества имеются скопления серого - четыре пары ядер. Волокна, связывающие мозжечок с другими отделами мозга, образуют три пары мозжечковых ножек: нижние - связывают с продолговатым мозгом, средние - с мостом, верхние - с четверохолмием.

Функции мозжечка:

1. Регуляция позы и мышечного тонуса.
2. Сенсомоторная координация позных и целенаправленных движений.
3. Координация быстрых целенаправленных движений, осуществляемых по команде из коры больших полушарий.

IV. Средний мозг. Расположен впереди от мозжечка и варолиева моста в виде толстой массы, пронизанный узким центральным каналом (силвиев водопровод), соединяющим полости третьего мозгового желудочка (в промежуточном мозгу) и четвертого (в продолговатом мозге). В строении различают бугорки четверохолмия (крыша среднего мозга) и ножки мозга.

Функции среднего мозга:

1. Рефлекторная:

- а) регуляция тонуса скелетных мышц;
- б) регуляция состояния сна и бодрствования;

в) регуляция эмоциональной активности;

г) участие в ориентировочном рефлексе на свет и звук (первичные зрительные и слуховые центры).

2. Проводниковая.

V. Промежуточный мозг. Состоит из большого количества взаимосвязанных ядер. В его структуре выделяют таламус, гипоталамус, эпифиз и метаталамус.

Таламус (зрительный бугор) – парный, образованный, главным образом, серым веществом, является центром всех видов чувствительности – “коллектор чувствительности”. Связан с лимбической системой, ретикулярной формацией, гипоталамусом, мозжечком, базальными ганглиями. «Является посредником, в котором сходятся все раздражения от внешнего мира и, видоизменяясь здесь, направляются к подкорковым и корковым центрам...» (А.К.Уолкер).

Функции таламуса:

1. Интегративная (объединение всех видов чувствительности), сопоставление и оценка поступающей информации.

2. Эмоциональное поведение (мика, жесты).

Эпифиз. Содержит эпифиз (шишковидное тело) – железу внутренней секреции.

Метаталамус. Является подкорковым центром зрения и слуха.

Гипоталамус. Высший подкорковый центр вегетативной нервной системы.

Функции гипоталамуса:

1. Обеспечение постоянства внутренней среды организма.

2. Центр терморегуляции.

3. Центр регуляции жирового, белкового, углеводного и водно-солевого обмена.

4. Центр жажды, страха, удовольствия и неудовольствия.

5. Регуляция смены состояния сна и бодрствования.

Итак, гипоталамус контролирует все функции организма, кроме ритма сердца, кровяного давления и спонтанных дыхательных движений, которые регулируются продолговатым мозгом.

V. Передний мозг (большие полушария).

Строение. Состоит из двух полушарий, массой около 78% общей массы головного мозга. Полушария состоят из белого вещества, покрытого снаружи серым, или корой, толщиной от 1,3 до 4,5 мм. Кора полушарий имеет упорядоченное горизонтально-вертикальное распределение нейронов. Структурно-функциональная единица – модуль, состоящий из пирамидных, звездчатых и веретеновидных клеток. Кроме того, в состав коры входит нейроглия. Подкорковые образования состоят из белого вещества и ядер серого вещества. Поверхность коры имеет борозды (углубления) и извилины (складки), площадь от 2000 до 2500 см².

Полушария большого мозга отделены друг от друга продольной щелью, в глубине которой видно соединяющее их мозолистое тело, образованное волокнами белого вещества. **Каждое полушарие состоит из пяти долей: лобной, теменной, затылочной, височной и островковой (находится в глубине латеральной борозды).** Границей между лобной и теменной долями является **центральная борозда**, между теменной и затылочной – **теменно-затылочная**, височная доля отделена от остальных **боковой бороздой** (прил., схема 14).

Функции переднего мозга:

1. Обеспечивает сложное поведение.

2. Координирует деятельность всех органов и систем организма.

3. Центры всех рецепторных систем:

а) лобная часть – произвольные движения, центр логического мышления, координирует двигательные механизмы речи;

б) теменная часть – пространственная ориентация, память, связанная с речью и обучением, центр соматической чувствительности;

в) височная часть – слуховой центр, контроль речи, пространственный анализ, центр памяти;

г) затылочная часть – зрительный центр.

Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что при разрушении или удалении определенных участков коры полушарий большого мозга у животных нарушаются определенные функции. Эти факты подтверждаются клиническими наблюдениями за больными людьми при поражениях опухолью или при травмах некоторых участков коры полушарий большого мозга. Все это позволило сделать вывод о том, что в коре большого мозга располагаются центры, регулирующие выполнение тех или иных функций. Морфологическим подтверждением данных физиологии и клиники явилось учение о разнокачественности строения коры полушарий большого мозга в различных ее участках – цито- и миелоархитектоника коры. Начало таких исследований было положено в 1874 г. киевским анатомом В. А. Бецем. Как отмечалось, в результате подобного изучения были созданы специализированные карты мозговой коры. И. П. Павлов рассматривал кору полушарий большого мозга как сплошную воспринимающую поверхность, как совокупность корковых концов анализаторов.

РЕФЛЕКС

И. М. Сеченов отмечал, что **деятельность нервной системы носит рефлекторный характер. Рефлекс (лат. reflexus-отраженный)** – это ответная реакция организма на то или иное раздражение (внешнее или внутреннее воздействие), которая происходит при участии центральной нервной системы (ЦНС).

Реализация рефлекса происходит с помощью совокупности нервных образований, составляющих **рефлекторную дугу**. В ней различают: **рецептор (сенсор), афферентный путь (чувствительное нервное волокно, несущее возбуждение в ЦНС), нервный центр (система нейронов, воспринимающих и передающих возбуждение), эфферентный путь (двигательное нервное волокно, передающее возбуждение к рабочему органу) и эффектор (рабочий орган).** Для осуществления любого рефлекса необходима целостность всех звеньев рефлекторной дуги.

Простейшая рефлекторная дуга, например, коленного рефлекса, состоит только из двух нейронов – афферентного и эффекторного (эфферентного). Как правило, рефлекторная дуга состоит не из двух нейронов, а устроена гораздо сложнее. Между двумя нейронами – рецепторным (афферентным) и эффекторным (эфферентным) – имеется один или несколько замыкательных (вставочных) нейронов. В этом случае возбуждение от рецепторного нейрона по его центральному отростку передается не прямо эффекторной нервной клетке, а одному или нескольким вставочным нейронам. Роль вставочных нейронов в спинном мозге выполняют клетки, лежащие в сером веществе задних столбов.

Интересно отметить, что П. К. Анохин и его школа экспериментально подтвердили **наличие так называемой обратной связи рабочего органа с нервными центрами – «обратную афферентацию».** В тот момент, когда из центров нервной системы эфферентные импульсы достигают исполнительных органов, в них вырабатывается ответная реакция (движение или секреция). Этот рабочий эффект раздражает рецепторы самого исполнительного органа. Возникшие в результате этих процессов импульсы по афферентным путям направляются обратно в центры спинного или головного мозга в виде информации о выполнении органом определенного действия в каждый данный момент. Таким образом, создается возможность точного учета правильности исполнения команд в виде нервных импульсов, поступающих к рабочим органам из нервных центров, и постоянной их коррекции. Существование двусторонней сигнализации по замкнутому, круговому или кольцевому рефлекторным нервным цепочкам «обратной афферентации» позволяет производить постоянные, непрерывные, ежемоментные коррекции любых реакций организма на любые изменения условий внутренней и внешней среды. Без механизмов обратной связи немыслимо приспособление живых организмов к окружающей среде. Так, на смену старым представлениям о том, что в основе деятельности нервной системы лежит

«разомкнутая» (незамкнутая) рефлекторная дуга, пришло представление о замкнутой, кольцевой, цепи рефлексов.

Классификация рефлексов

Различают следующие виды рефлексов:

1. По биологическому значению рефлексы подразделяются на *пищевые, оборонительные, ориентировочные* (ознакомление с изменяющимися условиями среды), *половые* (продолжение рода).

2. По роду рецепторов, с которых они возникают, рефлексы делятся на *экстероцептивные*, возникающие с рецепторов, воспринимающих раздражения из внешней среды: световые, звуковые, вкусовые, тактильные и др.; *интероцептивные*, возникающие с рецепторов внутренних органов: механо-, термо-, осмо- и хеморецепторов сосудов и внутренних органов, и *проприоцептивные* — с рецепторов, находящихся в мышцах, сухожилиях, связках

3. В зависимости от рабочего органа, участвующего в ответной реакции, рефлексы подразделяются на *двигательные, секреторные, сосудистые*.

4. По местонахождению главного нервного центра, необходимого для осуществления рефлекса, они делятся на *спинальные*, например мочеиспускание, дефекация; *бульбарные* (продолговатый мозг) — кашель, чихание, рвота; *мезэнцефальные* (средний мозг) — выпрямление тела, ходьба; *диэнцефальные* (промежуточный мозг) — терморегуляторные; *корковые* — условные рефлексы.

5. В зависимости от продолжительности рефлексы делятся на *фазные и тонические*. Тонические рефлексы длительные, продолжающиеся часами, например рефлекс стояния. Любое животное может стоять часами благодаря длительному сокращению мышц. Все позные рефлексы относятся к тоническим. Они фиксируют определенное положение тела, а на их фоне разыгрываются другие, короткие, фазные рефлексы, обеспечивающие все виды рабочих, спортивных и других движений.

6. По сложности рефлексы можно разделить на *простые и сложные*. Расширение зрачка в ответ на затемнение глаза, разгибание ноги в ответ на легкий удар по сухожилию — простые рефлексы. Примером сложных — регуляция сердечно-сосудистой системы, процесс пищеварения. В этих случаях конец одного рефлекса служит раздражителем для возникновения другого. Возникают так называемые *цепные рефлексы*, протекание которых очень демонстративно можно проследить на примере процесса пищеварения. Произвольное проталкивание комка пищи к задней стенке глотки вызывает раздражение ее рецепторов, и возникает рефлекс глотания. Пища попадает в пищевод и вызывает его сокращение, продвигающее пищевой комок комок ко входу в желудок. Раздражение нижней части пищевода приводит к открытию кардиального жома желудка и поступлению пищи в желудок, а последнее вызывает отделение желудочного сока и т. д. Весь процесс пищеварения — сложная цепь рефлексов.

7. По принципу эффекторной иннервации рефлексы можно разделять на *скелетно-моторные, или соматические* (обеспечивающие двигательные акты скелетной мускулатуры), и *вегетативные* (функции внутренних органов).

8. В зависимости от того, являются ли рефлексы врожденными или приобретенными в процессе индивидуальной жизни, И. П. Павлов подразделял рефлексы на *безусловные* (врожденные) и *условные* (приобретенные).

Огромная заслуга И. П. Павлова состоит в том, что он распространил учение о рефлексе на всю нервную систему, начиная от низших отделов и кончая самыми высшими ее отделами, и экспериментально доказал рефлекторную природу всех без исключения форм жизнедеятельности организма. По мнению И. П. Павлова, простая форма деятельности нервной системы, которая является постоянной, приращенной, видовой и для формирования структурных предпосылок которой не требуется социальных условий, должна обозначаться как безусловный рефлекс.

Кроме этого, существуют приобретаемые в течение индивидуальной жизни временные связи с окружающей средой. Возможность приобретения временных связей позволяет организму устанавливать многообразнейшие и сложнейшие отношения с внешней средой. Эту форму рефлекторной деятельности И. П. Павлов назвал условно-рефлекторной (в отличие от безусловно-рефлекторной). Местом замыкания условных рефлексов является кора большого мозга. Головной мозг и его кора — основа высшей нервной деятельности.

Известно несколько классификаций безусловных рефлексов в соответствии с характером вызывающих их раздражителей, их биологической ролью, связями с определенными отделами ЦНС и др. И. П. Павлов положил в основу разделения безусловных рефлексов анатомический принцип:

- Простые (спинномозговые).
- Усложненные (с участием продолговатого мозга)
- Сложные (с участием среднего мозга).
- Сложнейшие (с участием подкорковых структур и коры полушарий большого мозга).

Безусловные рефлексы подразделяются на *индивидуальные и видовые*. К индивидуальным относятся *рефлексы самосохранения* (пищевой, оборонительный, агрессивный и др.), *рефлексы саморазвития* (исследовательский, игровой, имитационный и др.). *Видовые* — это *рефлексы сохранения вида*, ролевые или социальные (половой, родительский, территориальный и др.).

Система безусловных рефлексов позволяет подготовить себя к осуществлению новых форм поведения и является функциональной основой образования условных рефлексов. Безусловные рефлексы обеспечивают координированную деятельность, направленную на поддержание постоянства многих параметров внутренней среды, взаимодействие организма с внешней средой, согласованную деятельность соматических, висцеральных и вегетативных функций.

В аспекте развития теории автоматического регулирования было выделено 6 уровней организации информационно-управляющей деятельности мозга (А. Б. Коган и др.):

- **Элементарные безусловные рефлексы:** простые ответные реакции местного значения (мигание, при попадании в глаз соринки, отдергивание обожженной руки от горячей сковородки и т. п.).
- **Координационные безусловные рефлексы:** тоже простые, но в отличие от предыдущего уровня включают ряд стереотипных циклов (антагонистический рефлекс, согласующий сокращение сгибательных и разгибательных мышц).
- **Интегративные безусловные рефлексы:** синтез координированных двигательных актов с их вегетативным обеспечением в комплексные реакции определенного биологического значения (простейшие поведенческие акты с их вегетативными компонентами).
- **Сложнейшие безусловные рефлексы:** слюноотделительный безусловный рефлекс, ориентировочный безусловный рефлекс и др.

Два остальных уровня представляют собой элементарные условные рефлексы и сложные формы высшей нервной (психической) деятельности (см. ниже)

Условные рефлексы образуются в течение индивидуальной жизни организмов и не являются постоянными, они могут исчезать и вновь появляться в зависимости от изменяющихся условий среды и состояния организма. Временный характер условного рефлекса обеспечивается не только процессом возбуждения, но и торможения, которые в совокупности и определяют динамику условно-рефлекторной деятельности.

Существует множество классификаций условных рефлексов, каждая из которых строится на одном ведущем факторе, положенном в его основу. Например, условные рефлексы классифицируют по *особенностям безусловного подкрепления* (положительные — подкрепляемые и отрицательные, или тормозные — неподкрепляемые) и по *характеру*

условного сигнала (эстероцептивные – зрительные, слуховые, обонятельные и т.д. и интерорецептивные – условные рефлексы от внутренних органов – химические, температурные и т.п.). Внутри этих групп также возможно свое деление.

Среди общих признаков условных рефлексов можно выделить следующие (А.С.Багуев, 1991):

1. Условные рефлексы носят приспособительный характер, что делает поведение наиболее пластичным, подогнанным к конкретным условиям среды.
2. Любые условные рефлексы требуют для своего участия высших отделов головного мозга.
3. Условные рефлексы приобретаются и отменяются в индивидуальной жизни каждой конкретной особи.
4. Условный рефлекс имеет сигнальный характер, т.е. предшествует, предупреждает последующее возникновение безусловного рефлекса, подготавливая к нему организм.

Таким образом, условные рефлексы – это индивидуально приобретенные системные приспособительные реакции животных и человека, возникающие на основе образования в ЦНС временной связи между условным (сигнальным) раздражителем и безусловно-рефлекторным актом.

Для образования условного рефлекса необходимо:

1. Сочетание двух раздражителей: условного с безусловным.
2. Чтобы действие условного раздражителя предшествовало действию безусловного.
3. Чтобы условный раздражитель был физиологически более слабым по сравнению с безусловным.
4. Отсутствие отвлекающих посторонних раздражителей.
5. Иметь здоровый организм в состоянии бодрствования

В формировании условного рефлекса различают две стадии: начальную – стадию генерализации условного рефлекса и конечную – стадию концентрации условного рефлекса. На стадии генерализации условно-рефлекторное действие приобретают не только подкрепляемый условный сигнал, но и сходные с ним раздражители. На второй стадии – концентрации, вырабатывается ответ лишь на подкрепляемый сигнал, тогда как все остальные сходные по качеству раздражители становятся неэффективными. Многие условные рефлексы после их стабилизации и закрепления становятся автоматическими действиями.

В образовании условного рефлекса и его осуществлении участвует процесс возбуждения. С ним неразрывно связан другой активный процесс – торможение. Именно эти два процесса И.П.Павлов назвал подлинными творцами нервной деятельности и считал, что баланс между ними, определяет внешнее поведение животных и человека. Исходя из этого, он выдвинул собственную схему классификации видов торможения при условно-рефлекторной деятельности.

И.П.Павлов различал два основных вида торможения:

- **Внешнее (безусловное) торможение** – под которым понимают срочное подавление текущей условно-рефлекторной деятельности при действии посторонних для нее раздражений, вызывающих ориентировочный или какой-либо другой безусловный рефлекс. По механизму своего возникновения этот тип торможения относят к врожденным.
- **Внутреннее (условное) торможение** – к этой форме условно-рефлекторной деятельности относят те случаи, когда условный раздражитель перестает подкрепляться безусловным. В отличие от предыдущего – это выработанное торможение, возникающее не срочно, не сразу, а развивающееся медленно по общим законам условных рефлексов.

Основные черты условного торможения следующие:

1. Оно развивается при неподкреплении раздражителей, которые постепенно приобретают свойства условного тормозного или отрицательного сигнала.
2. Оно поддается тренировке.
3. Способность к разным проявлениям условного торможения зависит от индивидуальных свойств нервной системы: у возбудимых индивидуумов оно вырабатывается труднее и медленнее.
4. Оно зависит от физиологической силы безусловного рефлекса, подкрепляющего положительный условный сигнал.
5. Оно зависит от прочности ранее выработанного условного рефлекса.
6. Условное торможение может взаимодействовать с безусловным, в этих случаях возникает явление **растормаживания**.

И.П. Павлов разделил условное торможение на 4 вида: угасательное, дифференцировочное, условный тормоз и торможение запаздывания.

Именно процесс торможения делает условные рефлексы механизмом тонкого, точного и совершенного приспособления к окружающей среде.

Одним из важнейших механизмов формирования условно-рефлекторной деятельности является доминанта, учение о которой разработано А.А.Ухтомским. Доминанта – это временно господствующая рефлекторная схема, которая в данный момент направляет работу нервных центров. Важное значение в условно-рефлекторной деятельности имеет динамический стереотип. Динамический стереотип – это система условно-рефлекторных актов, в котором каждый последующий рефлекс вызывается завершением предыдущего рефлекса. Динамический стереотип является основой привычек человека, основой его профессиональных навыков.

Исследования И.П.Павловым взаимоотношений возбуждения и торможения, их силы и продолжительности, позволило выделить четыре основных типа высшей нервной деятельности человека (ВНД):

1. **неуравновешенный тип** с преобладанием процессов возбуждения над процессами торможения;
2. **уравновешенный тип** с большой подвижностью нервных процессов;
3. **уравновешенный тип** с малой подвижностью нервных процессов;
4. **слабый тип** со слабо развитыми процессами возбуждения и торможения.

Эти типы ВНД соответствуют четырем типам темпераментов (характеров) человека. Со времен Гипократа **неуравновешенный тип** с преобладанием процессов возбуждения относят к холерическому темпераменту; **уравновешенный тип** с большой подвижностью процессов возбуждения и торможения – сангвиническому темпераменту; **уравновешенный тип** с малой подвижностью нервных процессов присущ флегматичным людям; **слабый тип** со слабо развитыми процессами возбуждения и торможения присущ меланхоликам. Однако, следует отметить, что людей с абсолютно «чистым» типом темперамента не существует, у конкретного человека преобладает какой-либо из типов.

Раздел 5. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

Эндокринная и нервная системы действуют координировано, поддерживая постоянство внутренней среды организма (прил. схема 15). Нервная система передает сигналы в виде нервных импульсов, а эндокринная система использует для этого вещества, переносимые кровью (Табл.8).

При очевидном различии в механизме передачи информации общим для этих систем является высвобождение химических веществ в качестве средств коммуникации (общения и связи) между клетками.

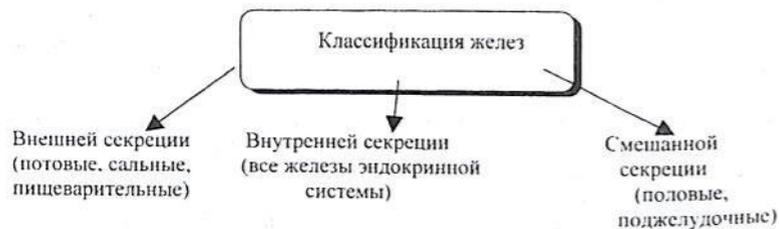
Главная роль обеих систем состоит в регулировании, интеграции и координации важнейших форм жизнедеятельности.

Таблица 8

РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ НЕРВНОЙ И ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМАМИ

Нервная система	Эндокринная система
1. Информация передается по аксонам в виде нервных импульсов(передача химическим путем лишь в синапсах)	1. Информация передается химическими веществами через кровеносное русло
2. Передача быстрая	2. Передача медленная
3. Ответ наступает тотчас же	3. Ответ обычно развивается медленно
4. Ответ кратковременный	4. Ответ продолжительный
5. Ответ четко локализован	5. Ответ обычно генерализованный

В организме имеются железы двух типов – экзокринные (внешней секреции) и эндокринные (внутренней секреции - в кровь, лимфу, спинномозговую жидкость) (рис.19).



В нормальном состоянии существует гармоничный баланс между активностью эндокринных желез, состоянием нервной системы и ответом тканей-мишеней (тканей), на которые направлено воздействие (табл. 9) Любое нарушение в каждом из этих звеньев быстро приводит к отклонениям от нормы. Избыточная или недостаточная продукция гормонов служит причиной различных заболеваний, сопровождающихся глубокими химическими изменениями в организме.

Таблица 9

Сравнение желез внешней и внутренней секреции

Железы внешней секреции (экзокринные)	Железы внутренней секреции (эндокринные)
1. Имеют выводные протоки	1. Выводные протоки отсутствуют
2. Секрет выводится за пределы органов или организма	2. Секрет выделяется в кровь
3. Секрет выделяется периодически	3. Секрет выделяется непрерывно, но по потребностям организма
4. Состав секрета очень разнообразен (ферменты, соли, вода, продукты обмена веществ и т.д.)	4. В состав секрета обязательно входят гормоны

Эндокринные железы выводных протоков не имеют. Продукты желез внутренней секреции – гормоны (от греч. *Ногмао* - двигаю, побуждаю) - специфические химические соединения.

Ферменты (энзимы) - биологические катализаторы белковой природы, образуемые любой живой клеткой и обладающие способностью активизировать различные химические реакции, происходящие в организме (см. пищеварение).

Гормоны - биологически высокоактивные вещества, оказывающие специфическое действие на обмен веществ, рост и развитие организма. По химической природе все гормоны позвоночных можно разделить на 4 группы:

1. производные аминокислот;
2. пептиды и белки;
3. стероиды;
4. жирные кислоты.

В отдельную группу выделяют **гормоны местного действия** - это вещества, обладающие гормоноподобным действием, они образуются отдельными клетками организма в результате процессов обмена веществ. К ним относятся **гастрин** (вырабатывается в желудке и стимулирует секрецию желез дна желудка), **гистамин** (вызывает расширение капилляров и сужение крупных сосудов, влияет на процессы сокращения гладкой мускулатуры и стимулирует секрецию соляной кислоты (HCl) в желудке, **брадикинин** (вызывает расширение сосудов и сокращение гладкой мускулатуры) и т.д.

Физиологическое действие гормонов направлено на: 1) обеспечение гуморальной, т.е. осуществляемой через кровь, регуляции биологических процессов; 2) поддержание целостности и постоянства внутренней среды, гармоничного взаимодействия между клеточными компонентами тела; 3) регуляцию процессов роста, созревания и репродукции.

Гормоны регулируют активность всех клеток организма. Они влияют на остроту мышления и физическую подвижность, телосложение и рост, определяют рост волос, тональность голоса, половое влечение и поведение. Благодаря эндокринной системе человек может приспосабливаться к сильным температурным колебаниям, излишку или недостатку пищи, к физическим и эмоциональным стрессам. Изучение физиологического действия эндокринных желез позволило раскрыть секреты половой функции и чудо рождения детей, а также ответить на вопрос, почему одни люди высокого роста, а другие низкого, одни полные, другие худые, одни медлительные, другие проворные, одни сильные, другие слабые.

В регулировании секреции гормонов могут участвовать следующие механизмы:

1. присутствие в крови специфического метаболита, т.е. продукта обмена веществ (например: избыток глюкозы > поджелудочная железа > гормон инсулин > снижение уровня глюкозы в крови);
2. присутствие в крови другого гормона;
3. стимуляция со стороны вегетативной нервной системы (при беспокойстве и стрессе выделяется гормон адреналин и норадреналин)

Многие гормоны имеют в своей молекуле специфические участки, ответственные за присоединение к рецептору. Будучи связан с рецептором, гормон может воздействовать на:

- * плазматическую мембрану;
- * на фермент, находящийся на этой мембране;
- * на клеточные органеллы;
- * на участки молекулы ДНК, отвечающие за синтез определенных белков.

Гормоны обладают специфичностью и воздействуют только на те клетки - мишени, которые обладают специальными рецепторами белковой природы, реагирующие с данным гормоном.

У клеток, не являющихся мишенями для данного гормона, таких рецепторов нет, поэтому гормон не оказывает на них влияния.

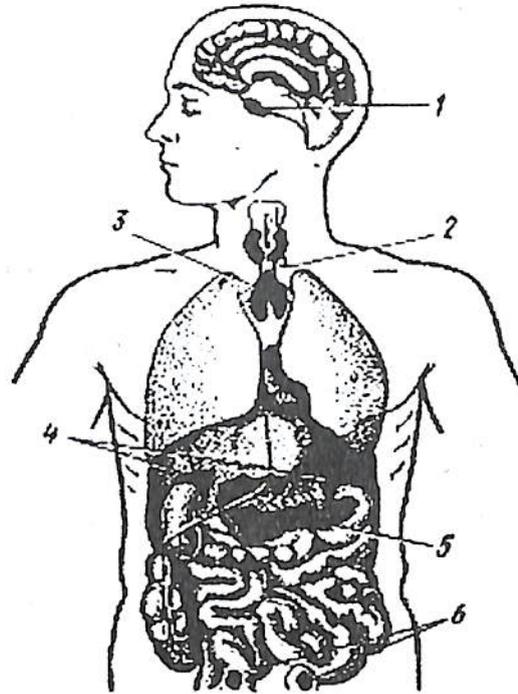


Рис. 19. Местоположение эндокринных желез человека:

1 - гипофиз, 2 - щитовидная железа, 3 - зубная железа, 4 - надпочечники, 5 - поджелудочная железа, 6 - половые железы

Главнейшие железы внутренней секреции: гипофиз, поджелудочная железа, надпочечники, щитовидная железа, околощитовидная или парашитовидная железа, зубная или вилочковая железа, половые железы, эпифиз или шишковидная железа (рис. 19, табл.10).

Поджелудочная железа и половые железы наряду с внутренней секрецией обладают и внешнесекреторной функцией, т.е. являются железами **смешанной секреции**.

Физиологическое значение гормонов обнаруживается при различных заболеваниях, связанных с нарушением функции желез внутренней секреции.

Эти нарушения состоят как в повышении функции желез - **гиперфункции**, так и в понижении или недостаточности функции - **гипофункции**.

1. **Гипофиз** или нижний придаток мозга расположен в углублении турецкого седла черепа. Это небольшая железа овальной формы, массой около 0.5 г состоит из трех частей: передней, промежуточной и задней.

Гормоны	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
передняя доля АКГ - адренокортикотропный гормон	регулирует активность коры надпочечников	усиление гормональной активности	глубокие изменения в обмене веществ, приводящие к общему ожирению или резкому исхуданию
передняя доля ГГГ - гонадотропные гормоны: Фолликулостимулирующий	регулирует активность половых желез у самок ускоряет развитие в яичниках фолликулов, у самцов - ускоряет развитие семенников	усиление гормональной активности	ослабление гормональной активности, атрофия половых органов
Лютеинизирующий	ведет к усилению образования половых гормонов стимулирует образование прогестерона		
Пролактин или лактогенный			
передняя доля ГГГ - тиреотропный гормон	регулирует активность щитовидной железы	усиление гормональной активности	то же
передняя доля СТГ - соматотропный гормон	стимулирует в норме рост молодых животных, повышает синтез белков, влияет на жировой и углеводный обмен.	Гигантизм 240-250см. Во взрослом возрасте - увеличение отдельных частей тела - акромегалия	Карликовость при нормальной психике
Промежуточная доля интермедин	регулирует кожную пигментацию	усиление потемнения кожи	ослабление потемнения кожи ослабление функции половых желез
задняя доля вазопрессин (антидиуретический гормон)	регулирует содержание воды в организме	нарушение водного обмена	Несахарное мочеизнурение. Жажда, выделяется до 10 л. воды
задняя доля окситоцин	усиливает сокращение матки во время родов и секрецию молока	усиливает процесс	ослабляет процесс, ослабление функции половых желез

1. **Эпифиз, или шишковидная железа.** Расположена на заднем конце зрительных бугров и четверохолмия. Крошечная железа весом около 150мг. Секреторная функция свойственна только в молодом возрасте

Гормоны	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
мелатонин (действие угнетается под влиянием света)	у неполовозрелых млекопитающих задерживает половое развитие. у половозрелых - тормозит функцию половых желез	ожирение угнетает образование в гипофизе ГГГ	раннее половое созревание с преждевременным развитием вторичных половых признаков (в 8-10 лет мальчики - взрослые мужчины)

3. **Щитовидная железа.** Расположена в передней области шеи. Вся кровь проходит через эту железу один раз в час. Состоит из двух половинок, соединенных перешейком. Масса около 30-40г. У женщин больше, чем у мужчин. Состоит из множества долек с фолликулами (рис.20).

Гормоны	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
Иодосодержащие: тироксин и трийодтиронин	влияют на рост, физическое и психическое развитие, обмен веществ, клеточное дыхание	Базедова болезнь - пучеглазие, сильное чувство голода, повышенная возбудимость Ц.Н.С., повышенный обмен веществ	Кретинизм и карликовость - в молодом возрасте Микседема - во взрослом состоянии - отечность, выпадение волос, зубов, снижение возбудимости Ц.Н.С. Эндемический зоб - увеличивает число и размер фолликулов
Тиреокальцитонин	уменьшает содержание кальция в крови, усиливая его переход в костную ткань	Тиреотоксикоз - увеличение диуреза, повышение обмена веществ, бессонница. Потеря веса, поносы, потливость	

4. **Околощитовидная железа (или парашитовидная).** Расположена на задней поверхности щитовидной железы, иногда и вне ее. Это четыре небольшие железы, по две с каждой стороны. Общая масса около 0,9 г.

Гормоны	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
Паратгормон	Регулятор содержания кальция и фосфора в организме	Отложение кальция в необычных местах - сосудах, аорте, почках	Тетания - приступы судорог, размягчение костей. Гипопаратиреоз

5. **Тимус или зобная железа.** Орган детского и юношеского возраста. Расположена в грудной полости за грудиной. Орган с нечетко выясненной эндокринной функцией. Делится на две доли, состоит из железистых клеток и клеток ретикуло-эндотелиальной ткани. Вес и размеры изменяются с возрастом(около 37-38 г.).

Активные вещества	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
Тимозин Тимопоэтин Тимусный гуморальный фактор	Центральный орган иммунитета. Производит Т-лимфоциты, антигенраспознающие клетки, регулирующие выработку антител. Участвует в формировании иммунитета	Ожирение	Торможение роста, потеря веса, похудание, нарушение минерального и белкового обмена Усиление роста половых желез

6. **Надпочечники.** Маленькие уплощенные парные железы желтоватого цвета, расположенные над верхними полюсами обеих почек. Правый и левый надпочечники различаются по форме: правый треугольный, а левый в форме полумесяца. Это эндокринные железы, т.е. выделяемые ими вещества (гормоны) поступают непосредственно в кровоток и участвуют в регуляции жизнедеятельности организма. Средний вес одной железы от 3,5 до 5 г. Каждая железа состоит из двух анатомически и функционально различных частей: внешнего коркового и внутреннего мозгового слоев (прил., схема 16).

Гормоны	Воздействие на организм		
	норма	гиперфункция	гипофункция
Корковый слой Кортикостероиды: Минералкортикоиды: Альдостерон, Кортикостерон. Глюкокортикоиды гидрокортизон, кортизон.	влияют в основном на минеральный и водный обмен действуют на обмен углеводов, жиров, белков	У взрослых женщин иногда появляются мужские половые признаки, у мужчин разрастаются грудные железы, атрофируются половые органы. Наблюдается Синдром Кушинга отложение жира в области живота, диабет, чрезмерное оволосение, преждевременное половое созревание	Бронзовая болезнь (аддисонова болезнь) - бронзовый оттенок кожи. Слабость, похудание. Удаление надпочечников ведет к потере аппетита, понижению температуры, одышке, апатии, параличу, и в конечном итоге, к смерти.
Стероидные гормоны: Эстрон, прогестерон, адреностерон	действуют как половые гормоны	преждевременное половое созревание	Недоразвитие половых органов

Мозговой слой Адреналин	возбуждает симпатическую нервную систему и повышает возбудимость. Действует на углеводный обмен	повышение основного обмена, температуры тела, пульса, давления	после удаления резкое снижение возбудимости.
Норадреналин	повышает кровяное давление, поддерживает тонус кровеносных сосудов	резкое сужение всех сосудов	После удаления: резкое снижение кровяного давления, слабость, выводится много натрия с мочой

7. **Поджелудочная железа.** Орган и внешней и внутренней секреции. Установлено, что в ней наряду с секреторным эпителием, выделяющим пищеварительный сок через протоки в 12-ти перстную кишку, существуют особые группы клеток (альфа, бета и дельта клетки) - островки Лангерганса, которые не имеют выводных протоков и выделяют свой секрет непосредственно в кровь. Дельта -клетки выделяют гормон - соматостатин.

Воздействие на организм			
Гормоны	норма	гиперфункция	гипофункция
Инсулин(бета-клетки)	синтез гликогена; интенсивное окисление глюкозы в тканях; нормализация жирового обмена;	Гипогликемический шок - резкое уменьшение содержания глюкозы в крови; сильные судороги, понижение температуры тела, потеря сознания	Сахарный диабет Диабетическая кома-расстройство дыхания, потеря сознания
Глюкагон (альфа-клетки)	снижение расщепления белка расщепление гликогена в печени и мышцах расщепление жира в жировой ткани	усиление действия Гипергликемия	ослабление действия

8. **Половые железы.** Семенники (яички) и яичники. Их деятельность регулируется Ц.Н.С.. гормонами гипофиза и эпифиза. Вещства, близкие к гормонам яичников вырабатывает плацента.

Воздействие на организм			
Гормоны	норма	гиперфункция	гипофункция
Андрогены - мужские половые гормоны; производные стероидов - тестостерон и андростерон	обеспечение способности выполнять половые функции. Половое созревание, развитие	преждевременное половое созревание	при кастрации у взрослых мужчин нарушение обмена веществ, ожирение, повышение голоса Интерсексуальность

Гормоны	норма	гиперфункция	гипофункция
Эстрогены - женские половые гормоны - эстрон, эстрадиол, прогестерон	обеспечение способности выполнять половые функции. Половое созревание, развитие вторичных половых признаков. Возникновение половых циклов, обеспечение нормального протекания беременности	преждевременное половое созревание	При кастрации до полового созревания не развиваются вторичные половые признаки, нарушается психика, понижается голос Интерсексуальность

Таблица 11

Основные эндокринные железы и их гормоны

Железа	Гормон	Физиологическое действие
1	2	3
Гипофиз	1. Соматотропный гормон (гормон роста) 2. Тиреотропный гормон 3. Адrenокортикотропный гормон (АКТГ) 4. Фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) 5. Лютеинизирующий гормон (ЛГ) 6. Пролактин 7. Вазопрессин (антидиуретический)	Регулирует рост костей, общий рост тела; действует на белковый, жировой и углеводный обмен Стимулирует рост щитовидной железы и образование гормона тироксина Стимулирует рост коры надпочечников и образование в ней гормонов № 4 и 5 стимулируют работу женских и мужских половых органов Поддерживает секрецию гормонов яичниками; стимулирует образование молока; регулирует "материнский инстинкт" Стимулирует сокращение гладких мышц; оказывает антидиуретическое действие на почки

	8. Окситоцин	Стимулирует сокращение мышц матки и секрецию молока
Эпифиз	Мелатонин (метоксинидол)	Тормозит функцию яичников
Щитовидная железа	1. Тироксин 2. Трийодтиронин 3. Тиреокальцитонин	Повышают активность основного обмена Регулятор кальциевого обмена, хранитель кальция в костях
Поджелудочная железа (смешанная секреция)	1. Инсулин 2. Глюкагон	Стимулирует обмен глюкозы, понижает концентрацию сахара в крови Стимулирует превращение гликогена печени в глюкозу крови
Надпочечники	1. Адреналин (эпинефрин) 2. Норэпинефрин (норэпинефрин) 3. Гидрокортизон (кортизол) 4. Альдостерон 5. Кортикостерон	Усиливает действие симпатических нервов; стимулирует расщепление глюкозы печени, мышц Вызывает сужение кровеносных сосудов № 3, 4, 5 регулируют процессы метаболизма и роста тела, а также деятельность почек и мышечный тонус
Яичники (гормоны - эстрогены)	1. Эстроген 2. Прогестерон	Обеспечивает развитие женских половых органов, появление вторичных половых признаков Подготавливает эндометрий к имплантации оплодотворенной яйцеклетки, препятствует началу менструации
Яички (гормоны - андрогены)	Тестостерон	Обеспечивает развитие мужских половых признаков и вторичных половых признаков
Слизистая двенадцатиперстной кишки	1. Холецистокинин 2. Секретин	Стимулирует желчеотделение Стимулирует выделение панкреатического сока

Связь вегетативной нервной системы и желез внутренней секреции состоит в том, что:

1. функции желез внутренней секреции аналогичны действию вегетативной нервной системы;
2. некоторые железы внутренней секреции можно рассматривать как периферические органы вегетативной нервной системы;
3. гормоны оказывают влияние на функциональное состояние вегетативной нервной системы.

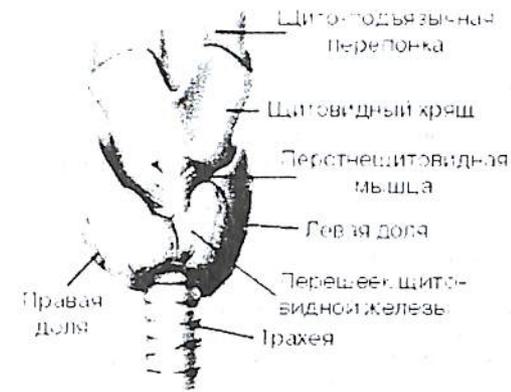


Рис.20. НАРУЖНОЕ СТРОЕНИЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ (вид спереди)

Раздел 6. СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Сенсорная система - совокупность структур центральной нервной системы: связанных нервными путями с рецепторным аппаратом и друг с другом; предназначенных для анализа раздражителей одной и той же природы с последующим кодированием внешнего сигнала.

У человека различают *зрительную, слуховую, вестибулярную, обонятельную, вкусовую, тактильную и проприоцептивную* и др. сенсорные системы.

Зрительная сенсорная система - сенсорная система, обеспечивающая: кодирование зрительных раздражителей; зрительно-моторные координации.

Посредством зрительной сенсорной системы животные воспринимают предметы и объекты внешнего мира, степень освещенности и длину светового дня.

Слуховая сенсорная система - сенсорная система, обеспечивающая кодирование акустических стимулов и обуславливающая способность животных ориентироваться в окружающей среде посредством оценки акустических раздражителей. Периферические отделы слуховой системы представлены органами слуха и лежащими во внутреннем ухе фоторецепторами.

Вестибулярная сенсорная система - сенсорная система: обеспечивающая восприятие и кодирование раздражителей, идущих от органов гравитации; включающая систему проведения возбуждения от вестибулярных рецепторов по нейронам вестибулярного ганглия;

- обеспечивающая осуществление ряда рефлексов, благодаря которым животные противодействуют ускорениям и поддерживают нормальную ориентацию по отношению к вектору силы тяжести.

Обонятельная сенсорная система - сенсорная система, объединяющая специализированные хеморецепторы основного и добавочного органов обоняния и центральные отделы.

Вкусовая сенсорная система - система специализированной хеморецепции, обеспечивающая кодирование химических стимулов и опосредующая способность животных воспринимать качество пищевых веществ и химических компонентов окружающей среды.

Соматосенсорная система - совокупность сенсорных систем, обеспечивающих кодирование температурных, болевых, тактильных раздражителей, воздействующих непосредственно на тело человека.

Проприоцептивный анализатор - сенсорная система, обеспечивающая кодирование информации об относительном положении частей тела.

Рецепторным звеном проприоцептивного анализатора являются проприорецепторы, активность которых передается в центральную нервную систему нейронами спинальных и черепно-мозговых ганглиев, в мозге - по лемнисковому и экстралемнисковому путям.

Висцеральная сенсорная система - сенсорная система:

- осуществляющая кодирование раздражений;
- воздействующая на интерорецепторы; - обеспечивающая протекание интероцептивных рефлексов;

- способствующая генерации и реализации различных мотиваций и настройке организма на определенный вид деятельности за счет связей с другими сенсорными системами и лимбическими образованиями.

Речедвигательная сенсорная система - совокупность образований, обеспечивающих в норме реализацию речевой способности человека в виде воспроизведения устной, вокальной, письменной и, возможно, внутренней речи.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ СЕНСОРНЫМИ КАНАЛАМИ ЧЕЛОВЕКА

Между воспринимающими каналами человека информация распределяется на основе психологического восприятия информации различными анализаторами. Необходимо также учитывать взаимодействие и взаимное влияние анализаторов, их устойчивость к воздействию различных факторов среды: гипervесомости и невесомости, вибрации, гипоксемии, изменение способности к восприятию информации в процессе длительной работы и др. Весьма существенное значение имеет вид информации, условия ее приема, а также характер деятельности оператора.

Выбор канала восприятия в зависимости от вида информации

Передача количественной информации. Для передачи количественной информации используются зрительный, слуховой и кожный каналы восприятия. Выбор канала обуславливается числом градаций признака.

1. Зрительный канал обеспечивает наибольшую точность определения величины признака, особенно при использовании цифровых кодов, шкал, изменений положений указателей приборов. Он позволяет сравнивать и измерять информацию одновременно по нескольким признакам. Наименьшая точность наблюдается при кодировании величины яркостью.

2. Слуховой канал по точности восприятия количественной информации может конкурировать со зрительным только при передаче количественной информации в виде речевых сообщений. Точность приема количественной информации, закодированной с помощью частоты или интенсивности звукового сигнала, повышается при использовании

эталонов сравнения. Человек способен воспринять до 16 - 25 градаций тональных сигналов, различающихся по высоте или громкости.

3. Кожный канал при передаче количественной информации значительно уступает зрительному и слуховому каналу. С его помощью можно передать более 10 градаций величины за счет использования частоты вибротактильных или электрокожных сигналов (после соответствующей тренировки).

Передача многомерных сигналов

Использование многомерных сигналов, различающихся по нескольким признакам, способствует более экономной передаче информации. С точки зрения возможности приема многомерной информации различные воспринимающие каналы человека не являются идентичными.

1. Зрительный канал, обладающий хорошо выраженными аналитическими свойствами, позволяет одновременно использовать несколько признаков в сигнале. Информация для этого канала восприятия может быть закодирована одновременно с помощью интенсивности и цвета световых раздражителей, формы, площади, пространственного расположения сигналов, отношений их отдельных параметров. Способность к поэлементному анализу большого числа отдельных составляющих сложного сигнала позволяет воспринимать с помощью этого канала большой объем информации, несмотря на то, что по шкалированию некоторых из них (например, интенсивности, частоты), зрительный анализатор не обладает выраженными преимуществами по сравнению с другими анализаторами. Значительно повышает пропускную способность данного канала по отношению к многомерным кодовым сигналам синтез различных компонентов сигналов в единый зрительный образ. В этом отношении большую роль играет наличие возможности одновременного восприятия нескольких пространственно разобщенных зрительных образов.

2. Слуховой канал позволяет использовать при передаче многомерных звуковых сигналов интенсивность и частоту, тембр и ритм. Распределение частот по октавам и модулирование звуковых сигналов также повышает их распознаваемость. Однако общий набор сигналов и возможность варьирования ими для этого анализатора меньше, чем для зрительного. Значительно ограничивает использование этого канала трудность приема и анализа информации, поступающей одновременно более чем от одного источника сигналов.

3. Кожный канал обладает меньшими возможностями для приема многомерных сигналов, чем два предыдущих. При передаче по нему многомерных сигналов практически могут быть использованы частота сигналов и их пространственная локализация.

Передача информации о положении объектов в пространстве

1. Зрительный канал дает самую полную информацию о положении наблюдаемых объектов в пространстве (по трем координатам). Большая точность в оценке пространственной и пространственных отношений обеспечивается за счет выраженной аналитической способности зрительного анализатора, константности восприятия, визуализации представлений, широкой возможности оперирования пространственными зрительными образами.

2. Кожный канал при передаче этой информации можно поставить на второе место. Он обеспечивает определение положения объекта в пространстве по двум координатам при непосредственном соприкосновении с объектом и при дистанционном определении положения его в пространстве за счет искусственных кодовых признаков. Такими кодовыми признаками могут быть частота вибротактильных или электрокожных сигналов и их локализация. Применение для этого изменения амплитуды, величины и площади давления тактильных сигналов ограничивается быстрым развитием адаптации в тактильном анализаторе.

3. Слуховой канал при бинауральном восприятии обеспечивает высокую точность определения направления на источник звука. Когда же применяется искусственный код

(обычное изменение частоты акустического сигнала, его тона), точность локализации оказывается ниже, чем при использовании зрительного и кожного анализаторов. В основном, в этом случае с помощью слухового анализатора можно определять изменение положения объекта в пространстве только по одной координате.

Восприятие времени

Точность восприятия временных интервалов зависит от их длительности, от того, заполнены они или не заполнены раздражителем и от ряда других причин. Наибольшая точность отмечается при оценке заполненных временных интервалах.

1. Слуховой канал обеспечивает наибольшую точность в оценке временных характеристик сигналов (их длительности, темпа, ритма и т.п.). Ошибка в воспроизведении 3-, 5-, 10- секундных заполненных временных интервалов составляет при использовании слухового анализатора 1.2 - 4.7 % заданных стандартов.

2. Кинестетический канал также может успешно использоваться для передачи информации по параметру длительности. При поступлении по этому каналу заполненных временных интервалов длительностью в 4.8 и 9.1 с, ошибка в точности воспроизведения колеблется в пределах 6.4 - 16 %.

3. Тактильный канал по точности оценки времени занимает третье место. Ошибка точности воспроизведения 5, 10 - секундных интервалов при использовании этого анализатора составляет 7.4 - 24.8 % определяемых величин.

4. Зрительный канал обеспечивает наименьшую точность передачи временной информации. При поступлении сигналов в этот канал наблюдается меньшая точность и большая флюктуация в оценке длительности временных интервалов, чем при поступлении их по слуховому, кинестетическому и тактильному каналам. Ошибка в точности воспроизведения 3-, 5- и 10- секундных интервалов времени при использовании зрительного анализа составляет 13.8 - 18 % стандарта, а флюктуация - 1.2 - 2.9 с.

Передача информации об аварийных ситуациях

Сигналы, несущие информацию об аварийных ситуациях, можно подразделить на предупреждающие и сигналы, свидетельствующие об аварии и переключающие человека на деятельность по новому алгоритму. Предупреждающие сигналы не должны нарушать заданного режима рабочей деятельности. Следствием аварийных сигналов должно быть изменение алгоритма работы для предотвращения развития аварийной ситуации и восстановления нормального функционирования системы. Для передачи предупреждающего сигнала можно использовать любой канал связи (зрительный, слуховой, тактильный). Выбор его зависит от структуры деятельности, загруженности того или иного анализатора и вида алгоритма, на который должен быть переключен оператор. Выбор канала связи для передачи аварийного сигнала обуславливается тем, что сигнал должен быть обязательно и немедленно воспринят при любых обстоятельствах, не зависимо от характера работы.

1. Слуховой канал восприятия при передаче информации об аварийном состоянии имеет те преимущества, что слуховой анализатор обладает выраженной способностью к экстренной мобилизации. Звуковой сигнал хорошо воспринимается независимо от местоположения его источника по отношению к оператору. Отрицательным свойством длительного интенсивного звукового сигнала является его выраженное тормозное влияние на высшую нервную деятельность.

2. Зрительный канал восприятия при передаче аварийной информации является также достаточно эффективным. Недостатком его является то, что источник информации обязательно должен находиться в поле зрения. Особенно важное значение приобретает канал в условиях интенсивного шума.

3. Кожный канал восприятия также может быть использован при подаче аварийных сигналов. При передаче аварийного сигнала в некоторых случаях может использоваться болевая чувствительность, однако, данный вопрос требует дополнительного изучения.

АНАЛИЗАТОРЫ

Анализатором (органом чувств) или сенсорной системой называется- сложная система, осуществляющая восприятие и анализ раздражений из внешней и внутренней среды организма.

Схема анализатора



Восприятие раздражителей из внешней и внутренней среды осуществляется рецепторами. **Рецепторы - специализированные образования, преобразующие энергию внешнего раздражения в первые импульсы.** И.М. Сеченовым был открыт новый вид чувствительности - суставно-мышечное чувство, чувство положения и движения конечностей. Рецепторы суставно-мышечного чувства называются проприорецепторы.

Все рецепторы отличаются:

- очень высокой возбудимостью. Порог раздражения рецепторов чрезвычайно низок (так рецепторы глаза могут возбуждаться единичными квантами света);
- почти все рецепторы обладают свойством адаптации, т.е. приспособления к силе действующего раздражителя (не способны к адаптации вестибуло и проприорецепторы);
- каждый род раздражения воспринимается специальным рецептором. Тот вид энергии, к восприятию которого рецептор приспособился в процессе эволюции, и чувствительность к которому чрезвычайно велика, называется **адекватным раздражителем.**
- энергия внешнего раздражения трансформируется (видоизменяется) в нервные импульсы. Сильные неадекватные раздражители могут вызвать возникновение простейшего ощущения (удар по уху-звон, удар в глаз- вспышка света и т.л.).

Сложная система, состоящая из рецептора + нервные пути, по которым проводится раздражение + зона коры больших полушарий, называется системой анализаторов. В корковом слое анализатора осуществляется анализ и синтез полученной информации. С помощью каждого из анализаторов у человека возникают различные виды ощущений: световые, звуковые, запаховые, температурные, болевые и т.д. В соответствии с этим различают 5 основных органов чувств : зрение, слух, обоняние, осязание и вкус.

Зрительный анализатор

Зрительная сенсорная система снабжена сложным вспомогательным аппаратом, который включает глазное яблоко и три пары мышц, обеспечивающих его движения. Элементы глазного яблока осуществляют первичное преобразование светового сигнала, попадающего на сетчатку:

- оптическая система глаза фокусирует изображения на сетчатке;
- зрачок регулирует количество падающего на сетчатку света;
- мышцы глазного яблока обеспечивают его непрерывные перемещения.

Глаз - парный орган, состоящий из глазного яблока и вспомогательного аппарата - век, слезного аппарата, глазодвигательных мышц, (рис.21), (прил.схемы 17, 18,19).

ГЛАЗНОЕ ЯБЛОКО

ГЛАЗ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

ВНУТРЕННЕЕ ЯДРО

хрусталик
(двояковыпуклая линза)

стекловидное тело
(прозрачная желеобразная масса)

влага передней и задней камер

(передняя камера - полость между роговицей и радужкой; задняя камера - полость между радужкой и хрусталиком)

покрыто тремя оболочками
наружная - волокнистая
(белочная - склера переходит в роговицу)

средняя - сосудистая
(передняя часть - ресничное тело переходит в радужную оболочку собственно сосудистая оболочка, в центре расположен зрачок)

внутренняя - сетчатка
(содержит рецепторы - палочки и колбочки)

защитный
(брови, ресницы)

двигательный
(мышцы - 4 прямых и 2 косых)

слезный
(слезная железа и слезное озеро, затем слезный каналец, слезный мешок и, наконец, носослезный канал)

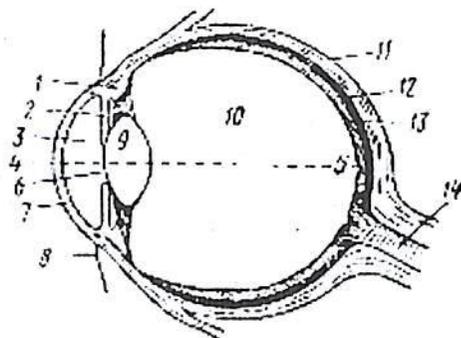


Рис21. Схема строения глаза человека:

1 - ресничная мышца, 2 - радужная оболочка, 3 - водянистая влага, 4, 5 - оптическая ось, 6 - зрачок, 7 - роговица, 8 - конъюнктивa, 9 - хрусталик, 10 - стекловидное тело, 11 - белочная оболочка, 12 - сосудистая оболочка, 13 - сетчатка, 14 - зрительный нерв.

I. Периферическое звено

Глазное яблоко.

1. **Белковая оболочка** (соединительнотканная защитная оболочка). *Роговица* - ее передняя прозрачная часть.

2. **Сосудистая оболочка** пронизана сетью кровеносных сосудов, питающих ткани глаза. Спереди образует *радужную оболочку*, имеющую отверстие - *зрачок*.

3. **Внутренняя оболочка - сетчатка**. Состоит из рецепторов цветного зрения (колбочек) и рецепторов сумеречного черно-белого зрения (палочек).

Оптическая система глаза



Изображение на сетчатке получается уменьшенным, перевернутым и действительным.

II. Проводниковое звено (прил., схема 21).

Зрительный нерв - образован нервными волокнами, идущими от сетчатки глаза.

III. Центральное звено

Затылочная доля коры больших полушарий, в которой происходит анализ возбуждения и формирование зрительных образов.

Типы фоторецепторов сетчатки и их свойства

В сетчатке имеется два типа фоторецепторов (палочки и колбочки) (прил.схема 20), которые различаются строением и физиологическими свойствами (табл.12).

Физиологические свойства палочек и колбочек Таблица 12 .

	Палочки	Колбочки
Светочувствительный пигмент	Родопсин	Йодопсин
Максимум поглощения пигмента	Имеет два максимума – один в видимой части спектра (500 нм), другой – в ультрафиолетовой (350 нм)	Существуют 3 вида йодопсинов, которые имеют различные максимумы поглощения: 440 нм (синий), 520 нм (зеленый) и 580 нм (красный)
Классы клеток	нет	Каждая колбочка содержит только один пигмент. Соответственно, существуют 3 класса колбочек, чувствительных свету с разной длиной волны
Распределение по сетчатке	В центральной части сетчатки плотность палочек составляет около 150 000 на мм ² , по направлению к периферии она снижается до 50 000 на мм ² . В центральной ямке и слепом пятне палочки отсутствуют.	Плотность колбочек в центральной ямке достигает 150 000 на мм ² , в слепом пятне они отсутствуют, а на всей остальной поверхности сетчатки плотность колбочек не превышает 10 000 на мм ² .
Чувствительность к свету	У палочек примерно в 500 раз выше, чем у колбочек	
Функция	Обеспечивают черно-белое (скототопическое зрение)	Обеспечивают цветное (фототопическое зрение)

Теория двойственности зрения

Наличие двух фоторецепторных систем (колбочки и палочки), различающихся по световой чувствительности, обеспечивает подстройку к изменчивому уровню внешнего освещения. В условиях недостаточной освещенности восприятие света обеспечивается палочками, цвета при этом неразличимы (*скототопическое зрение*). При ярком освещении зрение обеспечивается главным образом колбочками, что позволяет хорошо различать цвета (*фототопическое зрение*). В фоторецепторах сетчатки осуществляется преобразование энергии электромагнитного излучения (света) в энергию колебаний мембранного потенциала клетки. Процесс преобразования протекает в несколько этапов.

Начальная обработка зрительной информации осуществляется нейронной сетью сетчатки, которая включает 4 типа клеток: ганглиозные, биполярные, горизонтальные и амакриновые. Один из механизмов обработки информации в сетчатке основывается на различной реакции биполярных и ганглиозных клеток в ответ на освещение центральной и периферической части их рецептивных полей. По аксонам ганглиозных клеток нервные импульсы проводятся в ЦНС.

В ЦНС обработка зрительной информации осуществляется, главным образом, в ЛКТ таламуса и зрительной коре больших полушарий. В ЛКТ и зрительной коре обнаружены нейроны, которые реагируют на определенные параметры зрительных стимулов (ориентацию, контраст, движение и т.п.).

Регуляция вспомогательного аппарата зрительной сенсорной системы осуществляется благодаря связям между корой, центрами таламуса (ЛКТ), среднего мозга (претектальная область, верхние бугры четверохолмия), центрами симпатической и парасимпатической НС.

Видимый образ является результатом многоэтапной обработки исходной зрительной информации по определенным алгоритмам. В ЦНС осуществляются следующие основные алгоритмы обработки зрительной информации: распознавание образов, построение объемного изображения, дифференциация собственных движений организма и движения окружающих объектов. Нейрофизиологические механизмы реализации этих алгоритмов в настоящее время неизвестны.

Формирование изображения на сетчатке

Естественный свет, отраженный от поверхности предметов, является рассеянным, т.е. световые лучи от каждой точки объекта исходят в разных направлениях (рис.22). Поэтому в отсутствие оптической системы глаза лучи от одной точки объекта (a) попадали бы в разные участки сетчатки (a_1, a_2, a_3). Такой глаз смог бы различать общий уровень освещенности, но не контуры предметов (рис.22 А).

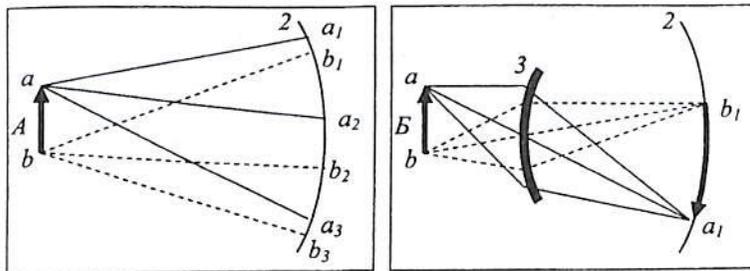


Рис.22. Формирование изображения на сетчатке:

1 – наблюдаемый объект (стрелка), 2 – сетчатка, 3 – сферическая преломляющая поверхность. Объяснения – в тексте.

Для того, чтобы увидеть объекты окружающего мира, необходимо, чтобы световые лучи от каждой точки объекта попали только в одну точку сетчатки, т.е. необходимо сфокусировать изображение. Этого можно добиться, поместив перед сетчаткой сферическую преломляющую поверхность. Световые лучи, исходящие из одной точки (a), после преломления на такой поверхности будут собираться в одной точке a_1 (фокусе). Таким образом, на сетчатке возникнет четкое перевернутое изображение (рис.22 Б).

Преломление света осуществляется на границе раздела двух сред, имеющих разные коэффициенты преломления. В глазном яблоке находится 2 сферические линзы: роговица и хрусталик. Соответственно имеется 4 преломляющие поверхности: воздух/роговица, роговица/водянистая влага передней камеры глаза, водянистая влага/хрусталик, хрусталик/стекловидное тело.

Острота зрения. Это способность глаза видеть раздельно две точки. Нормальному глазу это доступно, если величина их изображения на сетчатке равна 4 мкм, а угол зрения составляет одну минуту. При меньшем угле зрения ясного видения не получается и точки сливаются. Для определения остроты зрения пользуются специальными таблицами.

Поле зрения. Все пространство, видимое глазу при неподвижно устремленном взоре вперед. Различают центральное (в области желтого пятна) и периферическое зрение.

Аккомодация – настройка преломляющей силы оптического аппарата глаза на определенное расстояние до рассматриваемого объекта. Согласно законам рефракции, если луч света падает на преломляющую поверхность, то он отклоняется на угол, зависящий от угла его падения. При приближении объекта, угол падения исходящих от него лучей будет изменяться, поэтому преломленные лучи соберутся в другой точке, которая будет находиться позади сетчатки, что приведет к «размытию» изображения (рис.23.б). Для того, чтобы его вновь сфокусировать, необходимо увеличить преломляющую силу оптического аппарата глаза (рис.23.в). Это достигается увеличением кривизны хрусталика, которое происходит при повышении тонуса цилиарной мышцы.

Предел изменения - если расстояние до предмета меньше 10-12 см то его изображение получается за сетчаткой. С возрастом эластичность хрусталика уменьшается и аккомодация ослабевает.

В пожилом возрасте аккомодация близка к «0» и человек хорошо видит только далекие предметы. Это **старческая дальнозоркость**. Но дальнозоркость может быть и врожденной вследствие малой величины глазного яблока или слабой преломляющей силы хрусталика. В обоих случаях лучи от далеких предметов пересекаются за сетчаткой (необходимы очки с выпуклыми стеклами).

При вытянутой форме глазного яблока изображения далеких предметов даже при максимальной аккомодации хрусталика получаются перед сетчаткой. Это явление называется **близорукость**, так как ясно видны только близкие предметы (необходимы очки с вогнутыми стеклами).

Вполне понятно, что длительная работа глаза на близком расстоянии - чтение, письмо, связанная с постоянным напряжением аккомодационной мышцы, требует такого же длительного напряжения и расхода энергии. А поскольку энергетические возможности человека не бесконечны, закономерно появление усталости глаз - это называется аккомодативная астенопия.

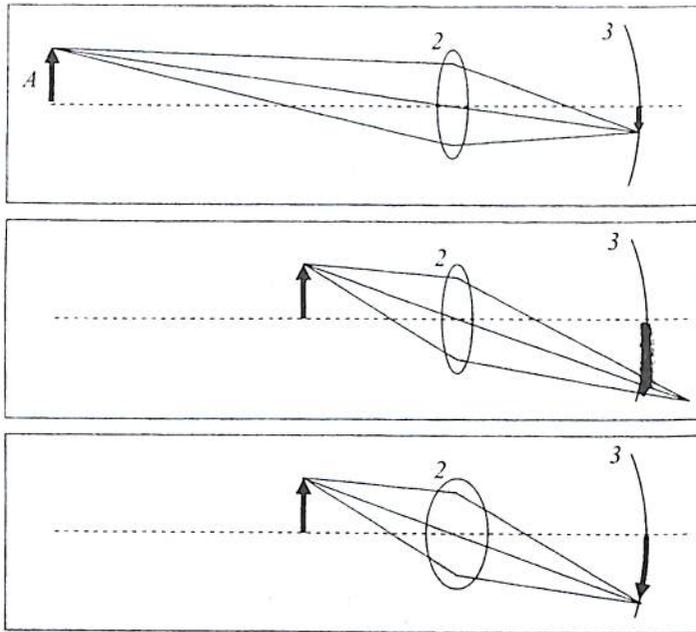


Рис.23. Аккомодация:

А – глаз сфокусирован на удаленном объекте (1); Б – при приближении объекта происходит «расфокусировка» изображения на сетчатке (3), В – увеличение кривизны хрусталика (2) восстанавливает четкость изображения на сетчатке

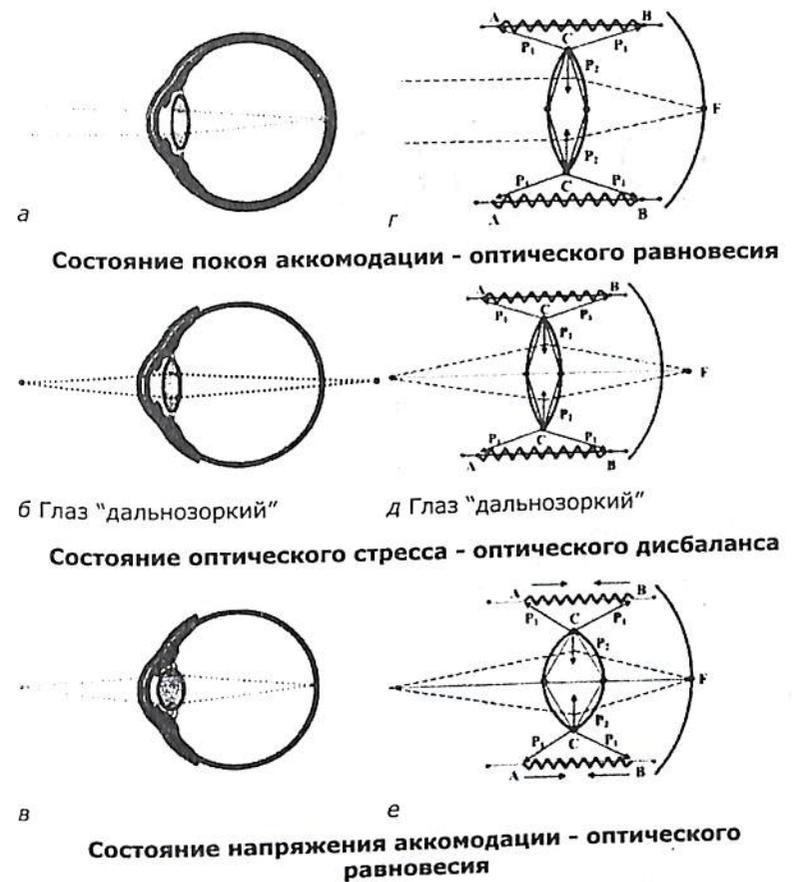
Адаптация глаза. Световая (из темноты на свет) заканчивается в первые 4-6 минут. Темновая (из света в темноту) продолжается более 40-45 минут (рис.24.)

Восприятие цвета. Как мы говорили выше, обеспечивается колбочками. Гельмгольд предполагал существование трех, а Гранит семи видов колбочек, содержащих различные светочувствительные вещества. В палочках имеется особое вещество красного цвета - **зрительный пурпур** или **родопсин**. В колбочках содержится светочувствительный пигмент - **иодопсин**. Нарушение цветового зрения называется дальтонизмом. Различают красно, зелено и фиолетовослепых. Слепой на красный цвет не различает светло-красный от темно-зеленого, а пурпурный и фиолетовый от синего.

Бинокулярное зрение. Или зрение двумя глазами. Обеспечивает: восприятие размера, формы, объема, движения, положения в пространстве, цвет, яркость. Глаза человека удалены друг от друга на 60-65 см.

Как известно глазное яблоко обладает подвижностью, подобно шаровому шарниру. Благодаря действию шести мышц: внутренней, наружной, верхней и нижней прямых и верхней и нижней косых. Именно совместные координированные движения обоих глаз и особенно сведение зрительных осей с большой нагрузкой на внутренние прямые мышцы (рис.25), при направлении взгляда на ближний объект, обуславливают четкое ясное бинокулярное зрение (зрение обоими глазами). При длительном же рассматривании близких

объектов и сведении зрительных осей, за счет длительного сокращения и напряжения внутренних прямых мышц, наступает зрительное утомление - мышечная астиопия



Состояние покоя аккомодации - оптического равновесия

б Глаз "дальнозоркий"

д Глаз "дальнозоркий"

Состояние оптического стресса - оптического дисбаланса

Состояние напряжения аккомодации - оптического равновесия

Рис.24. Аккомодация - адаптация

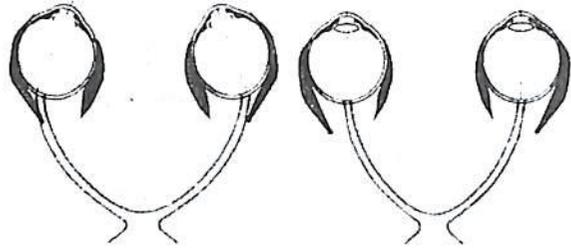


Рис.25. Схема конвергенции

конвергенция - сведение зрительных осей при направлении взгляда на близко расположенные предметы.

Регуляция освещенности сетчатки. Количество света, падающего на сетчатку, пропорционально площади зрачка. Диаметр зрачка у взрослого человека изменяется от 1,5 до 8 мм, что обеспечивает изменение интенсивности падающего на сетчатку света примерно в 30 раз. Зрачковые реакции обеспечиваются двумя системами гладких мышц радужной оболочки: при сокращении кольцевых мышц зрачок сужается, при сокращении радиальных мышц - расширяется.

При уменьшении просвета зрачка резкость изображения увеличивается. Это происходит потому, что сужение зрачка препятствует попаданию света на периферические области хрусталика и тем самым устраняет искажение изображения, возникающие за счет сферической аберрации.

Движения глаз

Глаз человека приводится в движение шестью глазными мышцами, которые иннервируются тремя черепномозговыми нервами - глазодвигательным, блоковым и отводящим. Эти мышцы обеспечивают два типа перемещений глазного яблока - быстрые скачкообразные (саккады) и плавные следящие движения.

Скачкообразные движения глаз (саккады) возникают при рассматривании неподвижных предметов. Быстрые повороты глазного яблока (10 - 80 мс) чередуются с периодами неподвижной фиксации взгляда в одной точке (200 - 600мс). Угол поворота глазного яблока в течение одной саккады колеблется от нескольких угловых минут до 10°, а при переводе взгляда с одного объекта на другой может достигать 90°. При больших углах смещения саккады сопровождаются поворотом головы; смещение глазного яблока обычно опережает движение головы.

Плавные движения глаз сопровождают перемещающиеся в поле зрения объекты. Угловая скорость таких движений соответствует угловой скорости объекта. Если последняя превышает 80°/с, то слежение становится комбинированным: плавные движения дополняются саккадами и поворотами головы.

Истагм - периодическое чередование плавных и скачкообразных движений. Когда едущий в поезде человек смотрит в окно, его глаза плавно сопровождают перемещающийся за окном пейзаж, а затем взгляд скачкообразно перемещается на новую точку фиксации.

Распознавание образов

Зрительная система обладает замечательной способностью распознавать объект при самых разных вариантах его изображения. Мы можем узнавать образ (знакомое лицо, букву и т. п.), когда некоторых его частей недостает, когда он содержит лишние элементы, когда он по-разному ориентирован в пространстве, имеет разные угловые размеры, повернут к нам разными сторонами и т.п. Нейрофизиологические механизмы этого феномена в настоящее время интенсивно изучаются.

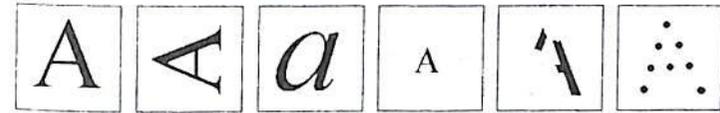


Рис.26. Распознавание образов: человек легко распознает знакомые буквы при их разной ориентации, разном варианте написания, разных размерах, отсутствии части изображения и даже может составить образ из разрозненных фрагментов.

Постоянство формы и размеров

Как правило, мы воспринимаем окружающие предметы неизменными по форме и размерам. Хотя на самом деле их форма и размеры на сетчатке не являются постоянными. Например, велосипедист в поле зрения всегда кажется одинаковым по величине независимо от расстояния до него. Колеса велосипеда воспринимаются как круглые, хотя на самом деле их изображения на сетчатке могут быть узкими эллипсами. Это явление демонстрирует роль опыта в видении окружающего мира. Нейрофизиологические механизмы этого феномена в настоящее время неизвестны.

Восприятие глубины пространства

Изображение окружающего мира на сетчатке является плоским. Однако, мы видим мир объемным. Существует несколько механизмов, которые обеспечивают построение 3-мерного пространства на основании плоских изображений, сформированных на сетчатке.

- Поскольку глаза расположены на некотором расстоянии друг от друга, то изображения, формирующиеся на сетчатке левого и правого глаза, несколько различаются друг от друга. Чем ближе расположен объект по отношению к наблюдателю, тем больше будут различаться эти изображения.
- Чем дальше расположен объект, тем меньше угловой размер его изображения на сетчатке. Оценивая угловые размеры знакомых предметов, мы можем оценивать расстояние до них.
- Перекрытие изображений также помогает оценить их взаимное расположение в пространстве. Изображение близкого предмета может перекрывать изображение удаленного, но не наоборот.
- При смещении головы наблюдателя изображения наблюдаемых объектов на сетчатке также будут смещаться (явление параллакса). При одном и том же смещении головы

изображения близких объектов будут смещаться сильнее, чем изображения удаленных

Восприятие неподвижности пространства

Если, закрыв один глаз, нажать пальцем на второе глазное яблоко, то мы увидим, что мир вокруг нас смещается в сторону. В обычных условиях окружающий мир неподвижен, хотя изображение на сетчатке постоянно «прыгает» за счет перемещения глазных яблок, поворотов головы, изменения положения тела в пространстве. Восприятие неподвижности окружающего пространства обеспечивается тем, что при обработке зрительных образов учитывается информация о движении глаз, движениях головы и положении тела в пространстве. Зрительная сенсорная система умеет «вычитать» собственные движения глаз и тела из перемещения изображения на сетчатке.

Теории цветового зрения

Трехкомпонентная теория

Основывается на принципе трихроматического аддитивного смешения. Согласно этой теории, три типа колбочек (чувствительны к красному, зеленому и синему цвету) работают как независимые рецепторные системы. Сравнительная интенсивность сигналов от трех типов колбочек, зрительная сенсорная система производит «виртуальное аддитивное смещение» и вычисляет истинный цвет. Авторы теории - Юнг, Максвелл, Гельмгольц.

Теория оппонентных цветов

Предполагает, что любой цвет можно однозначно описать, указав его положение на двух шкалах - «синий-желтый», «красный-зеленый». Цвета, лежащие на полюсах этих шкал, называют оппонентными. Эта теория подтверждается тем, что в сетчатке, ЛКТ и коре существуют нейроны, которые активируются, если их рецептивное поле освещают красным светом и тормозятся, если свет зеленый. Другие нейроны возбуждаются при действии желтого цвета и тормозятся при действии синего. Предполагается, что сравнительная степень возбуждения нейронов «красно-зеленой» и «желто-синей» системы, зрительная сенсорная система может вычислить цветовые характеристики света. Авторы теории - Мах, Геринг.

Таким образом, существуют экспериментальные доказательства обеих теорий цветового зрения. В настоящее время считается, что трехкомпонентная теория адекватно описывает механизмы цветовосприятия на уровне фоторецепторов сетчатки, а теория оппонентных цветов – механизмы цветовосприятия на уровне нейронных сетей.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЗРИТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КЗС)

Особенности экранного изображения мониторов затрудняют аккомодацию глаза. Светимость создает иллюзию удаленности, низкий контраст обуславливает снижение аккомодационного ответа, точечность изображения вызывает увеличение амплитуды нормальных колебаний аккомодации, мелькание уменьшает точность восприятия, а размытость границ заставляет непрерывно искать точку ясного видения.

Глаза пользователя ПК, оператора в течение минуты совершают сотни установочных движений, отслеживая экран, печатный текст, клавиатуру. Все эти элементы находятся на разном расстоянии. И чтобы обеспечить ясное видение строчек на экране, книжный текст, клавиши требуются постоянная титаническая работа мышц глаза - аккомодационной мышцы и прямых внутренних мышц, отвечающих за конвергенцию.

зрительные симптомы = зрительный дискомфорт
глазные симптомы = глазной дискомфорт

=

компьютерный зрительный синдром - КЗС

Computer Vision Syndrome CVS

Компьютерный синдром

Проблема

Зрительные симптомы, (жалобы)

- снижение остроты зрения
- затуманивание зрения
- трудности при переводе взгляда с ближних предметов на дальние и обратно (замедленная перефокусировка)
- кажущееся изменение окраски предметов
- двоение видимых предметов
- "мурашки" и потемнение в глазах
- избыточная световая чувствительность
- снижение зрительной работоспособности
- перенапряжение глаз
- зрительное утомление

Глазные симптомы (жалобы)

- боли в области глазниц и лба
- боли при движении глаз
- покраснение глазных яблок
- чувство песка за веками
- слезотечение
- резь в глазах
- "сухость" глаз
- жжение в глазах

Эти жалобы встречаются в 60 % случаев у большинства пользователей ПК. У части пользователей ПК астигматизм возникает через 2 часа, у большинства через 4 часа, и у всех через 6 часов. Меньше нагружает глаза считывание информации, больше - работа в диалоговом режиме, и самую большую нагрузку представляет компьютерная графика.

ЭТО ПРИВОДИТ К

- возникновению близорукости;
- прогрессированию уже имеющейся близорукости;
- появлению спазма аккомодации;
- нарушениям:
 - аккомодации;
- общей слабости;
- головным болям;
- тошнотам;
- головокружению;
- сонливости;
- быстрой утомляемости;
- воспалениям слизистой конъюнктивитам
- роговицы - кератитам

- конвергенции;
- нарушению сна;
- бинокулярного зрения;
- снижению общей работоспособности.
- стереоскопического зрения.

Причины КЗС

Причиной является характер экранного изображения. У этого изображения есть 5 отличий от изображения нанесенного на бумагу:

1. самосветящееся, а не отраженное;
 2. имеет значительно меньший контраст, который уменьшается еще больше за счет внешнего освещения
 3. не непрерывное, а состоит из дискретных точек - пикселей
 4. мерцающее (мелькающее), т.е. эти точки с определенной частотой зажигаются и гаснут; чем меньше частота мельканий, тем меньше точность установки аккомодации
 5. не имеет таких четких границ, как изображение на бумаге, потому, что у пикселей не ступенчатый, а плавный перепад яркости с фоном.
- малое расстояние от глаз до экрана монитора
 - наличие бликов на экране от внешних источников света
 - недостаточная яркость экрана
 - избыточная яркость экрана
 - недостаточная освещенность помещения
 - избыточная освещенность помещения
 - неудачный выбор цветов на экране
 - недостаточное качество монитора
 - слишком высокое расположение монитора
 - необходимость постоянного перемещения взгляда с экрана на клавиатуру и бумажный текст
 - слишком мелкие элементы на экране
 - недостаточное увлажнение яблока слезой вследствие интенсивного испарения слезы с роговицы из-за:
 1. слишком редкого моргания, т.к. чрезмерная концентрация внимания при работе с компьютером подавляет его.
 2. более широкого открытия глазной щели, т.к. при высоком расположении монитора, в сравнении с книгой, верхние веки подняты выше.
 - спектр излучения люминофоров дисплея не соответствует максимальной спектральной чувствительности фоторецепторов сетчатки глаза.

СЛУХОВОЙ И ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОРЫ

Сенсорные системы слуха и равновесия являются родственными сенсорными системами (прил., схема 22).

Анатомическое единство этих систем проявляется в том, что их рецепторные аппараты тесно связаны друг с другом и располагаются внутри височной кости, образуя внутреннее ухо (рис.27).

Физиологическое единство этих сенсорных систем состоит в том, что трансдукция энергии внешнего раздражителя в энергию колебаний мембранного потенциала в обеих сенсорных системах осуществляется одними и теми же рецептирующими клетками - т.н.

ботосковыми клетками. Однако, несмотря на сходство их рецепторов, эти сенсорные системы воспринимают разные сигналы из окружающей среды, а их специфичность обусловлена особенностями строения вспомогательных аппаратов.

Вестибулярная сенсорная система позволяет организму ориентироваться в трехмерном пространстве:

- воспринимать положение тела относительно вектора гравитационного поля (статический компонент чувства равновесия),
- ощущать направление и скорость движения тела при его угловых и линейных перемещениях (динамический компонент чувства равновесия).

Слуховая (аудиальная) сенсорная система (рис.27) осуществляет восприятие звуковых колебаний и позволяет распознавать:

- высоту звука (частоту звуковых колебаний)
- громкость звука (амплитуду звуковых колебаний)
- локализацию источника звука в пространстве

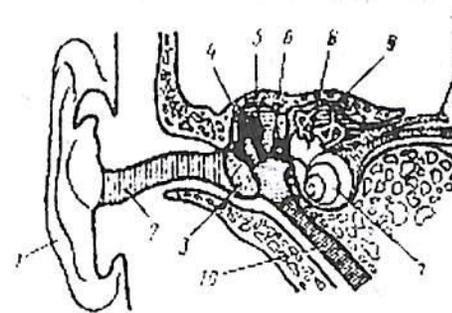


Рис.27. Схема строения слухового аппарата

1 - ушная раковина, 2 - наружный слуховой проход, 3 - барабанная перепонка, 4 - молоточек, 5 - наковальня, 6 - стремечко, 7 - улитка, 8 - отолитовый аппарат, 9 - полукружные каналы, 10 - евстахиева труба, 11 - слуховой нерв

I. Периферическое звено

Ухо - парный орган:

1. **Наружное ухо** - ушная раковина и наружный слуховой проход. Улавливает звуковые колебания воздуха.

Барабанная перепонка - граница между наружным и средним ухом.

2. **Среднее ухо** - камера, содержащая слуховые косточки (молоточек, наковальня, стремечко). Передает звуковые колебания к овальному окну (граница между средним и внутренним ухом). Евстахиевой трубой соединяется с глоткой (для выравнивания давления).

3. **Внутреннее ухо** - состоит из *улитки* (преобразует колебания в нервное возбуждение, благодаря наличию слуховых рецепторов) и *полукружных каналов* (вестибулярный аппарат - орган равновесия) (прил., схема 23).

II. Проводниковое звено

Слуховой нерв и стато-кинетические нервные волокна.

III. Центральное звено

III. Центральное звено

В височной доле коры больших полушарий происходит восприятие звуковых сигналов. Кортикальный конец стато-кинестических проводящих путей рассеян в коре теменной и височной долей, имеется связь с мозжечком.

Вестибулярная сенсорная система

Вспомогательный аппарат вестибулярной сенсорной системы

В состав вспомогательного аппарата вестибулярной сенсорной системы входят две из трех составных частей лабиринта, образующего внутреннее ухо (рис.28).

- **отолитовый аппарат** представлен двумя сообщающимися камерами лабиринта (*сакулус* и *утрикулус*);
- система **полукружных каналов**, которая включает три кольцевых канала, которые выходят из утрикулуса и затем впадают в него, располагаясь в трех взаимоперпендикулярных плоскостях.

В каждой камере отолитового аппарата и в каждом полукружном канале имеется скопление рецептивных (волосковых) клеток - *макула*, которая покрыта желатинообразной массой - *купулой*. Эта масса образована преимущественно мукополисахаридами. В отолитовом аппарате купула покрывает волосковые клетки наподобие подушки и содержит отложения кристаллов кальцита (*отолиты*), которые придают купуле дополнительный вес. В полукружных каналах желатинообразная масса не содержит отолитов и полностью перекрывает просвет канала.

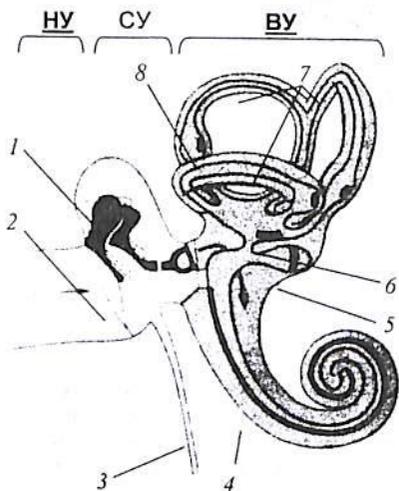


Рис.28. Вспомогательный аппарат сенсорной системы слуха и чувства равновесия:

НУ - наружное ухо, СУ - среднее ухо: 1 - слуховые косточки среднего уха, 2 - барабанная перепонка, 3 - евстахиева труба; ВУ - внутреннее ухо (лабиринт): 4 - улитка, 5 - сакулус, 6 - утрикулус, 7 - полукружные каналы. Черным цветом (8) во внутреннем ухе показано расположение полукружных каналов.

Восприятие положения тела в гравитационном поле

При вертикальном положении головы макула утрикулуса располагается горизонтально. Когда голова наклоняется в сторону, утяжеленная отолитами желатинообразная мембрана

изгибанию стереоцилей волосковых клеток. Наклон стереоцилей сопровождается (в зависимости от направления) повышением или снижением частоты нервных импульсов в чувствительных нейронах вестибулярного ганглия (рис 29А). Макула сакулуса располагается вертикально и действует так же, как макула утрикулуса.

Восприятие линейных ускорений

При резком линейном ускорении тела купула сакулуса или утрикулуса за счет сил инерции смещается в направлении, противоположном направлению движения, что также приводит к изменению электрической активности рецепторов (рис 29Б).

Восприятие углового ускорения

Полукружный канал действует как замкнутая трубка, заполненная эндолимфой. В расширенной части канала его внутренняя стенка выстлана волосковыми клетками, а расположенная над ними купула полностью перекрывает просвет канала. При повороте головы полукружные каналы поворачиваются вместе с ней, а эндолимфа, в силу своей инерции, в первый момент времени остается на месте. В результате этого возникает разность давлений по обе стороны купулы, и она прогибается в направлении, противоположном движению. Это вызывает деформацию стереоцилей и изменение активности афферентных нейронов (рис. 29В).

При вращении головы только в горизонтальной, сагитальной или фронтальной плоскости активируются рецепторы только одного соответствующего канала. При сложном вращении головы активируются рецепторы всех трех каналов. Информация от них поступает в ЦНС и на основании ее анализа реконструируется истинная картина перемещения головы.

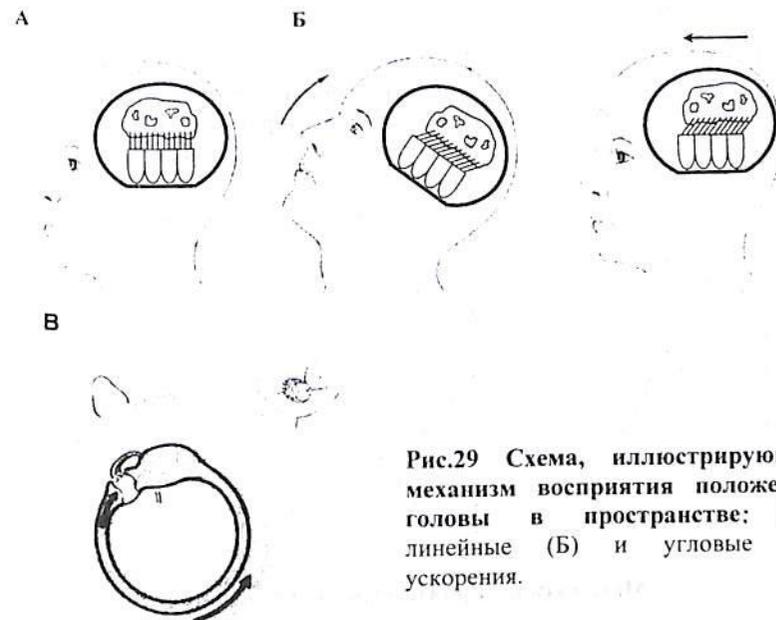


Рис.29 Схема, иллюстрирующая механизм восприятия положения головы в пространстве: (А), линейные (Б) и угловые (В) ускорения.

Передача звукового сигнала

Наружное ухо служит направленной акустической антенной, улавливающей звуковые колебания, а слуховой проход выполняет функцию волновода, проводящего их к барабанной перепонке, отделяющей наружное ухо от среднего (прил., схема 24).

Вибрации барабанной перепонки через систему слуховых косточек передаются перилимфе вестибулярной лестницы (рис.28). При этом происходит усиление звукового сигнала по двум механизмам. Во-первых, площадь барабанной перепонки значительно превышает площадь овального отверстия, закрытого стремечком. Во-вторых, сигнал усиливается за счет неравенства плеч рычагов в системе слуховых косточек.

Механизма восприятия высоты звука

Восприятие частоты звука основано на том, что каждый участок базилярной мембраны имеет свою резонансную частоту, т.е. при действии звука определенной частоты максимальная амплитуда колебаний наблюдается именно в резонансном участке. Чем больше амплитуда колебаний участка основной мембраны, тем выше степень возбуждения расположенных в этом участке рецепторов. Таким образом, сравнивая частоту потенциалов действия от рецепторов, расположенных вдоль основной мембраны, нервная система может определить частотные составляющие звука.

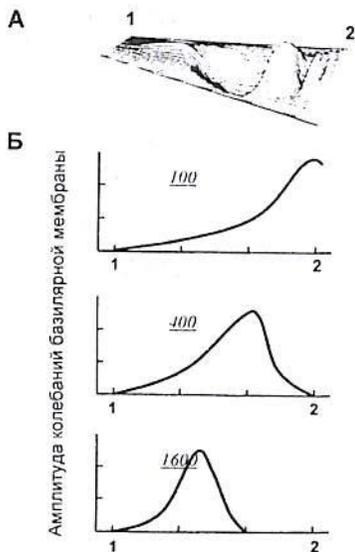


Рис.30. Схема, иллюстрирующая колебания основной мембраны при действии звуков разной частоты:

А – бегущая волна в базилярной мембране, Б – амплитуда колебаний базилярной мембраны (бегущей волны) при действии звуков разных частот.

1 – проксимальный конец базилярной мембраны (обращен к овальному окну) чувствителен к колебаниям высоких частот, 2 – дистальный конец базилярной мембраны (обращен к геликотреме) чувствителен к колебаниям низких частот.

Механизм восприятия громкости

Чем громче звук, тем больше амплитуда колебаний основной мембраны и степень возбуждения рецепторов. Рассмотрим пример, изображенный на рис.30. Во время действия звукового сигнала в пяти рецепторах образуются нервные импульсы с

определенной частотой (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5). **Высота звука** оценивается нервной системой исходя из соотношения ($f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : f_5$), а **громкость звука** – исходя из абсолютной величины суммы ($f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$). Если параметры звука изменяются так, что сумма значений f будет иметь большую величину, а их соотношения останутся теми же, то такой звук будет восприниматься как более громкий, чем исходный (звуки А и Б на рис.31). Если же изменятся соотношения f , а их сумма останется неизменной, то такой сигнал будет воспринят, как звук той же громкости, но другой высоты (звуки Б и В на рис.31).

Механизм восприятия пространственной локализации звука

Человек способен определять направление звука с точностью до 3° . **Механизм определения пространственной локализации** источника звука основан на сопоставлении громкости звука в левом и правом ухе и на определении временной задержки между поступлением звукового сигнала в левое и правое ухо.

Для нейронной обработки информации о положении тела в пространстве чрезвычайно важное значение имеет связь центров вестибулярной системы с проприорецепторами мышц шеи. Нервные механизмы слуха, вероятно, основаны на том, что на каждом вышележащем уровне слухового тракта нейроны распознают все более сложные характеристики звуковых сигналов.

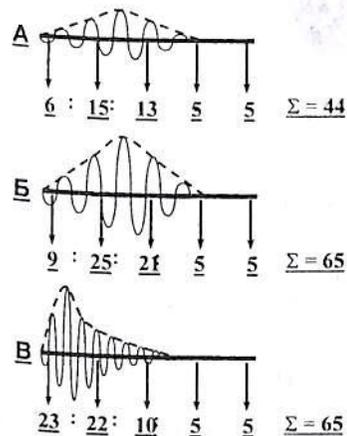


Рис.31. Схема, иллюстрирующая принцип распознавания частоты и громкости звуков в улитке

Цифрами на схеме обозначены частоты нервных импульсов (имп/с) пяти рецепторов, расположенных вдоль основной мембраны. Звуки А и Б будут восприниматься, как одинаковые по частоте, но разные по громкости, звуки Б и В – как одинаково громкие, но разные по частоте, а звуки А и В – как разные и по частоте и по громкости.

ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР

I. Периферическое звено

Вкусовые рецепторные клетки представляют собой эпителиальные клетки, находящиеся на вкусовых сосочках четырех различных типов (рис.32):

- 1) листовидные;
- 2) желобовидные;
- 3) грибовидные;
- 4) нитевидные.

В ротовой полости их основное месторасположение на языке и мягком небе.

II. Проводниковое звено

1. Лицевой нерв (иннервирует первые 2/3 языка).
2. Языкоглоточный нерв (иннервирует заднюю треть языка, мягкое небо, небные дужки).

3. Блуждающий нерв (иннервирует надгортанник).

III. Центральное звено

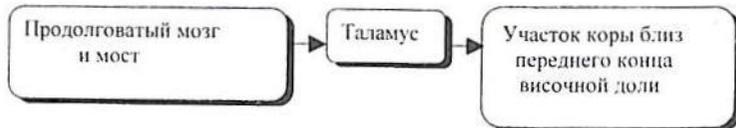


Рис.32. Язык

Желобовидные сосочки - вкусовые рецепторы, расположенные на языке в виде латинской буквы V.

Листовидные сосочки - рецепторы, обеспечивающие осязание и чувствительные к температурным изменениям, расположенные на тыльной стороне языка.

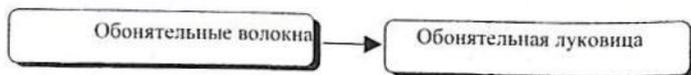
Грибовидные сосочки - вкусовые рецепторы, расположенные на кончике, краях и тыльной стороне языка.

ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

I. Периферическое звено

Обонятельные рецепторы заложены в слизистой оболочке носа в области верхней носовой раковины и противоположного участка носовой перегородки (рис.33).

II. Проводниковое звено



III. Центральное звено

Подкорковые ядра переднего мозга, структуры лимбической системы и автономные ядра гипоталамуса.

обонятельная
луковица

нервные
разветвления

красная
слизистая
оболочка

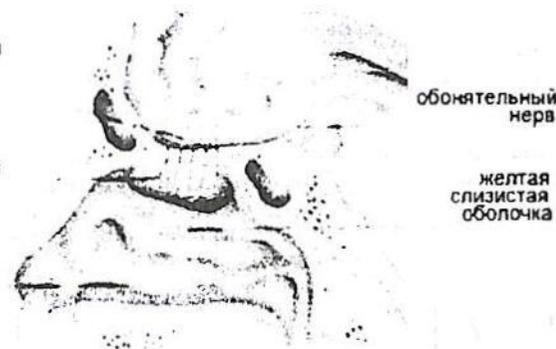


Рис. 33. Орган обоняния

СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Включает в себя рецепторы трех типов по месту их расположения:

- 1) кожные;
- 2) мышечные и суставные - проприорецепторы;
- 3) висцеральные рецепторы - интерорецепторы.

Соматовисцеральная сенсорная система обеспечивает получение следующих видов информации (рис. 34):

- кожная чувствительность позволяет получать информации о действии на кожу механических стимулов (осязание, тактильная чувствительность, механорецепция) и о температуре окружающей среды вблизи кожной поверхности (терморецепция);
- *проприорецепция* – восприятие информации о положении и движении суставов (т.е. информации о позе тела и движениях тела);
- висцеральная чувствительность (*висцерорецепция, интерорецепция*) – восприятие информации об изменениях во внутренней среде организма;
- болевая чувствительность (*ноцицепция*) – восприятие информации о действии на организм повреждающих стимулов.

По функциям, независимо от места их расположения, рецепторы соматовисцеральной системы делятся на *механо-, термо-, хеморецепторы*, а также рецепторы боли - *ноцицепторы*.

- **Механорецепторы** воспринимают механическую деформацию кожи:

- *медленно адаптирующиеся* (рецепторы силы) реагируют на степень деформации кожи: частота генерируемых ими нервных импульсов возрастает пропорционально увеличению амплитуды деформации кожи (силе давления на кожу).
- *быстро адаптирующиеся* (рецепторы скорости) реагируют только на уменьшение или увеличения деформации кожи, постоянно действующее давление их не активизирует; частота импульсации таких рецепторов пропорциональна скорости деформации кожи (скорости изменения давления на кожу).
- *очень быстро адаптирующиеся* (рецепторы ускорения) реагируют только на изменение скорости деформации кожи; как правило, они дают короткие залпы потенциалов действия в начале и в конце действия механического стимула.

- **Терморецепторы** воспринимают температуру кожи. Зависимость частоты импульсации терморецептора от температуры характеризуется куполообразной кривой:

- *тепловые* терморецепторы активируются при повышении температуры от 25 до 42 °С, дальнейшее увеличение температуры приводит к уменьшению частоты нервных импульсов;
- *холодовые* терморецепторы активируются при снижении температуры от 42 до 25 °С, дальнейшее охлаждение приводит к падению частоты нервных импульсов.

• **Тактильные рецепторы:** свободные нервные окончания, или нервные окончания, заключенные в оболочку. Они чувствительны к прикосновению, потому что волоски, соприкасаясь с предметом, возбуждают чувствительные окончания. Свободные окончания, которых очень много в коже (170 на 1 см²), воспринимают также и болевые ощущения.

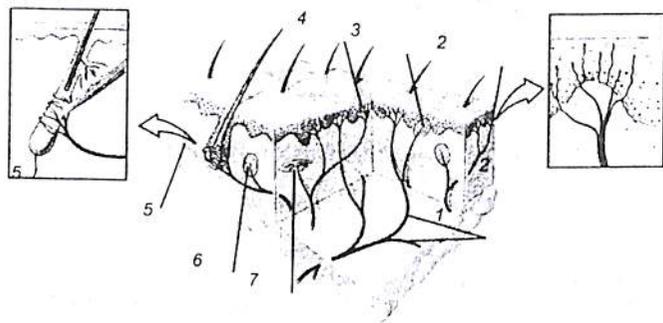


Рис. 34. Строение и расположение в коже разных типов рецепторов.

1 – дендрит чувствительного нейрона, 2 – свободное нервное окончание, 3 – тельце Мейснера, 4 – диски Меркеля, 5 – рецептор волосяного фолликула, 6 – тельце Пачини, 7 – окончание Руффини



тельце Мейснера

• **Тельца Мейснера:** чувствительны к прикосновению, очень многочисленны на подушечках пальцев и на кончике языка. Позволяют нам определить площадь и протяженность тел.



тельце Фатера-Пачини

• **Тельца Фатера-Пачини:** расположены в самой глубокой части дермы и чувствительны к деформации кожи, то есть к силам, действующим на нее.



тельце Краузе

• **Тельца Краузе:** находятся на поверхности дермы и очень чувствительны к низким температурам, поэтому они ощущают холод.



тельце Руффини

• **Тельца Руффини:** залегают на большей глубине, чем тельца Краузе, и чувствительны к повышению температуры, поэтому они ощущают тепло. Поскольку они менее многочисленны, ощущение тепла воспринимается медленнее, чем ощущение холода. Поэтому легко можно обгореть на солнце, без необходимых мер предосторожности.

Общим свойством рецепторов соматовисцеральной системы является то, что они не образуют сенсорные органы, а широко распространены по всему телу. Также их афферентные волокна не образуют высокоспециализированные нервы, а входят в многочисленные нервы тела и центральные нервные тракты.

Раздел 7. СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ

КРОВООБРАЩЕНИЕ

Движение крови по сосудам называется кровообращением.

Составные части кровеносной системы. В самом общем виде эта транспортная система состоит из мышечного четырехкамерного насоса (*сердца*) и многих каналов (*сосудов*), функция которых заключается в доставке крови ко всем органам и тканям и последующем возврате ее к сердцу и легким. По главным составляющим этой системы ее называют также сердечно-сосудистой, или кардиоваскулярной (прил., схемы 27, 28, 29).

Кровеносные сосуды делятся на три основных типа: *артерии, капилляры и вены*. Артерии несут кровь от сердца. Они разветвляются на сосуды все меньшего диаметра, по которым кровь поступает во все части тела. Ближе к сердцу артерии имеют наибольший диаметр (примерно с большой палец руки), в конечностях они размером с карандаш. В самых отдаленных от сердца частях тела кровеносные сосуды столь малы, что различимы лишь под микроскопом. Именно эти микроскопические сосуды, капилляры, снабжают клетки кислородом и питательными веществами. После их доставки кровь, нагруженная конечными продуктами обмена веществ и диоксидом углерода, направляется в сердце по сети сосудов, называемых венами, а из сердца – в легкие, где происходит газообмен,

результате которого кровь освобождается от груза диоксида углерода и насыщается кислородом.

В процессе прохождения по телу и его органам какая-то часть жидкости через стенки капилляров просачивается в ткани. Эта опалесцирующая, напоминающая плазму жидкость называется лимфой. Возврат лимфы в общую систему кровообращения осуществляется по третьей системе каналов – лимфатическим путям, которые сливаются в крупные протоки, впадающие в венозную систему в непосредственной близости от сердца.

КРОВЬ

Кровь – жидкая соединительная ткань. Состоящая из жидкого межклеточного вещества сложного состава – **плазмы** и взвешенных в ней **клеточных (форменных) элементов** – **эритроцитов** (красных кровяных клеток), **лейкоцитов** (белых кровяных клеток) и **тромбоцитов** (красных пластинок). *Кровь циркулирует в замкнутой системе сосудов, и клетки организма непосредственно с ней не соприкасаются.*

Главной функцией крови является транспорт различных веществ. В зависимости от характера переносимых веществ и их природы кровь выполняет различные функции.

У человека массой 70 кг количество крови составляет, в среднем, 7% массы тела (в среднем, 5 литров), причем у мужчин ее больше, чем у женщин. Несмотря на то, что количество крови довольно постоянно и тщательно регулируется, существуют возрастные изменения. Так у новорожденных количество крови колеблется от 10 до 20 % массы тела и связано с интенсивным обменом веществ.

В покое, приблизительно, 40-45% крови циркулирует в кровеносных сосудах, что облегчает работу сердца. Остальная часть крови находится в депо (место хранения): капиллярах печени, селезенки и подкожной клетчатки, и поступает в общее кровяное русло при повышении температуры тела, мышечной работе, при кровопотерях или подъеме на высоту в несколько километров. Быстрая потеря циркулирующей крови опасна для жизни. Так при артериальном кровотечении быстрая потеря 30-50% количества крови приводит к смерти в результате резкого падения артериального давления.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

1. *Цвет*: от ярко-алого до темно-вишневого, зависит от насыщения крови кислородом;
2. *Плотность*: 1,060 – 1,064 г/см³;
3. *Плотность плазмы*: 1,024 – 1,030 г/см³;
4. *Плотность форменных элементов*: 1,092 – 1,095 г/см³;
5. *Вязкость*: в 3-6 раз выше, чем у воды.

ФИЗИКО - ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

1. *Осмотическое давление*⁸ крови равно 7.3 атмосферы (5600мм. рт. ст.). Оно определяется, в основном, ионами и белковыми молекулами плазмы крови. Осмотическое давление определяет перераспределение воды между тканями.

а) Так, если осмотическое давление окружающего клетку раствора **выше** осмотического давления внутри клетки (в этом случае говорят, что клетки находятся в **гипертоническом растворе**) - **вода выходит из клетки** и они сморщиваются от потери воды.

б) Если осмотическое давление окружающего клетку раствора **ниже** осмотического давления внутри клетки (в этом случае говорят, что клетки находятся в **гипотоническом растворе**) - **вода поступает в клетки** и они набухают, что может привести к разрыву клеточной мембраны.

в) Если осмотическое давление окружающего клетку раствора **равно** осмотическому давлению внутри клетки (в этом случае говорят, что клетки находятся в **изотоническом растворе**) - **никаких изменений с клеткой не происходит.**

⁸ Осмотическое давление – сила движения растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный

2. *Онкотическое давление*⁹ крови равно 25-30 мм. рт. столба.
3. *Водородный показатель или pH крови*¹⁰ равен 7.36. Таким образом, кровь
4. имеет слабощелочную реакцию.

Плазма крови - это жидкий компонент крови, то есть раствор, состоящий на 90-92% из воды и содержащий форменные элементы - кровяные тельца и пластинки (табл.13, табл.14).. Кроме того, в плазме содержится целый ряд растворенных веществ (прил., табл.1).

Таблица 13.

СОСТАВ ПЛАЗМЫ КРОВИ	
КОМПОНЕНТЫ ПЛАЗМЫ КРОВИ	ФУНКЦИИ
КОМПОНЕНТЫ, ПРИСУТСТВУЮЩИЕ В ПОСТОЯННОМ КОЛИЧЕСТВЕ	
ВОДА (90%)	Основной компонент лимфы. Служит источником воды для клеток. Разносит по телу множество растворенных в ней веществ. Способствует поддержанию кровяного давления и объема крови.
БЕЛКИ ПЛАЗМЫ (7-8%):	
1. Сывороточный альбумин	Содержится в очень большом количестве. Связывает присутствующий в плазме кальций (Ca).
2. Сывороточные глобулины	
А) альфа-глобулин	Связывает тироксин ¹¹ и билирубин ¹²
Б) бета-глобулин	Связывает железо, холестерол ¹³ и витамины А, Д, К.
В) гамма-глобулин	Их называют - антитела, т.е. специфические вещества, образующиеся у теплокровных животных и человека на введение им различных антигенов (бактерий, вирусов и т.п.) и нейтрализующие их вредное действие.
3. Протромбин	Каталитический фактор, участвует в свертывании крови
4. Фибриноген	Участвует в свертывании крови
5. Ферменты	Участвуют в метаболических процессах
МИНЕРАЛЬНЫЕ ИОНЫ (0.9%)	
Положительно заряженные (катионы) - натрия (Na), калия (K), кальция (Ca), магния (Mg)	Совместно участвуют в регуляции осмотического давления и pH крови.
Отрицательно заряженные (анионы) - хлора (Cl) и др.	Оказывают ряд других воздействий (например: участвуют в свертывании крови, регуляции мышечного сокращения и др.)

⁹ Онкотическое давление – это осмотическое давление, создаваемое белками крови.

¹⁰ Водородный показатель – это активная реакция крови, обусловленная концентрацией ионов водорода, которую выражают через pH. pH может изменяться от 0 до 14. Если pH= 7, то раствор имеет нейтральную реакцию, если pH меньше 7, то раствор кислый, если больше 7, то щелочной.

¹¹ Тироксин – гормон щитовидной железы, ускоряющий окислительные реакции в организме.

¹² Билирубин – желчный пигмент, продукт распада гемоглобина

¹³ Холестерол – (от греч. холи – желчь, синоним – холестерин) – образуется в печени и поступает с пищей (много в молочных продуктах). При избытке его в крови откладывается в стенках кровеносных сосудов.

КОМПОНЕНТЫ, КОНЦЕНТРАЦИИ КОТОРЫХ ИЗМЕНЯЮТСЯ	
Растворимые продукты пищеварения	Постоянно транспортируются в клетки и выделяются из них
Растворимые продукты, подлежащие экскреции	
Витамины и гормоны	

Таблица 14.

ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

Форменные элементы	Строение клетки	Место образования	Продолжительность функционирования	Место отмирания	Содержание в 1 мм ³ крови	Основная функция
ЭРИТРОЦИТЫ* Диаметр клеток 7-8 мкм	Красные безъядерные клетки крови двояковогнутой формы. Содержат белок – гемоглобин	Красный костный мозг (кости черепа, грудина, ребра, позвонки, ключицы, лопатки)	3-4 месяца	Печень или селезенка (каждую секунду разрушается от 2-10 млн)	4,5 - 5 млн.	Перенос кислорода из легких в ткани и углекислого газа из тканей в легкие
ЛЕЙКОЦИТЫ** Диаметр клеток 5-20 мкм	Белые кровяные амeboобразные клетки, имеющие ядро. Могут выходить в ткани через межклеточные пространства	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, вилочковая железа (тимус)	3-5 дней	Печень, селезенка, а также места, где идет воспалительный процесс	6-8 тыс.	Защита от болезнетворных организмов и обеспечение иммунитета
ТРОМБОЦИТЫ Диаметр клеток 2-3 мкм	Кровяные пластинки - фрагменты клеток, неправильной формы, окруженные мембраной и, обычно, лишены ядра	Красный костный мозг	5-7 дней	Печень, селезенка, легкие	300-400 тыс.	Участие в процессе свертывания крови

* Эритроциты составляют основную массу форменных элементов крови позвоночных животных, у большинства беспозвоночных их нет. У рыб, амфибий, рептилий и птиц эритроциты овальной формы и содержат ядро. У большинства млекопитающих, кроме

верблюда и ламы (они у них овальные) эритроциты круглой формы. У всех млекопитающих они безъядерные. Процесс образования эритроцитов носит название **гемопоэза (эритропоэза) или кроветворения**, поэтому ткань, в которой они образуются, называют **кроветворной или гемопоэтической**.

У мужчин в 1 мм³ крови, в среднем, содержится больше эритроцитов (5,1 млн.), чем у женщин (4,6 млн.). Увеличение количества эритроцитов в крови за счет их усиленного образования или поступления из кровяных депо называется **эритроцитозом**. Уменьшение количества эритроцитов в крови, в результате кровопотери, разрушения или пониженного образования, либо снижение в них количества гемоглобина называется **анемией (малокровием)**.

Функции эритроцитов (кроме основной):

- Играют роль в поддержании постоянства активной реакции крови (рН) и ее ионного состава
- Участвуют в водном и солевом обмене
- Связывают на поверхности токсины и продукты расщепления белков

**** Лейкоциты.** Существуют две группы лейкоцитов – **гранулоциты (зернистые лейкоциты) и агранулоциты (незернистые лейкоциты)**

Гранулоциты (зернистые или полиморфноядерные лейкоциты) образуются в костном мозге, но не из тех клеток, из которых образуются эритроциты. Все гранулоциты содержат разделенное на лопасти ядро, зернистую цитоплазму и обладают способностью к амeboидному движению. В зернах (гранулах) гранулоцитов содержатся биологически активные вещества, которые выделяются наружу из клетки при участии их в различных реакциях. **Гранулоциты можно подразделить на нейтрофилы, базофилы и эозинофилы.**

Нейтрофилы. У здоровых людей эти клетки составляют от 50-70% от всех лейкоцитов. Гранулы их содержат перекиси и ферменты. Их главная функция – фагоцитоз. Эту функцию нейтрофил осуществляет за свою жизнь обычно однократно: захватив, убив и переварив микроб или другую чужеродную клетку, он гибнет, подобно воину-камикадзе. Кроме того, нейтрофил может убить чужеродную клетку не только внутри себя, но и снаружи, выделив биологически активные вещества.

Базофилы. У здоровых людей их содержание не превышает 1%, это самая немногочисленная группа среди лейкоцитов. В их цитоплазме содержатся гранулы, содержащие набор биологически активных веществ: гистамин (вызывает расширение сосудов, спазм бронхов), серотонин (расширяет кровеносные сосуды кожи и скелетных мышц, но сужает их при кровопотерях), гепарин (препятствует свертыванию крови) и др. Функция базофилов – выброс этих веществ в окружающую среду.

Эозинофилы. У здоровых людей эти клетки составляют от 3-4% от всех лейкоцитов. Их гранулы содержат ферменты, нейтрализующие вещества, выделяемые базофилами. В этом и состоит их главная функция. При этой работе их можно, образно, сравнить с графитовыми стержнями в атомном реакторе, которые в зависимости от степени их погружения в реактор контролируют идущий процесс горения, в той или иной степени замедляя его.

Следует отметить, что базофилы и эозинофилы тоже способны к фагоцитозу, но они в этом менее активны, чем нейтрофилы.

Другая группа лейкоцитов – **Агранулоциты** (одноядерные лейкоциты), которые содержат ядро овальной формы и незернистую цитоплазму. Существуют две основные формы агранулоцитов – **моноциты и лимфоциты.**

Моноциты. У здоровых людей эти клетки составляют от 4-8 % от всех лейкоцитов. Это самые крупные клетки крови. Имеющие округлую форму. Переходя в ткани моноциты превращаются в макрофаги самых разнообразных типов, среди которых наиболее многочисленные тканевые макрофаги, обладающие высокой фагоцитарной активностью и подвижностью. Именно фагоцитоз – это важнейшая функция большинства макрофагов.

другая их не менее важная функция – это синтез многих десятков биологически активных веществ. Таким образом, моноциты – самые активные фагоциты среди всех клеток крови.

Лимфоциты. У здоровых людей эти клетки составляют от 20-30 % от всех лейкоцитов, из которых 70% – это так называемые **Т-лимфоциты** (от слова – тимус), а 20% – **В-лимфоциты** (от слова "bursa" – фабрициева сумка у птиц), остальные – это так называемые нулевые клетки (прил., схема 26).

Функции Т-лимфоцитов: а) Т-киллеры – клетки убийцы – разрушают чужеродные тела: бактерии, вирусы и т.п.; б) Т-хелперы – помощники – стимулируют образование антител В-лимфоцитами; в) Т-супрессоры – угнетают образование антител В-лимфоцитами и действие других В-лимфоцитов.

Функции В-лимфоцитов: вырабатывают антитела к чужеродным веществам, которые нейтрализуют и связывают, подготавливая их фагоцитоз.

Процентное соотношение разных видов лейкоцитов в крови называют **лейкоцитарной формулой**.

Большая часть лейкоцитов находится в межклеточных пространствах тканей, остальные – в костном мозге, крови и лимфе. Кровь переносит их из мест образования к разным тканям.

Группы крови

Донор - человек, предоставляющий часть своей крови для переливания (табл. 15).

Универсальный донор - человек, кровь которого подходит для переливания реципиентам с любой группой крови.

Реципиент - человек, получающий кровь от донора.

Универсальный реципиент - человек, которому может быть перелита кровь любой группы.

Агглютиногены (антигены А и В) - содержатся в эритроцитах.

Агглютинины (антитела а и b) - содержатся в плазме.

Таблица 15

Группы крови и переливание				
Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины	Донор для	Реципиент от
0 (I)	нет	a; b	I; II; III; IV	I
A (II)	A	b	II; IV	I; II
B (III)	B	a	III; IV	I; III
AB (IV)	AB	нет	IV	I; II; III; IV

ФУНКЦИИ КРОВИ И ХАРАКТЕР ПЕРЕНОСИМЫХ ВЕЩЕСТВ

1. Дыхательная

Переносит кислород (O₂) из органов дыхания к тканям и углекислый газ (CO₂) в обратном направлении. Кислород и углекислый газ содержатся в крови в связанном состоянии (кислород - с гемоглобином, углекислый газ - с белками, а также в виде угольной кислоты и ее солей) и лишь в небольшом количестве в виде растворенного газа (кислород – около 2%, углекислый газ – менее 10%). Возможность крови как переносчика кислорода характеризуется величиной, которая носит название – **кислородная емкость**. Кислородной емкостью обозначают количество кислорода (в мл кислорода/100 мл крови), которое может быть связано кровью до полного насыщения гемоглобина. Так у рыб эта величина равна 9, птиц – 18, млекопитающих - 25 мл O₂/100 мл крови. У человека эта величина равна 20 мл O₂/100 мл крови.

2. Питательная

Кровь переносит питательные вещества от пищеварительного тракта к различным органам и тканям, где эти вещества откладываются в запас или участвуют в метаболизме

(обмене веществ), а также кровь доставляет питательные вещества из мест их хранения к местам использования.

3. Экскреторная (выделительная)

Кровь удаляет ненужные и даже вредные для организма конечные продукты обмена веществ, избыток воды, а также минеральные и органические вещества, поступившие с пищей или образовавшиеся в процессе метаболизма. Аммиак и токсические продукты обезвреживаются в печени, а мочевины, мочевая кислота и избыток воды доставляются кровью к почкам, которые и выводят эти вещества из организма.

4. Регуляторная

Кровь переносит гормоны и биологически активные вещества от мест их образования к другим органам и тканям. Благодаря этому регулируется работа различных органов.

5. Функция переноса информации

(функция креаторных связей – от англ. *creation* – создание)

Она состоит в переносе кровью макромолекул, осуществляющих в организме информационные связи. Благодаря этому регулируются внутриклеточные процессы синтеза белка, осуществляется образование разных типов тканей и поддержание постоянства их структуры.

6. Терморегуляционная

Перенос тепла от органов, в которых оно вырабатывается (мышцы) к органам, отдающим тепло. В результате происходит равномерное распределение тепла в организме.

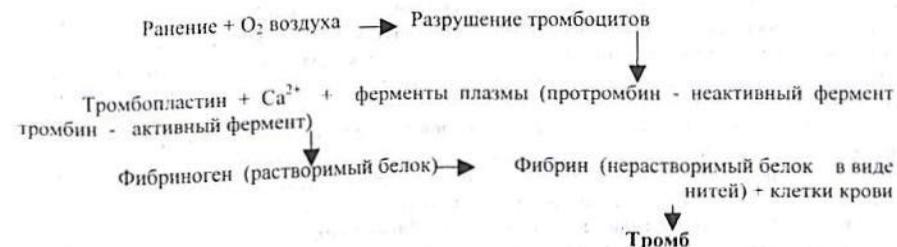
7. Гомеостатическая

Кровь участвует в поддержании постоянства состава крови (водного баланса, уровня глюкозы и т. п.).

8. Защитная

Эту функцию обеспечивают такие свойства крови как свертывание и обеспечение иммунитета.

Схема свертывания крови



ОРГАНЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ



СЕРДЦЕ

Строение сердца

Сердце - полый мышечный орган, массой около 300 г, имеющий форму конуса. Расположено оно в грудной клетке позади грудины. Расширенная часть его - **основание** - обращено кверху, кзади и вправо, а узкая часть - **верхушка** - вниз, кпереди и влево. Две трети сердца находится в левой половине грудной клетки, а одна треть - в правой. Стенки сердца состоят из трех слоев и окружены околосердечной сумкой (перикардом), (прил., схема 31, схема 32).

Стенка сердца состоит из трех слоев.

1. **Эпикард** - наружный слой (серозная оболочка) - покрывает наружную поверхность сердца и ближайшие к сердцу отрезки аорты, легочного ствола и полых вен. Он образован слоем клеток эпителиального типа и представляет собой внутренний листок околосердечной сумки - **перикарда**, который имеет и наружный листок. Между внутренним и наружным листками перикарда имеется щелевидная полость, содержащая серозную жидкость, которая способствует уменьшению трения между листками и самим сердцем при сердечных сокращениях.

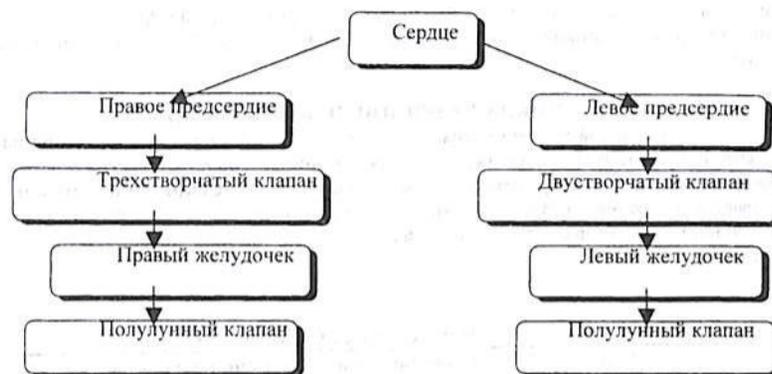
2. **Миокард** - средний, самый толстый слой (сердечная мышца, имеющая поперечнополосатую исчерченность), состоит из особой поперечнополосатой мышцы (вспомните, в чем ее отличие от обычной поперечнополосатой мышечной ткани!!!). В миокарде хорошо выделяются два отдела: менее выраженная мускулатура предсердий и мощная мускулатура желудочков. **Мышечные пучки предсердий и желудочков между собой не соединяются.**

3. **Эндокард** - внутренний слой (соединительная ткань с большим числом эластических волокон и гладких мышечных клеток). Выстилает полости сердца изнутри и его выросты образуют клапаны сердца.

Сердце человека продольной перегородкой разделено на две половины, не сообщаемые между собой - правую и левую. В верхней части обеих половинок расположены **правое и левое предсердия**, в нижней части - **правый и левый желудочек**. Таким образом, сердце человека имеет четыре камеры: два предсердия и два желудочка.

Каждое предсердие сообщается со своим желудочком предсердно-желудочковым (или **атриовентрикулярным**) отверстием, которое закрывают **специальные клапаны**, представляющие собой складки эндокарда. По своему строению они являются **створчатыми**.

Стенки левого желудочка значительно толще стенок правого, за счет большего развития миокарда. Стенки левого желудочка представляют собой мощный цилиндр из циркулярной мускулатуры, покрытый снаружи и изнутри спиральными волокнами. В правом желудочке циркулярный слой развит значительно слабее, а основную массу составляют спиральные волокна.



Регуляция работы сердца

1. **Автоматия сердечной мышцы** - способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в самой сердечной мышце. Нормальный ритм сердцу задают специальные клетки синуса правого предсердия.

2. **Нервная регуляция:** а) симпатические нервы увеличивают частоту и силу сердечных сокращений; б) парасимпатические нервы уменьшают частоту и силу сердечных сокращений.

3. **Гуморальная регуляция:** а) адреналин, ионы кальция увеличивают частоту и силу сердечных сокращений; б) ионы калия урежают, уменьшают частоту и силу сердечных сокращений.

Центр регуляции работы сердца расположен в продолговатом и спинном мозге.

Болезни сердца

Болезни сердца - ведущая причина смерти и инвалидности населения в развитых странах. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний превышает суммарную смертность от других, следующих по значимости, основных причин: рака, несчастных случаев, хронических заболеваний легких, пневмонии, сахарного диабета, цирроза печени и самоубийств. Болезни сердца могут иметь множество причин, но к важнейшим из них относятся лишь немногие, тогда как все остальные встречаются относительно редко. В большинстве стран мира список таких болезней, распространенных по частоте и значимости, возглавляют четыре группы: врожденные пороки сердца, ревматические болезни сердца (и другие поражения сердечных клапанов), ишемическая болезнь сердца и гипертоническая болезнь.

В развитых странах ишемическая болезнь сердца стала самой частой причиной смерти и инвалидности, связанными с сердечно-сосудистыми заболеваниями. На ее долю приходится около 30% смертности. Она намного опережает другие заболевания в качестве

причины внезапной смерти и особенно часто встречается у мужчин. Развитию ишемической болезни сердца способствуют такие факторы, как курение, гипертония (повышенное кровяное давление), высокий уровень холестерина в крови, наследственная предрасположенность и малоподвижный образ жизни. С течением времени отложения холестерина и кальция, а также разрастание соединительной ткани в стенках коронарных сосудов утолщают их внутреннюю оболочку и приводят к сужению просвета. Частичное сужение коронарных артерий, ограничивающее кровоснабжение сердечной мышцы, может вызывать стенокардию (грудную жабу) – сжимающие боли за грудиной, приступы которых чаще всего возникают при увеличении рабочей нагрузки на сердце и соответственно его потребности в кислороде. Сужение просвета коронарных артерий способствует также образованию в них тромбов. А суженные коронарные артерии не в состоянии удовлетворить возрастающую при физических нагрузках потребность сердечной мышцы в кислороде.

ЦИКЛ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При нормальной частоте сокращений сердца – 70-75 ударов в минуту **полный цикл сердечной деятельности** продолжается 0,8 сек. *Отделы сердца – предсердия и желудочки сокращаются не одновременно, а последовательно. Сокращение мышц сердца называется систолой, а расслабление – диастолой* (прил., схема30). Цикл сердечной деятельности складывается из трех фаз (началом каждого цикла считается систола предсердий), (табл.16).

Таблица 16

Цикл сердечных сокращений

Фазы сердечного цикла	Длительность фазы (с)	Движение крови	Состояние клапанов	
			створчатых	полулунных
Систола предсердий	0,1	Из предсердий в желудочки	Открыты	Закрыты
Систола желудочков	0,3	Из желудочков в сосуды	Закрыты	Открыты
Диастола	0,4	Кровь пассивно заполняет предсердия и желудочки	Открыты	Закрыты

И.М. Сеченов рассчитал, что желудочки сердца работают 8 часов в сутки. При учащении сердцебиения, например, во время тяжелой мышечной работы, укорочение сердечного цикла происходит за счет сокращения отдыха, т.е. общей паузы. Длительность систолы предсердий и желудочков не меняется. Кроме того, ритм работы сердца зависит от массы организма и уровня обменных процессов (метаболизма).

КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ

Артерии и артериолы – сосуды, по которым кровь движется от сердца. У здорового человека диаметр аорты составляет приблизительно 2,5 см. Этот крупный сосуд отходит от сердца вверх, образует дугу, а затем спускается через грудную клетку в брюшную полость. По ходу аорты от нее ответвляются все крупные артерии, входящие в большой круг кровообращения (прил., схема25).

На всем протяжении кровеносного русла артерии по мере своего разветвления становятся все меньше и меньше и, наконец, приобретают калибр, лишь в несколько раз превышающий размеры содержащихся в них клеток крови. Эти сосуды называются артериолами; продолжая делиться, они образуют диффузную сеть сосудов (капилляров), диаметр которых примерно равен диаметру эритроцита (7 мкм). По мере уменьшения

диаметра артерий их стенки истончаются, пока – на артериолярном уровне – в них остаются в основном спиральные мышечные волокна, немного эластической ткани и внутренняя выстилка из эндотелиальных клеток.

Капилляры – мельчайшие кровеносные сосуды, в которых происходит газообмен и обмен веществ между кровью и клетками организма. Хотя в этих тончайших трубочках содержится менее 5% объема циркулирующей крови, они крайне важны. Капилляры образуют промежуточную систему между артериолами и венулами, и их сети настолько плотны и широки, что ни одну часть тела нельзя проколоть, не пронзив огромное их количество. Именно в этих сетях под действием осмотических сил совершается переход кислорода и питательных веществ в отдельные клетки организма, а взамен в кровь поступают продукты клеточного метаболизма.

Кроме того, эта сеть играет важнейшую роль в регуляции и поддержании температуры тела. Постоянство внутренней среды (гомеостаз) организма человека зависит от сохранения температуры тела в узких границах нормы (36,8–37°C). Обычно кровь из артериол попадает в венулы через капиллярное ложе, но в условиях холода происходят закрытие капилляров и снижение кровотока, в первую очередь в коже; при этом кровь из артериол поступает в венулы, минуя множество разветвлений капиллярного ложа (шунтирование). Напротив, при необходимости теплоотдачи, например в тропиках, все капилляры открываются, и кожный кровоток возрастает, что способствует потере тепла и сохранению нормальной температуры тела.

Венулы и вены – На противоположной стороне капиллярного ложа сосуды сливаются в многочисленные мелкие каналы, венулы, которые по размерам сравнимы с артериолами. Они продолжают соединяться, образуя более крупные вены, по которым кровь от всех частей тела оттекает обратно к сердцу. Венозное давление, в отличие от давления в артериях, не зависит напрямую от напряжения мышц сосудистой стенки, так что кровоток в нужном направлении определяется в основном иными факторами: подталкивающей силой, создаваемой артериальным давлением большого круга кровообращения; «присасывающим» эффектом отрицательного давления, возникающего в грудной клетке при вдохе; насосным действием мышц конечностей, которые в ходе обычных сокращений проталкивают венозную кровь к сердцу.

Для движения крови по венам, которое происходит практически без пульсации и при сравнительно низком давлении, не требуется таких толстых и упругих стенок, как у артерий. Другое важное отличие вен от артерий – присутствие в них клапанов, поддерживающих при низком давлении кровотока в одном направлении. В наибольшем количестве клапаны содержатся в венах конечностей, где мышечные сокращения играют особенно важную роль в перемещении крови обратно к сердцу. Крупные вены, такие, как полые, воротная и подвздошные, клапанов лишены.

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Малый круг кровообращения – путь крови от правого желудочка (кровь венозная) через артерии, капилляры и вены легких до левого предсердия (кровь артериальная). Происходит за 4 с.

Большой круг кровообращения – путь крови от левого желудочка (кровь артериальная) через аорту, артерии, артериолы, капилляры, венулы и вены всех органов тела до правого предсердия (кровь венозная). Происходит за 23 с (рис.35).

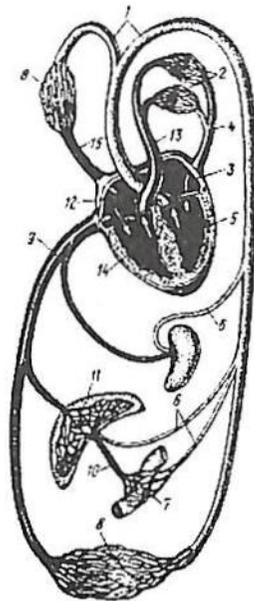


Рис.35. Малый и большой круги кровообращения:

- 1 - аорта, 2 - капиллярная сеть легких, 3 - левое предсердие, 4 - легочные вены, 5 - левый желудочек, 6 - артерии внутренних органов, 7 - капиллярная сеть непарных органов брюшной полости, 8 - капиллярная сеть тела, 9 - нижняя полая вена, 10 - воротная вена печени, 11 - капиллярная сеть печени, 12 - правый желудочек, 13 - легочный ствол (артерия), 14 - правое предсердие, 15 - верхняя полая вена

КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Непрерывным условием движения крови по системе кровеносных сосудов является разность давления между артериями и венами. Ток крови осуществляется из области большего давления в область меньшего.

В артериях наивысшее давление наблюдается во время систолы – максимальное (**систолическое**). Наименьшее – во время диастолы – минимальное (**диастолическое**). Разница между ними – **пульсовое** давление.

Давление крови - сила, с которой кровь давит на стенки сосудов.



У взрослых здоровых людей максимальное давление в норме равно 110 – 120 мм рт. ст., а минимальное 70 – 80 мм рт. ст.

Понижение максимального кровяного давления ниже 100 мм рт. ст. – гипотония, повышение выше 130 мм рт. ст. – гипертония.

Величина кровяного давления служит важной характеристикой сердечной деятельности. Систолическое давление говорит о работе сердечной мышцы и эластичности сосудов (чем меньше эластичность, тем выше давление), диастолическое характеризует периферическое сопротивление сосудов (периферическое сопротивление, в основном, зависит от диаметра артериол: уменьшение просвета артериол приводит к задержке крови в артериях и, соответственно, к повышению давления крови).

При интенсивной мышечной работе обычно растет систолическое давление, достигая 200 мм рт. ст. и выше, а минимальное не меняется.

Участками с наибольшим сопротивлением являются артериолы и капилляры – 85 % энергии сердца расходуется на продвижение по ним и только 15 % - на продвижение по крупным и средним артериям и венам.

Измерение кровяного давления:

- 1) **прямое** – путем введения стеклянной канюли в артерию → соединяют с прибором;
- 2) **непрямое** – способом И. С. Короткова (с помощью тонометра).

ПУЛЬС

Пульс - ритмические колебания стенок сосудов, возникающие при гидродинамическом ударе во время сердечного выброса. В норме 60-80 ударов в минуту.

Пульсовая волна - волнообразное колебание эластической стенки артериальных сосудов.

Систола желудочков → колебания стенки аорты → распространяются по стенкам артерий.

Скорость распространения **пульсовой волны** составляет 7-10 м/с,
а скорость движения **крови** 0,5 м/с.

Скорость распространения пульсовой волны	
прямо пропорциональна	обратно пропорциональна
1) напряжению стенки артерий	диаметру артерии
2) толщине стенки артерий	

Скорость распространения пульсовой волны до 26 лет = 7,5 м/с
44 – 55 лет = 8 м/с

У гипертоников (людей с повышенным артериальным давлением) скорость распространения пульсовой волны значительно выше.

Пульс имеет следующие характеристики:

- 1) **частота** – число ударов пульса в минуту = частоте сердцебиения;
- 2) **быстрота** – продолжительность пульсовой волны;
- 3) **величина** – высота колебаний стенок сосудов;
- 4) **напряжение** – сила, с которой нужно сдавить артерию до исчезновения пульса;
- 5) **ритм** – продолжительность интервалов времени между пульсовыми волнами.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ ПО СОСУДАМ

Движение крови по сосудам обеспечивается:

1. Работой самого сердца (функция насоса). За одно сокращение желудочки выбрасывают в среднем 140 мл крови.
2. Разностью кровяного давления (в аорте - 150 мм рт.ст., в крупных артериях - 120 мм рт.ст., в капиллярах - 30 мм рт.ст. и около 10 мм рт.ст. в венах).
3. Сокращением скелетной мускулатуры нижних конечностей.
4. Присасывающей силой грудной клетки, возникающей при ее расширении во время вдоха.
5. Наличием клапанов в крупных венах.

Артерии, капилляры, вены представляют собой систему сообщающихся сосудов, по которым непрерывно течет кровь. При нормальной циркуляции крови приток к сердцу всегда равен оттоку. В этих условиях **через любое общее сечение (суммарный просвет)** различных участков кровеносной системы: артерии, капилляры и вены - должно проходить одинаковое количество крови (прил., схемы 27,28,29).

Однако скорость течения крови в артериях, капиллярах и венах различна (таблица 17). Из курса физики известно, что в замкнутой системе трубок, скорость течения в расширенной части меньше, чем в узкой. Этим объясняется замедление тока крови в капиллярах.

Суммарная ширина русла вен в 2 раза больше суммарной ширины русла артерий.

Таблица 17

Изменение кровяного давления и линейной скорости кровотока в большом круге кровообращения

	Аорта*	Крупные артерии	Мелкие артерии	Артериолы	Капилляры	Мелкие вены	Крупные вены
скорость кровотока, см/с	50	40---	---10	10 - 0,1	0,1 - 0,05	0,3 - 5	20 - 25
Давление, мм рт. ст.	120 - 140	110 - 120	70 - 90	20 - 30	30 → 10**	10 - 15	5 - 6

* -- для артерий указано систолическое давление.

** -- падает от артериального конца к венозному.

Адаптационные реакции ССС на физическую (тренировочную) нагрузку.

Во время физической нагрузки происходят изменения в ССС, наиболее информативным параметром которой является частота сердечных сокращений. Кроме того резко возрастает потребность в кислороде у активных мышц, ускоряется метаболические процессы, возрастает количество продуктов распада при обмене веществ, используется большее количество питательных веществ, повышается температура тела, увеличивается концентрация ионов водорода в мышцах и крови, что вызывает снижение давления крови в организме.

Увеличение ЧСС в начальный период выполнения физических нагрузок обусловлено, прежде всего, пропорциональным возрастанием интенсивности нагрузки и повышением систолического объема крови. Так происходит до начала периода крайнего утомления.

При переходе от состояния покоя (ЧСС перед выполнением физических нагрузок нельзя считать ЧСС в покое) к выполнению физической нагрузки кровь отводится от участков, где ее наличие необязательно под воздействием симпатической нервной системы и направляется на участки активно участвующие в выполнении физических упражнений.

При выполнении физических упражнений изменяется артериальное давление как систолическое, так и диастолическое, которые изменяются по-разному. Систолическое - повышается, причем, пропорционально интенсивности нагрузки. Так, например, в покое давление 120 мм рт. ст. при повышении интенсивности упражнений (нагрузки) оно возрастает до 200 мм. рт. ст. и более. Это происходит за счет увеличения систолического объема крови на 40 - 60% от максимального значения. У нетренированных людей этот объем в покое увеличивается от 50(60 мл) до 100-120 мл у спортсменов от 80 - 110 мл в покое до 160 - 200 мл при максимальной нагрузке.

При увеличении физической нагрузки увеличивается масса и объем сердца, а так же размер камер и мощность миокарда левого желудочка, что приводит к увеличению сердечного выброса при максимальных уровнях физической нагрузки. В покое сердечный выброс не изменяется. Активные мышцы при выполнении физических упражнений требуют большого количества кислорода. При физических нагрузках увеличивается число волокон мышц, число капилляров и, следовательно, возрастает кровоток. При этом меньше количество крови скапливается в венах, и они меньше расширяются. Происходит перераспределение крови в организме.

Тренировка, направленная на развитие выносливости улучшает кровоснабжение мышц, снижает артериальное давление в покое, снижает ЧСС. После месячной тренировки ЧСС обычно снижается на 20 - 40 ударов при субмаксимальной интенсивности физической нагрузки.

Во время физической нагрузки усиливается обмен веществ в организме, значение функции крови возрастает.

С возрастом способность ССС потреблять кислород и перемещать насыщенную кислородом кровь по всему организму, а также способность мышц эффективно утилизировать этот кислород снижаются. С практической точки зрения, способность потреблять и использовать кислород определяет способность человека выполнять физическую работу, бегать или ходить, подниматься по ступенькам, думать и, следовательно, жить полноценной жизнью. Способность использовать кислород обычно называют "потреблением кислорода" или "аэробной производительностью". Чаще всего потребление кислорода определяют его максимальным потреблением (МПК). Это достаточно надежный показатель эффективности совместной деятельности сердца, легких, кровеносных сосудов и мышц, а так же их состояния. Известно, что в год МПК снижается на 1%, достигая пикового значения к 20 годам, а половину пикового значения достигает к 80 годам. Такое снижение аэробной производительности с возрастом во многом является не результатом старения, а следствием образа жизни, в частности, увеличение массы тела и отсутствие физических нагрузок, что снижает функциональные способности ССС.

Факторы здоровья сердечно-сосудистой системы системы кровообращения

Для правильного функционирования системы кровообращения необходимо сильное сердце, сосуды, способные переносить достаточное количество крови и здоровая кровь. При отсутствии этих составляющих возникают серьезные осложнения со здоровьем. Ежегодно происходит 25% летальных исходов в результате инфарктов, вызванных утолщением артерий. Помимо инфарктов, нарушение кровообращения может послужить причиной кровоизлияния в головной мозг, заболеваний почек, варикозного расширения вен, тромбоза и ряда других заболеваний опасных для жизни.

Три основных фактора, затрудняющих кровообращение: повышенное кровяное давление (гипертония), повышенное содержание в крови триглицеридов и холестерина, зависящие непосредственно от питания и наследственной предрасположенностью и курение. Наличие всех трех факторов повышает степень риска в 6 раз и более, чем при наличии одного.

Чтобы обеспечить профилактику заболеваний необходимо следить за питанием, избегать курения и остерегаться стрессов, регулярно заниматься физическими упражнениями.

Застойный синдром (он же венозный, сосудистый ножной)

Этот синдром представляет отеки на ногах, возникающие при длительной непрерывной сидячей работе у компьютера. Появляется он в той или иной степени в какой-то определенный момент практически у всех.

Кровеносная система отвечает всем законам гидравлики - науки о движении жидкости и как любая гидравлическая система имеет шланги - сосуды и насосы, которые приводят в движение жидкость - кровь. Что же выполняет в человеческом организме роль насосов?

Главным насосом в системе кровообращения является сердце. Этот насос качает кровь по сосудам от сердца к органам и тканям от них обратно к сердцу. Однако, силы, т.е. мощности одного насоса явно недостаточно, чтобы в одиночку поднять кровь на высоту от пяток к сердцу. Поэтому природой предусмотрено наличие помощника - мышечно-венозного насоса ног, который представляет собой вены с клапанами, окруженные мышцами.

При движении человека во время ходьбы мышцы ног сдавливают вены, создавая избыточное давление на участке между клапанами. Клапаны подобно груше ниже участка сдавливания закрываются, а выше открываются, и порция крови устремляется к сердцу - так работает мышечно-венозный насос.

В покое, когда человек стоит или сидит (рис.36), мышцы ног почти не работают, а соответственно мышечно-венозный насос как бы отключен.

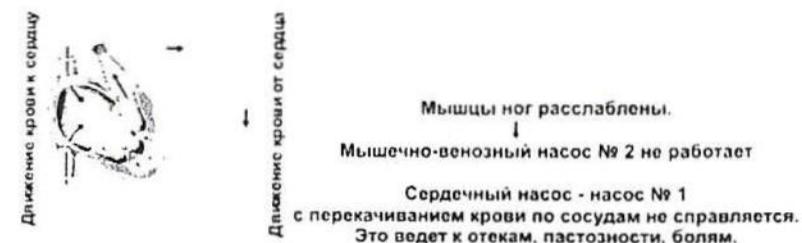


Рис. 36. Застойный синдром

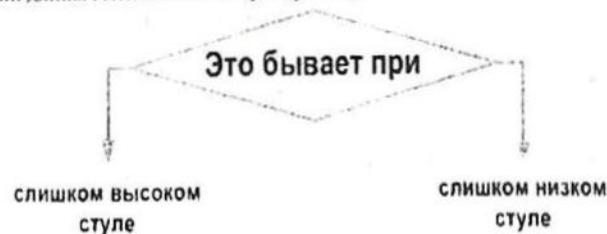
Сердце - насос №1 без насоса №2 не в состоянии поднять к себе кровь, поэтому часть крови остается и накапливается "застаивается" в сосудах ног, что и приводит к застойным процессам, отекам пастозности ног. А чтобы запустить насос №2, необходимо заставить работать мышцы ног.

Часто, сидя за компьютером, мы позволяем себе положить ногу на ногу (рис. 37). При этом механически передавливаются вены ног, нарушается кровоток в сосудах, что также ведет к пастозности и отекам. Кроме того, при такой позе создаются неблагоприятные условия для малого берцового нерва выходящей ноги, которая своей массой придавливает этот нерв к наружной поверхности коленного сустава нижней расположенной ноги, что приводит к онемению.



Рис. 37

Аналогичен механизм передавливания вен с последующей пастозностью и отеком при несоответствии длины голени высоте стула (рис.38).



Лимфатическая система обеспечивает проведение лимфы по организму, поддержание нормального обмена в тканях, транспортировку питательных веществ (особенно жиров), возврат белков из тканевой жидкости в кровь, участвует в иммунных реакциях защиты (прил., схема 34).

Лимфообращение - движение лимфы по лимфатическим сосудам.

Лимфа (необходимо отличать от гемолимфы!!!) – бесцветная жидкость соленого вкуса щелочной реакции (рН 7,35-9,0), ее образование обусловлено постоянным переходом жидкости, содержащей питательные вещества и кислород, из кровеносных капилляров в ткани, благодаря чему образуется тканевая жидкость. *В эту жидкость из клеток выделяются продукты обмена веществ, которые частично поступают обратно в кровеносные капилляры, а частично вместе с жидкостью проникают в лимфатические капилляры, образуя лимфу.* Лимфа содержит фибриноген и протромбин, поэтому она свертывается. Более продолжительное, чем у крови, свертывание объясняется недостатком тромбоцитов. После свертывания лимфы образуется рыхлый желтоватый сгусток, а выступающую из него жидкость называют сывороткой.

Содержание лимфы в разных органах различно и соответствует их функции. На 1 кг массы органа приходится в печени 21-36 мл лимфы, сердце – 5-18, селезенке – 3-12 и мышцах конечностей – 2-3 мл. Наибольшее количество лимфы образуется в печени, что связано с транспортом синтезирующихся здесь белков.

В 1 мкл лимфы грудного протока от $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4$ лимфоцитов (у кошки-1200, у кролика-32 600).

Механизм образования лимфы

Лимфообразование основано на таких процессах, как:

- фильтрация;
- диффузия;
- осмос;
- разница гидростатического давления крови в капиллярах и межтканевой жидкости;
- проницаемость лимфатических капилляров.

Поступление различных веществ (частиц различного размера) в лимфатические капилляры происходит двумя путями:

- 1) Через межклеточные щели стенок капилляров, которые могут расширяться и пропускать из окружающих тканей крупнодисперсные частицы.
- 2) Через цитоплазму непосредственно эндотелиальных клеток с помощью микропиноцитозных пузырьков.

Количество оттекающей от органов лимфы сильно колеблется и увеличивается при следующих условиях:

- 1) повышение кровяного давления;
- 2) усиление притока артериальной крови;
- 3) венозный застой;
- 4) увеличение общего объема крови;
- 5) усиление деятельности органов (мышцы, печень).

- **Лимфатическая система** является частью сосудистой системы. Представляет собой разветвленную систему сосудов с расположенными по их ходу узлами. Лимфа движется от лимфатических капилляров через лимфатические сосуды (с лимфатическими узлами) к крупным венам, где и впадает в кровяное русло.



Угол менее 90°

Угол более 90°

Угол равен 90°

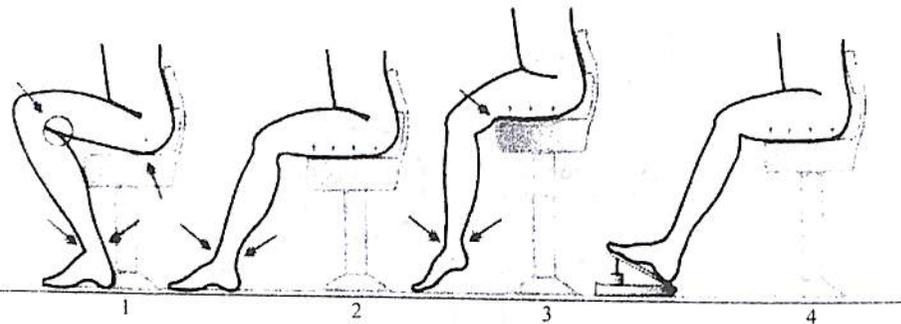


Рис. 38

Условные обозначения:

- ← повышенная напряженность в местах длительных, нефизиологических изгибов, возникающая в следствие нарушения свободы кровотока, ведущая к усталости, судорогам, боли – рисунки 38 (1,2,3)

- площадь соприкосновения человека со стулом

На рисунке 38(4) изгиб в голеностопном суставе физиологический, повышенная напряженность отсутствует;

Удобство и комфортность, в том числе и дискомфорт при нахождении человека на стуле, определяется удельным давлением веса человека на стул и определяется по формуле:

$$P = \frac{P}{S}$$

- вес человека
- площадь соприкосновения человек стул

Формула показывает, что чем меньше площадь соприкосновения человека со стулом, тем больше удельное давление и меньше удобства и комфортности - рис.38.1.

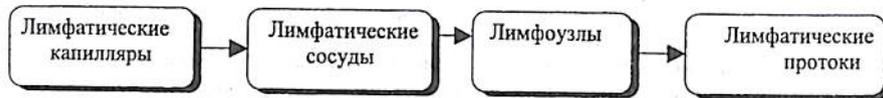
Наиболее удобное и комфортное состояние показано на рис.38.4. При этом вес тела распределен на большой площади соприкосновения со стулом и отсутствует повышенная напряженность в суставах вследствие придания им физиологического изгиба.

- Лимфатическая система представлена совокупностью сосудов, обеспечивающих всасывание из тканей воды с растворенными в ней веществами, коллоидных растворов белков, эмульсий жиров и взвесей бактерий, и продуктов распада клеток и др., которые не могут всасываться в кровеносные капилляры.

Таким образом, "формула" лимфатической системы будет выглядеть следующим образом:

Строение лимфатической системы

Схема строения лимфатической системы



Лимфатические капилляры начинаются слепо (замкнуто) в межклеточном пространстве.

Стенки состоят из одного слоя эндотелия. Их диаметр в несколько раз больше диаметра кровеносных капилляров. Лимфатические капилляры находятся во всех органах, кроме головного и спинного мозга, паренхимы селезенки, хрящей, склеры и роговицы глаз, а также плаценты. Из сетей лимфатических капилляров берут свое начало лимфатические сосуды, отличительной особенностью которых является наличие в них клапанов.

Лимфатические сосуды по своему строению очень похожи на мелкие вены. В их стенках имеется три слоя: наружный, средний и внутренний. Лимфатические сосуды, как и вены, снабжены клапанами, допускающими ток лимфы только по направлению к подключичным венам. Лимфатические сосуды сливаются в стволы, которые образуют два протока – левый (шейный) и правый (грудной). Входя в лимфатический узел, сосуды теряют свою стенку, а лимфа поступает в межклеточное пространство.

Лимфатические узлы лежат по ходу лимфатических сосудов. Имеют бобовидную форму и диаметр (в норме) от 3 до 30 мм. У человека их насчитывается до 460. Они состоят из ретикулярной (сетчатой) ткани. В ее петлях находится скопление образующихся здесь лимфоцитов, которые поступают в протекающую лимфу. Снаружи узлы покрыты капсулой из соединительной ткани с отложениями жира. Особенно много лимфатических узлов на шее и груди, в брюшной полости, в паху, в подмышечной впадине. Крупные образования из лимфоидной ткани находятся в области глотки. В лимфатических узлах происходит задержка и фагоцитоз микробов, попадающих в ткани тела.

Скорость течения лимфы очень мала и непостоянна; общее количество ее, поступающее в кровь за 1 час составляет около 100 мл (в то время как общий объем крови в организме составляет около 5 литров).

Движение лимфы по сосудам обеспечивается:

- Сокращением близлежащих скелетных мышц, сжимающих лимфатические сосуды.
- Наличием клапанов в лимфатических сосудах, препятствующих обратному току.
- Дыхательными движениями грудной клетки.
- Пульсацией прилежащих к лимфатическим капиллярам артерий.
- Лимфангионами (наличием в стенках лимфатических сосудов участков, способных к сокращению)
- Давлением все новых её количеств, образующихся в тканях.

Лимфа передвигается значительно медленнее крови. Если скорость оттока лимфы меньше скорости ее образования, она скапливается в межклеточных пространствах и может вызвать отёк, т.е. увеличение объема органа, части тела или всего тела.

Функции лимфатической системы

- Поддержание водного баланса тканей (возвращение жидкости в систему кровообращения).
- Поддержание коллоидно-осмотического давления крови (единственно возможный путь возвращения белков в кровь из тканевой жидкости).
- Барьерная - отфильтровывание бактерий и других инородных частиц (их инактивация и уничтожение).
- Лимфопоз - образование лимфоидных элементов (в частности лимфоцитов) и участие в иммунной защите организма.
- Перенос в кровь жиров, всасываемых кишечными ворсинками.

Лимфоидные органы – органы многих разнообразных систем организма, объединяемые по выполняемой ими функции: **выработка лимфоцитов и участие в защитных реакциях**. Лимфоидные органы принято разделять на первичные и вторичные.

К первичным относят: костный мозг и тимус (вилочковая железа). А к вторичным: селезенку, лимфатические узлы, органные скопления лимфоидной ткани у слизистых оболочек – червеобразный отросток (аппендикс), пейеровы бляшки, миндалины и другие образования глоточного лимфоидного кольца, одиночные (**солитарные**) лимфоидные фолликулы стенок кишечника и влагалища, слизистой бронхов, в мочевых путях, в почках, в коже и вокруг очагов хронического воспаления.

СЕЛЕЗЕНКА

Селезенка - лимфоидный орган, средние размеры: длина - 12 см, ширина - 8 см, толщина 3-4 см; вес около 170 г (100-200 г). По форме напоминает кофейное зерно, темно-красного цвета с фиолетовым оттенком. Расположена в левом подреберье на уровне от IX до XI ребра.

Функции селезенки

- Кроветворная (образование лейкоцитов).
- Фагоцитарная (освобождение от попавших в кровь болезнетворных микробов, взвешенных инородных частиц и т.д.).
- Утилизация отмерших эритроцитов ("кладбище эритроцитов").

Раздел 9. ИММУННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗМА

Иммунную систему (систему защиты) организма можно характеризовать как **систему, контролирующую качественное постоянство клеточного и гуморального состава организма**¹⁴.

Иммунная система организма обеспечивает:

- Защиту организма от чужеродных клеток.
- Уничтожение старых, дефектных, поврежденных собственных клеток и видоизмененных клеток, возникших в организме (например, раковых).
- Нейтрализацию, а затем и удаление всех генетически чужеродных для данного организма высокомолекулярных веществ биологического происхождения (например, белков, сложных сахаров и их соединений).

¹⁴ Во времена Л. Пастера иммунная система (как, собственно, и понятие иммунитет) организма определялась лишь как система защиты организма от инфекций, чужеродных микроорганизмов. Однако далее И.И. Мечников (1951) и другие ученые показали, что иммунная система выполняет более широкие функции.

Нет такого органа или системы органов в нашем теле, которые не вносили бы своей лепты в иммунитет. Иммунная система развивается параллельно с развитием животного. Хотя иммунная система многокомпонентна, но работает как единое целое.

КОМПОНЕНТЫ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

Как следует из определения иммунной системы, в число ее компонентов, прежде всего, следует включить **все клетки и гуморальные вещества**, принимающие участие в защите от чужеродного или недоброкачественного своего.

К основным **клеточным** иммунным компонентам относятся **все лейкоциты крови** (их еще называют иммунокомпетентные клетки - ИКК)¹⁵.

К **гуморальным** иммунным компонентам относятся **весьма разнообразные соединения, обладающие защитными свойствами**, вырабатываемые лейкоцитами. Среди них основными являются особые белковые соединения – **антитела** (иммуноглобулины).

Кроме того, к иммунной системе, в целом, относятся также **органы воспроизводства клеток иммунитета** (костный мозг и тимус) и **органы контроля жидких сред** (лимфатические узлы и селезенка).

ИММУНИТЕТ

Следя современным представлениям, мы будем понимать под иммунитетом **способность организма защищаться от генетически чужеродных тел и веществ**. В организме животных и человека эволюционно выработана и закреплена способность защиты от вмешательства чужеродных веществ и инфекционных агентов, нарушающих постоянство его внутренней среды. Эта защита осуществляется посредством ряда **неспецифических и специфических механизмов**, среди которых выделяют **гуморальные и клеточные**.

Неспецифические механизмы используются для обезвреживания даже тех чужеродных тел, с которыми организм ранее не сталкивался. Такой иммунитет носит название **естественный, врожденный или наследственный**.

Причем, при **неспецифическом гуморальном иммунитете** основную роль играют **защитные вещества плазмы крови**, например, белки лизоцим, интерферон. Именно они обеспечивают врожденную невосприимчивость организма к инфекциям.

Неспецифический клеточный иммунитет определяется фагоцитарной активностью гранулоцитов, моноцитов и тромбоцитов и, как показали недавние исследования, лимфоцитов.

Специфические механизмы основаны на опыте предыдущего контакта с чужеродным началом. Например, при попадании инфекционного агента – антигена - в организме вырабатываются **антитела**. Это специфические, защитные от микроба (вируса) или нейтрализующие его вещества.

Такой иммунитет носит название **приобретенный**.

Специфический клеточный иммунитет. Здесь основную роль играют **Т-лимфоциты**, количество которых при контакте с антигеном увеличивается. После этого одна их часть связывается с антигеном и разрушает его, а другая “запоминает” антиген. Это очень важно, так как при повторной встрече эта группа лимфоцитов “узнает” антиген и реагирует на него, образуя Т-киллеры, которые разрушают чужеродные тела: бактерии, вирусы и т.п.

Специфический гуморальный иммунитет. В отличие от клеточного, этот вид иммунитета связан с образованием антител **В-лимфоцитами** лимфатических узлов,

¹⁵ Кроме того, непосредственное участие в иммунной защите организма принимают также клетки кожного и слизистого покровов, а также клетки различных органов, которые синтезируют различные иммунологически активные вещества (например, клетки слюнных желез, вырабатывающие ферменты лизоцим, муцин и др.)

миндалин и других лимфоидных органов. Здесь при первой встрече с антигеном **В-лимфоциты** сначала делятся. Затем, часть их превращаются в клетки, которые “запоминают” антиген, а затем разносятся по всему организму. Другая часть превращается в клетки, которые вырабатывают и выделяют в плазму крови антитела. Таким образом, все вышеизложенное позволяет представить следующее подразделение иммунитета:

ИММУНИТЕТ (КЛЕТОЧНЫЙ И ГУМОРАЛЬНЫЙ)		
НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ (ЕСТЕСТВЕННЫЙ, ВРОЖДЕННЫЙ)	СПЕЦИФИЧЕСКИЙ (ПРИБОРЕТЕННЫЙ)	
	АКТИВНЫЙ	ПАССИВНЫЙ
Человек невосприимчив к возбудителям чумы крупного рогатого скота, куринной холеры и т. п. Данный тип иммунитета называют еще и видовым иммунитетом.	Активное образование антител самим организмом после: А. введения в организм убитых возбудителей инфекции. В. введения в организм живых, но значительно ослабленных возбудителей инфекции. С. перенесенного заболевания. Такой иммунитет сохраняется долгие годы.	Пассивное получение антител: А. от матери через плаценту. В. искусственно, путем введения в организм готовых антител. Такой иммунитет сохраняется несколько недель.

РАССТРОЙСТВА ИММУНИТЕТА

Иммунная система – это тонко сбалансированный механизм. Однако в ее работе могут появляться сбои. Нарушения бывают трех основных типов:

- Иммунодефициты** – ослабление функционирования клеточного или гуморального звена. Иммунодефициты развиваются при вирусных инфекциях, голодании, авитаминозе, переутомлениях, физических и химических травмах.
- Аутоиммунные заболевания** – реакция иммунной системы против собственных тканей. Эта тяжелая патология проявляется в том, что иммунная система вместо того, чтобы охранять организм от чужих клеток, набрасывается на свои. Примеров таких болезней довольно много: это и ревматоидный артрит, системная красная волчанка, некоторые формы злокачественного малокровия, заболевания почек, щитовидной железы, нервной и сосудистой систем.
- Аллергия** – это повышенная, чрезмерная реакция иммунной системы на определенные антигены (аллергены). Одни страдают от цветочной пыльцы, другие от домашней пыли, третьи от косметики и т.д. (прил., схема 35).

Факторы, влияющие на состояние иммунной системы

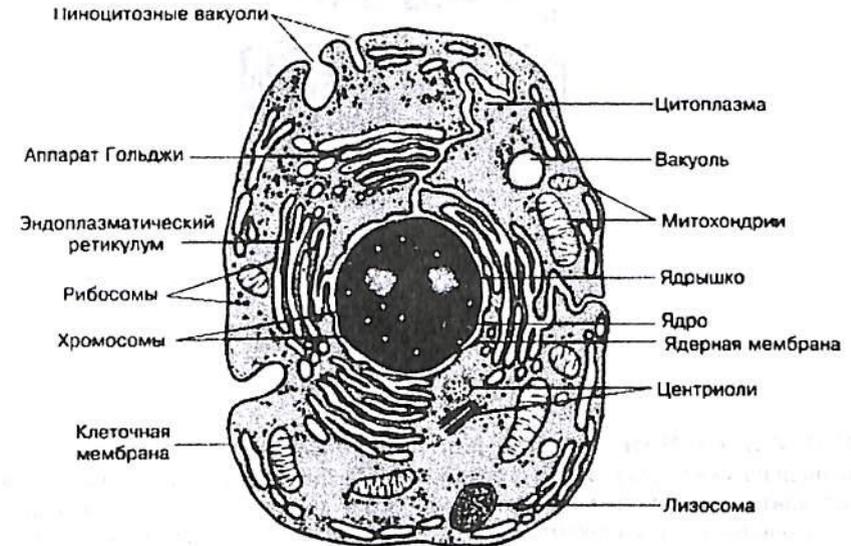
Загрязненная окружающая среда в сочетании с неправильным питанием и вредными привычками, особенно курением, а также недостаток отдыха, могут снизить сопротивляемость организма болезнетворным бактериям, вирусам и другим факторам, ведущим к заболеваниям. Самым важным фактором для поддержания нормальной деятельности системы иммунной защиты является сбалансированная диета. Следует помнить, что организм не способен справиться с вредными воздействиями при нехватке ряда минеральных веществ. Витамины А, С и Е, являющиеся антиоксидантами и защищающие клетки от разрушительного воздействия процессов, протекающих в организме и неправильного образа жизни, в сочетании с микроэлементом селеном, предотвращают вступление молекул и клеточных образований в реакцию с кислородом, которая повреждает, буквально сжигает, клетку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Биология (для поступающих в ВУЗы). - М.: Оникс 21 век, 2004.
2. Брин В.Б., Вартанян И.А. и др./ Под редакцией акад. РАМН Ткаченко Б.И. Основы физиологии человека. Учебник для ВУЗов. - Санкт-Петербург: Международный фонд истории науки, 1994, т.1 - 567 с., т.2 - 411 с.
3. Вилли К., Детье В. Биология (Биологические процессы и законы). - М.: 1974.
4. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3-х томах. - М.: Мир, 1996.
5. Ермолаев М.В. Биологическая химия. - М.: Медицина, 1974.
6. Зайко И.Р. Учебник нормальной физиологии. - М.: Медицина, 1985.
7. Ноздрачев А.Д. и др. Общий курс физиологии человека и животных – М.: Высшая школа, 1991.
8. Пирс Э. Анатомия и физиология для медсестер. - Минск: БелАДИ (Черепаша), 1996.
9. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. Учебник для студентов медицинских институтов. - Ленинград: Медицина, 1974.
10. Практикум по нормальной физиологии / Под ред. Агаджаняна Н.А. и Коробкова А.В. - М.: Высшая школа, 1983.
11. Рохлов В.С. Анатомия. Курс: Человек и его здоровье. - Йошкар-Ола: Международная программа образования, 1996.
12. Рябиновская А.М. Анатомия и физиология человека. - М.: Учпедгиз, 1955.
13. Сапин М.Р., Билич Г.Л. Анатомия человека. В 2-х томах. М.: Оникс 21 век. Мир и образование, 2003.
14. Судаков К. В. Функциональные системы организма. - М.: Медицина, 1987.
15. Физиология человека / Под ред. Косицкого Г.И. - М.: Медицина, 1985.
16. Физиология человека / Под ред. Покровского В.М., Коротько Г.Ф. - М.: Медицина, 1997.
17. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека: Пер. с англ. – М.: Мир, 1996.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Схема 1. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ ЖИВОГО ОРГАНИЗМА



«ТИПИЧНАЯ» ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА – схематически изображены основные клеточные структуры

Схема 2. ВИДЫ ТКАНЕЙ

Ткани позвоночных животных

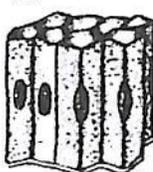
Эпителиальные



9



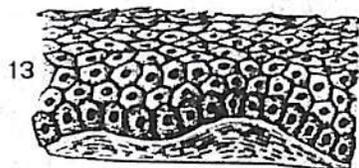
10



11



12



13

ЭПИТЕЛИАЛЬНАЯ ТКАНЬ. Различают плоский (9), кубический (10), цилиндрический (11) и многорядный (12) эпителий; последний только выглядит многослойным, и в данном случае его поверхность частично покрыта волосовидными ресничками. У человека поверхность кожи состоит из многослойного плоского эпителия (13).

Ткани позвоночных животных

Мышечные



22



23

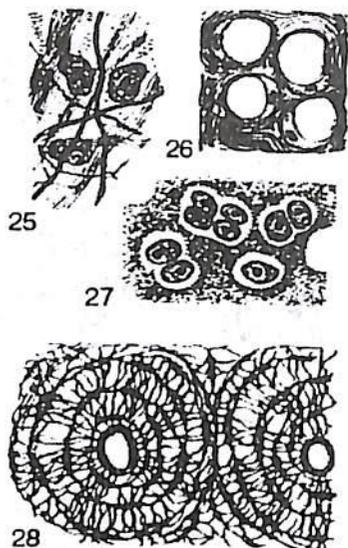


24

МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ. Известно три вида мышечной ткани: гладкая (22), находящаяся в стенках пищеварительного тракта и состоящая из одноядерных веретеновидных клеток; скелетная или поперечнополосатая (23), состоящая из многоядерных длинных вытянутых клеток с поперечной исчерченностью, и сердечная мышца (24) – особая мышечная ткань, состоящая из одноядерных клеток и сходная со скелетными мышцами своей поперечной исчерченностью. Переплетение клеток сердечной мышцы создает ложное впечатление синцития.

Ткани позвоночных животных

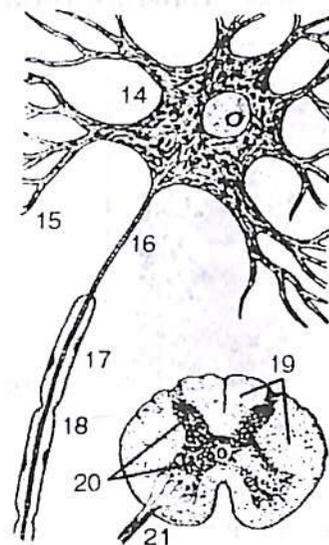
Соединительные



СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ. Волокнистая соединительная ткань состоит из фиброцитов и расположенных между ними волокон или пучков (25), жировая – из жировых клеток, содержащих крупные жировые включения (26), которые оттесняют все содержимое клеток на периферию; гиалиновый хрящ (27) образован клетками, вырабатывающими вокруг себя основное вещество, или матрикс. На поперечном срезе костной ткани (28) можно видеть структурные элементы кости – гаверсовы каналы (один целиком и половину второго); костные клетки с отходящими от них отростками расположены вокруг центрального канала (не путать с полостью, в которой расположен костный мозг!), через который проходят кровеносные сосуды и нервные волокна.

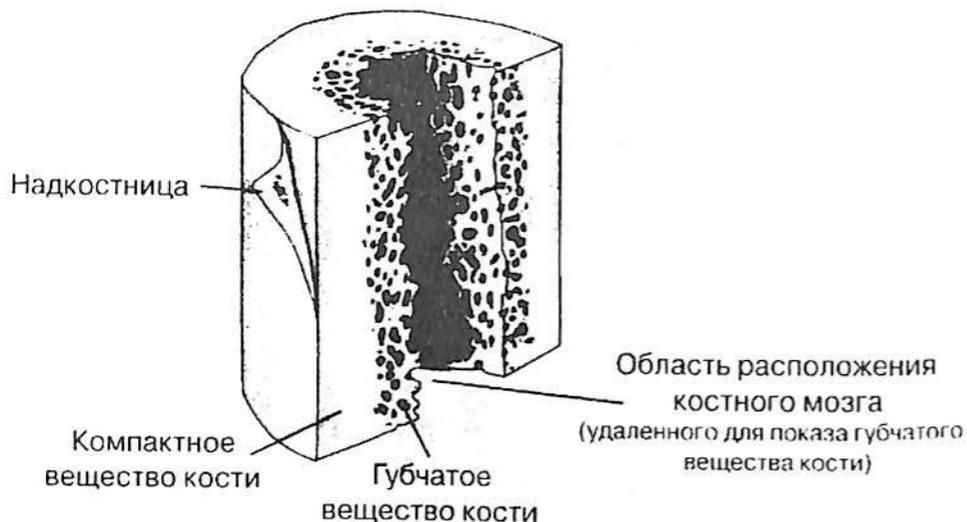
Ткани позвоночных животных

Нервная



НЕРВНАЯ ТКАНЬ. Главный компонент нервной ткани – нервная клетка или нейрон (14), от которого отходят ветвящиеся отростки или дендриты (15), и обычно один длинный отросток – аксон (16), покрытый миелиновой оболочкой (17). На аксоне имеются суженные участки, называемые перехватами Ранвье (18). *Внизу справа* – спинной мозг в поперечном сечении; показано белое вещество спинного мозга (19), погруженное в особый тип опорной ткани – нейроглию, и серое вещество (20), состоящее из тел нервных клеток, тоже окруженных нейроглией. Аксоны соединяются в толстые пучки (21), образуя нервные волокна, отходящие от спинного мозга и тянущиеся к разным частям тела.

Схема 3. ТИПЫ КОСТНОЙ ТКАНИ

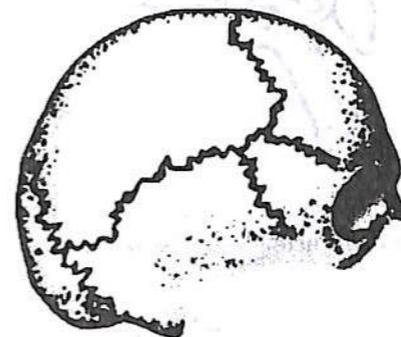


ОТРЕЗОК КОСТИ. Костная ткань – это твердая структура, из которой построен скелет почти всех позвоночных. С гистологической точки зрения ее можно рассматривать как плотную, или оформленную, соединительную ткань. Костная ткань человека на 31% состоит из органического вещества. Неорганическая часть представляет собой сложный минерал, содержащий главным образом (58%) фосфат кальция, а также фторид кальция, фосфат магния и хлорид натрия.

Твердая часть кости называется компактной тканью. Снаружи кость покрыта мягкой волокнистой оболочкой – надкостницей. Компактная ткань окружает губчатую ткань кости, имеющую ячеистую структуру. Во внутреннем пространстве длинных костей (в губчатой ткани и костномозговой полости) находится костный мозг, продуцирующий кровяные клетки. Поперечный (*вверху*) и продольный (*слева*) срезы показывают строение компактной части кости. Гаверсовы каналы, расположенные в продольном направлении, содержат кровеносные сосуды, некоторое количество соединительной ткани и нервные волокна. Вокруг гаверсовых каналов в виде концентрических колец лежат полости (лакуны), содержащие ветвящиеся нервные клетки. На срезе видны также каналы – маленькие протоки для поступления питательных веществ в костные клетки.

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

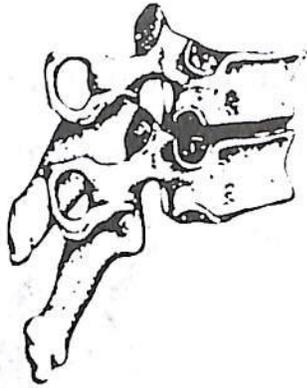
Схема 4. СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ



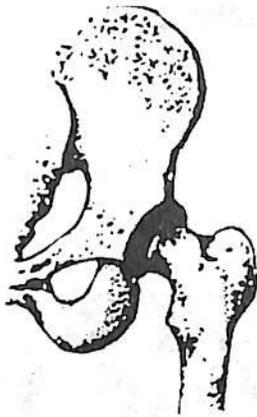
НЕПРЕРЫВНЫЕ СОЧЛЕНЕНИЯ – швы соединяют кости черепа.



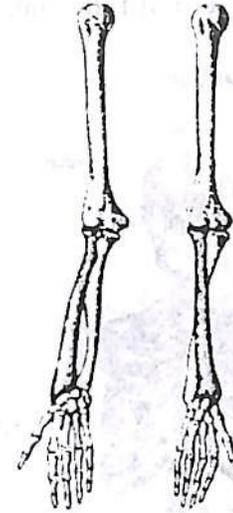
ПЛОСКИЕ СУСТАВЫ соединяют ребра с позвонками грудного отдела позвоночника.



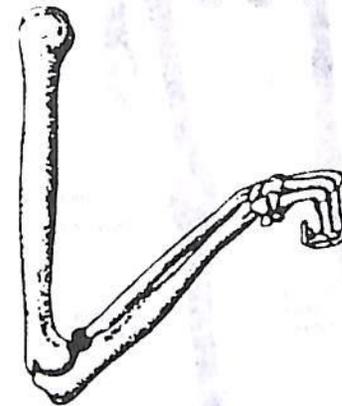
ЧАСТИЧНО ПОДВИЖНЫЕ СОЧЛЕНЕНИЯ между позвонками образованы межпозвоночными дисками



ШАРОВИДНЫЙ СУСТАВ соединяет бедро с тазовой костью

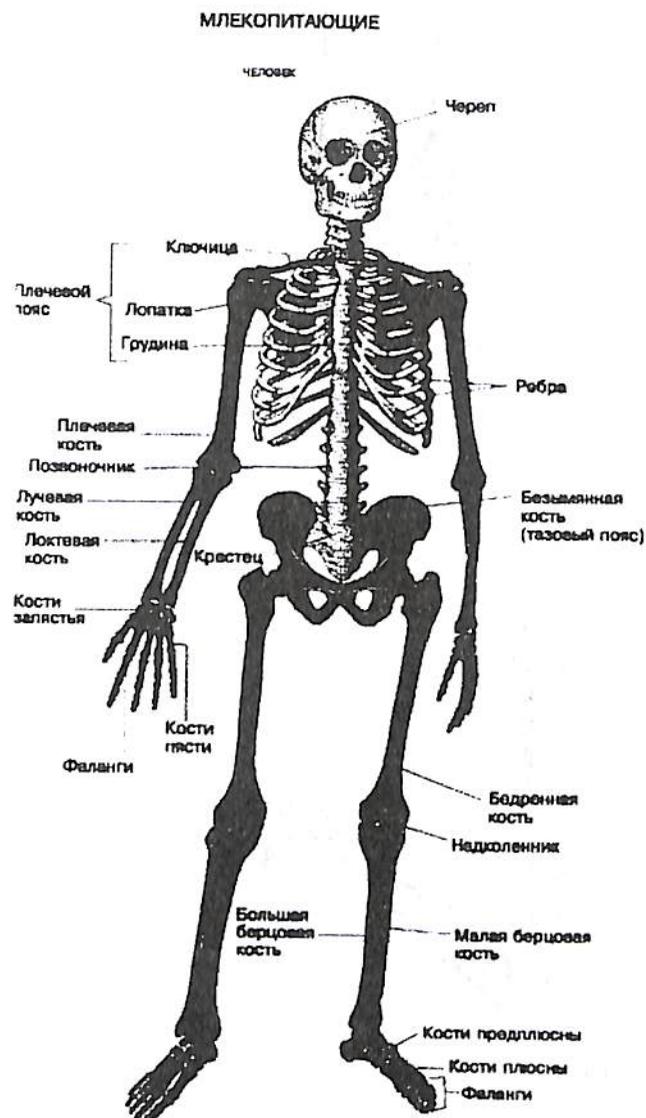


ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ СУСТАВ (показан в двух положениях) расположен в месте сочленения костей предплечья

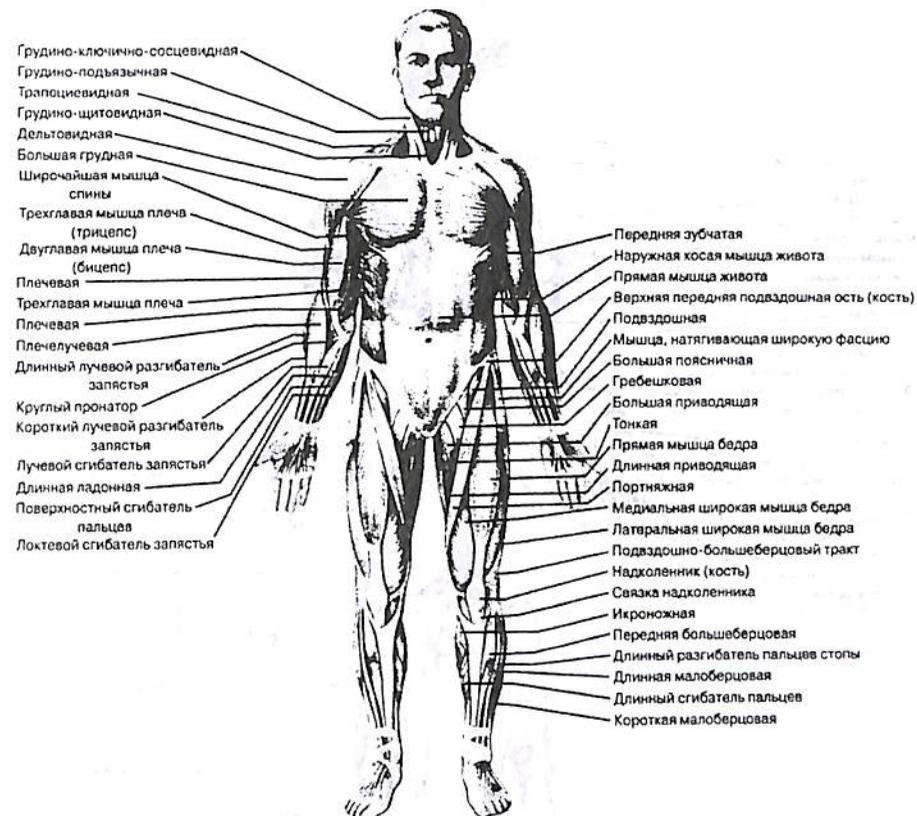


БЛОКОВИДНЫЙ СУСТАВ соединяет кости плеча и предплечья

Схема 5. СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

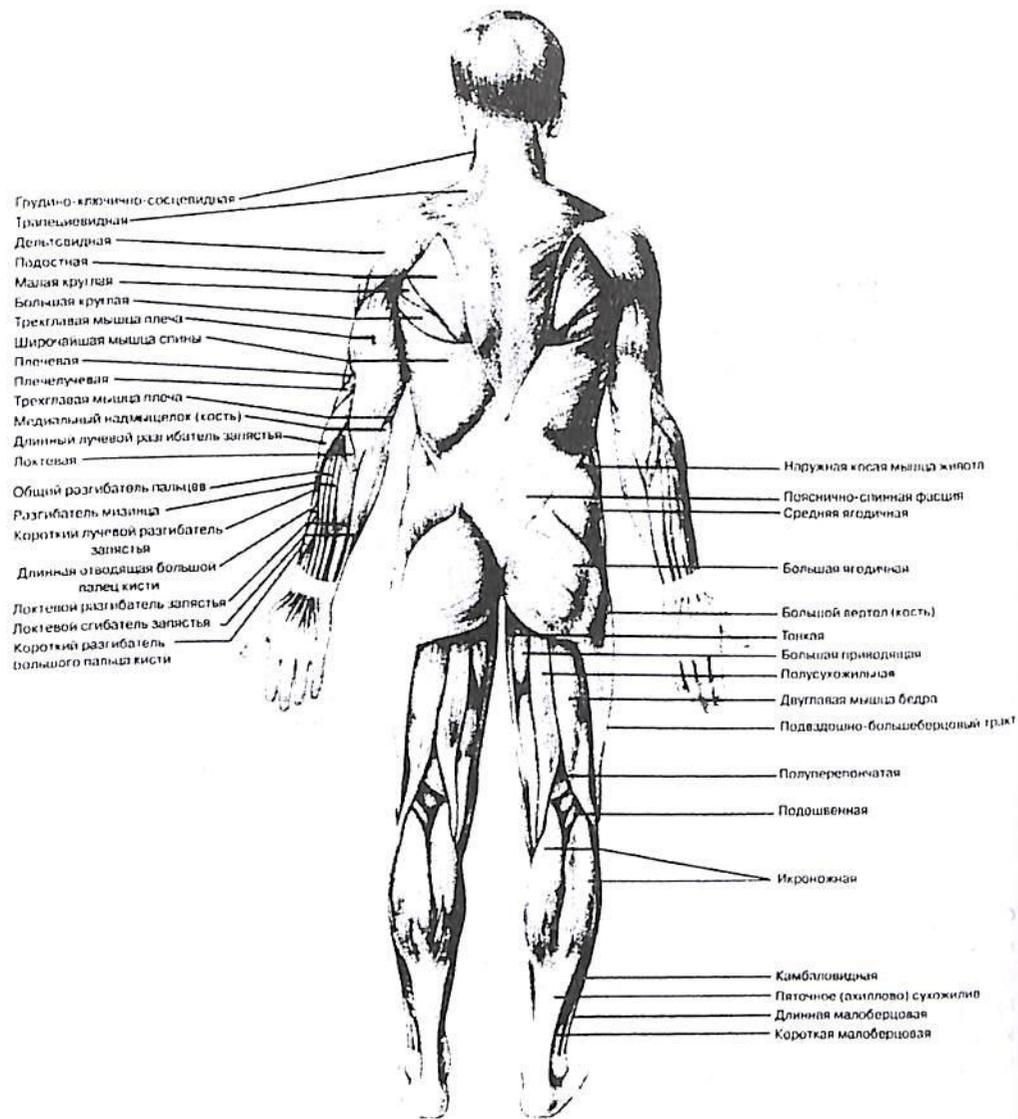


МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА
Схема 6. ВАЖНЕЙШИЕ СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ (вид спереди).



Существуют различные классификации мышц: по структуре, функции или местоположению. Все показанные здесь мышцы – поперечнополосатые, их функция – движение частей скелета. Они обычно проходят над суставом, прикрепляясь к двум образующим сустав костям. Это произвольные мышцы, которые работают под действием импульсов, посылаемых головным мозгом и поступающих к ним по двигательным нервам.

Схема 7. ВАЖНЕЙШИЕ СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ (вид сзади)



НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Схема 8.

НЕРВНАЯ КЛЕТКА (нейрон)

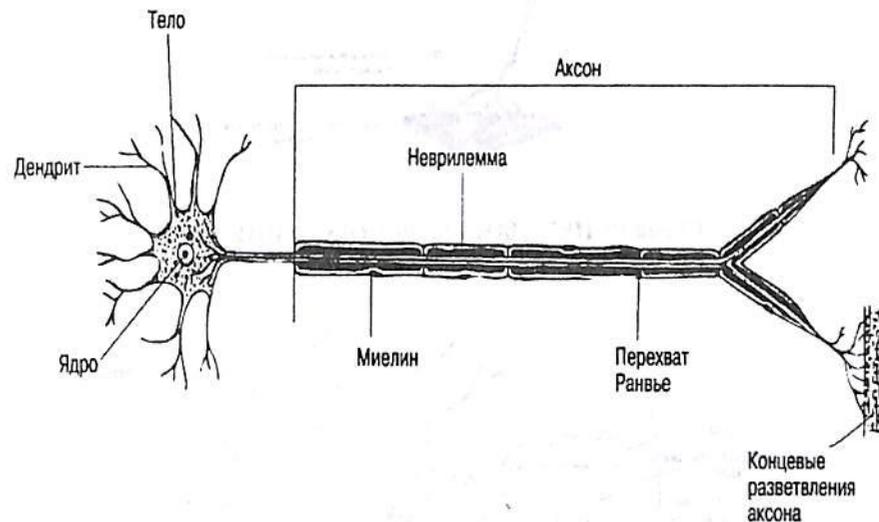
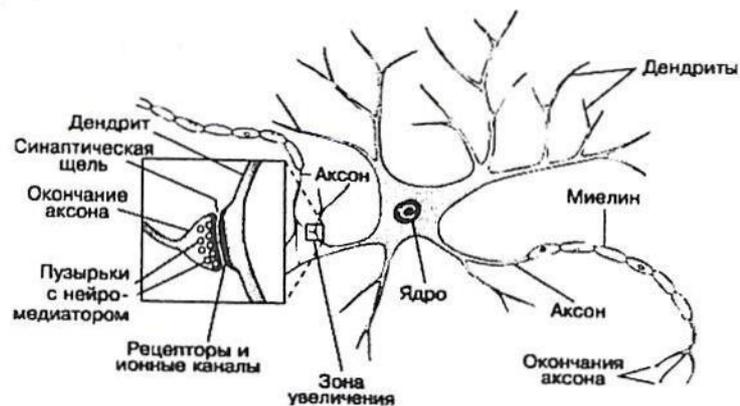


Схема 9. ДВИГАТЕЛЬНЫЙ НЕЙРОН

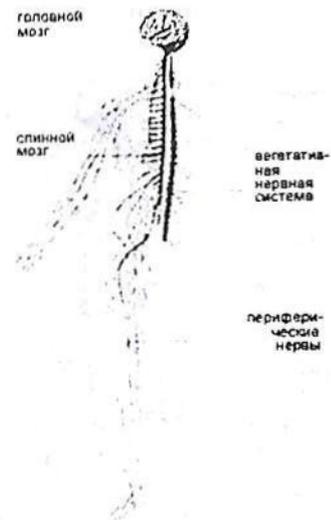


Схема 10. ПЕРЕДАЧА НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА



НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ мозга передают импульсы от аксона одной клетки к дендриту другой через очень узкую синаптическую щель; эта передача осуществляется с помощью химических нейромедиаторов

Схема 11. НЕРВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА



МЛЕКОПИТАЮЩИЕ
МУЖЧИНА

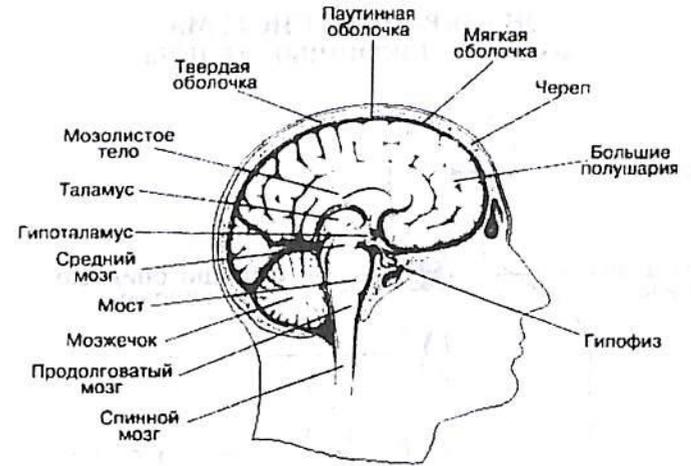


Центральная нервная система
Сема 12. СПИНОЙ МОЗГ ЧЕЛОВЕКА



Препарат отрезка спинного мозга с двумя позвонками

Схема 13. ГОЛОВНОЙ МОЗГ ЧЕЛОВЕКА



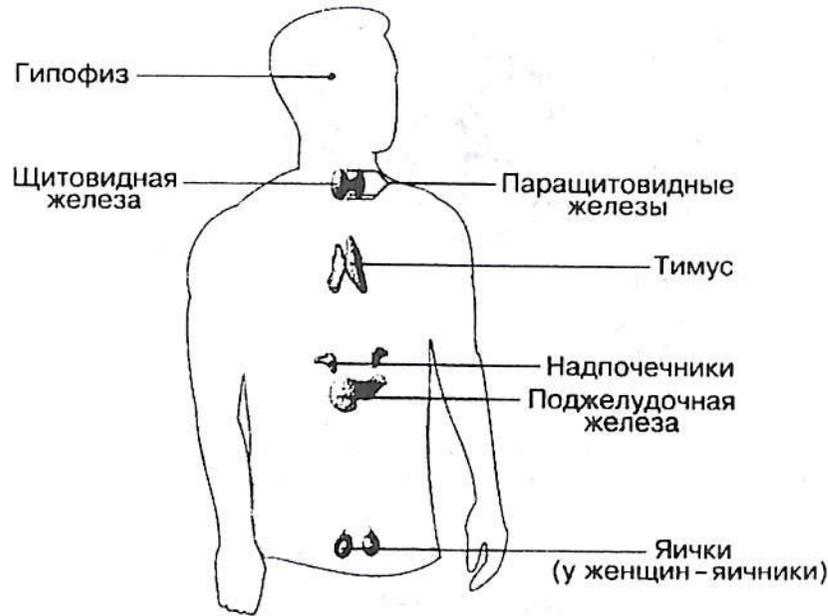
Характеризуется высоким развитием больших полушарий; они составляют более двух третей его массы и обеспечивают такие психические функции, как мышление, научение, память. На этом поперечном срезе показаны и другие крупные структуры мозга: мозжечок, продолговатый мозг, мост и средний мозг.

Схема 14. КОРА МОЗГА



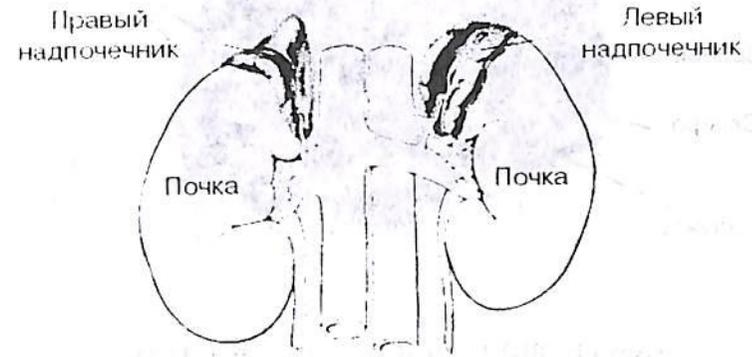
ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

Схема 15. ЭНДОКРИННЫЕ ЖЕЛЕЗЫ

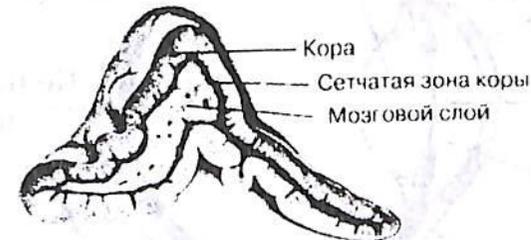


Лишены выводных протоков и выделяют продукты своей секреции – гормоны – непосредственно в кровоток. Гормоны играют важнейшую роль в регуляции обмена веществ и процессов жизнедеятельности и роста организма. Гипофиз расположен у основания головного мозга. Его гормоны контролируют активность других эндокринных желез и влияют на размеры тела и процессы роста. Щитовидная железа расположена на шее; вырабатывает гормоны, регулирующие скорость обмена веществ. Паращитовидные железы секретируют гормон, регулирующий обмен кальция и фосфора. Обычно имеются две пары желез, одна из которых расположена под щитовидной железой, другая – погружена в ее толщу. Тимус (вилочковая железа): у детей это крупное, четко выделяющееся образование; после полового созревания и в течение последующей жизни размеры тимуса постепенно уменьшаются. Секретирует гормон тимозин, способствующий созреванию клеток иммунной системы. Поджелудочная железа, помимо выделения пищеварительных соков, вырабатывает инсулин, регулирующий углеводный обмен. Надпочечники, как указывает название, расположены над почками; секретируют гормоны, влияющие на различные процессы обмена веществ в организме и функционирование нервной системы. Половые железы, или гонады, играют ключевую роль в процессах репродукции. Эти железы (у мужчин – яички, вырабатывающие сперматозоиды, у женщин – яичники, в которых созревают яйцеклетки) секретируют гормоны, обуславливающие развитие вторичных половых признаков

Схема 16. надпочечники



НАДПОЧЕЧНИКИ (поперечный разрез)



СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Зрительный анализатор

Схема 17. ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗА



Схема 18. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

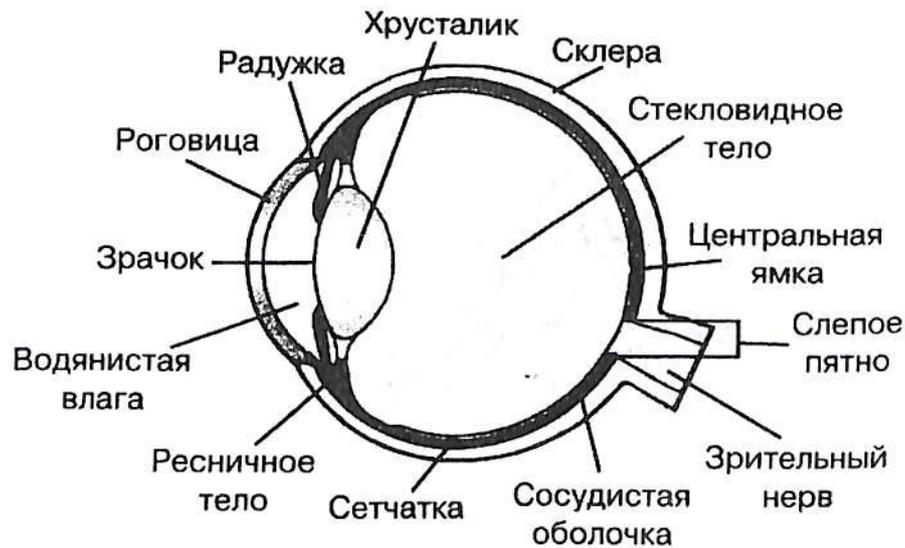
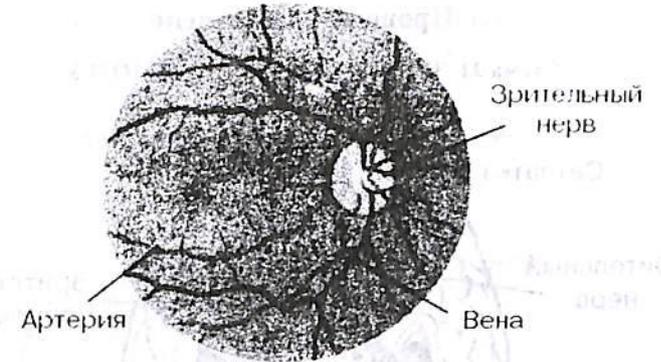
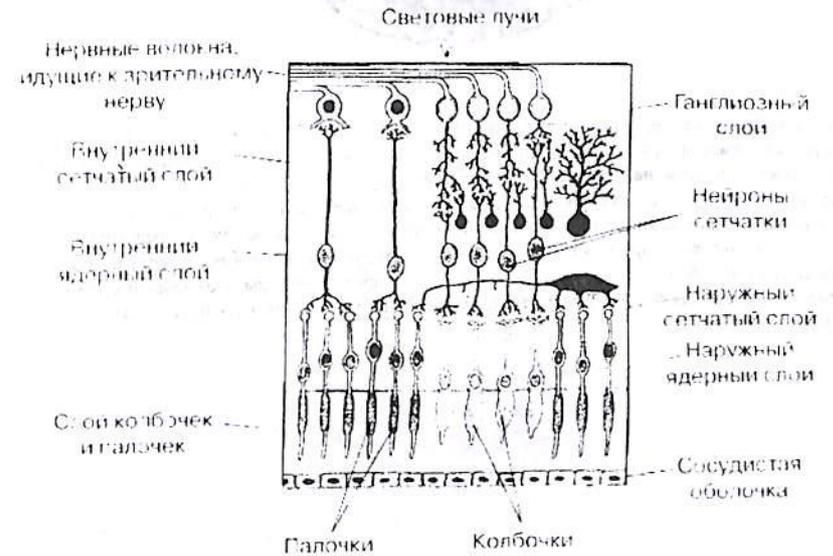


Схема 19. ВИД ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СЕТЧАТКИ



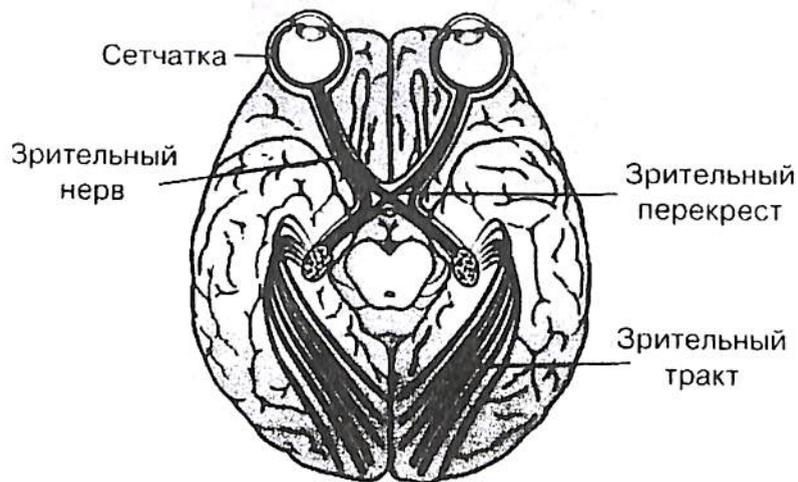
Типы фоторецепторов сетчатки и их свойства

Схема 20. ПОПЕРЕЧНЫЙ СРЕЗ СЕТЧАТКИ



Проводниковое звено

Схема 21. ЗРИТЕЛЬНЫЕ ПУТИ К МОЗГУ



Нервные импульсы, идущие от глаза, передаются по зрительному нерву в головной мозг. В точке, называемой зрительным перекрестком или хиазмой, зрительные нервы сливаются, разделяясь при этом на две части: внутреннюю, идущую от носовой половины сетчатки, и наружную, идущую от височной половины. Внутренние части нервов перекрещиваются, и каждая из них входит в противоположную часть мозга (совместно с наружной частью зрительного нерва от другого глаза). В результате этого ветвления и перекреста импульсы от левой стороны обоих глаз попадают в левое полушарие, а импульсы от правой стороны – в правое. В зрительной коре головного мозга импульсы от обоих глаз интерпретируются как зрительные образы.

Слуховой и вестибулярный анализаторы Схема 22. УХО ЧЕЛОВЕКА

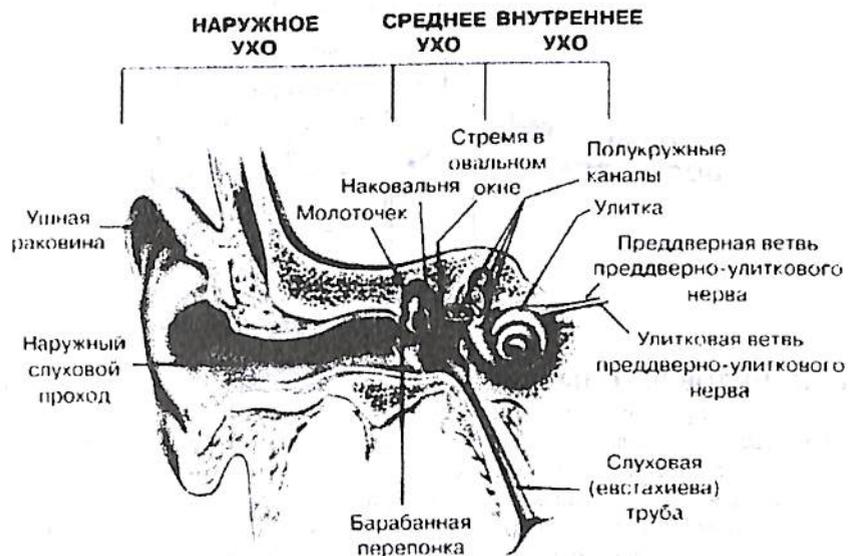


Схема 23. ВНУТРЕННЕЕ УХО

Схема 24. Передача звукового сигнала



КАК ЧЕЛОВЕК СЛЫШИТ. Звуковая волна проходит по наружному слуховому проходу, достигает барабанной перепонки и заставляет ее колебаться. Эти колебания через систему слуховых косточек передаются на улитку – собственно орган слуха (на схеме витки улитки не показаны). Содержащаяся в ее каналах жидкость приходит в движение – под действием поступающих механических колебаний возникают бегущие волны, которые возбуждают чувствительные клетки, расположенные на основной мембране. Последние превращают давление волн жидкости в нервные импульсы, которые идут в мозг, где интерпретируются как звук.

СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ
Схема 25. СТРОЕНИЕ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ



Схема 26. КЛЕТКИ КРОВИ



Схема 27. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ ГОЛОВЫ И ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

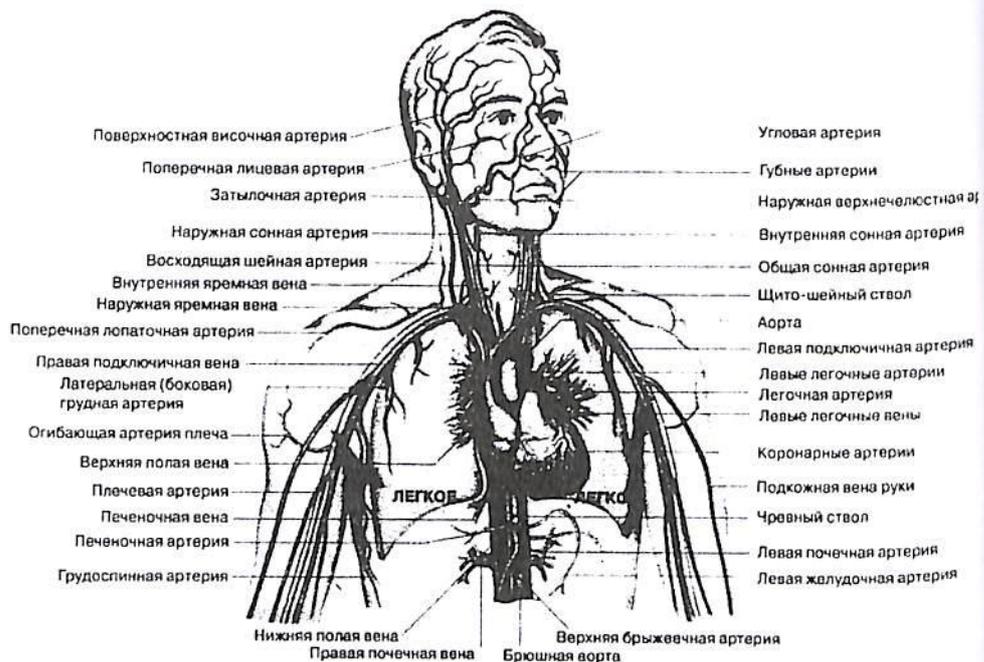


Схема 28. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ

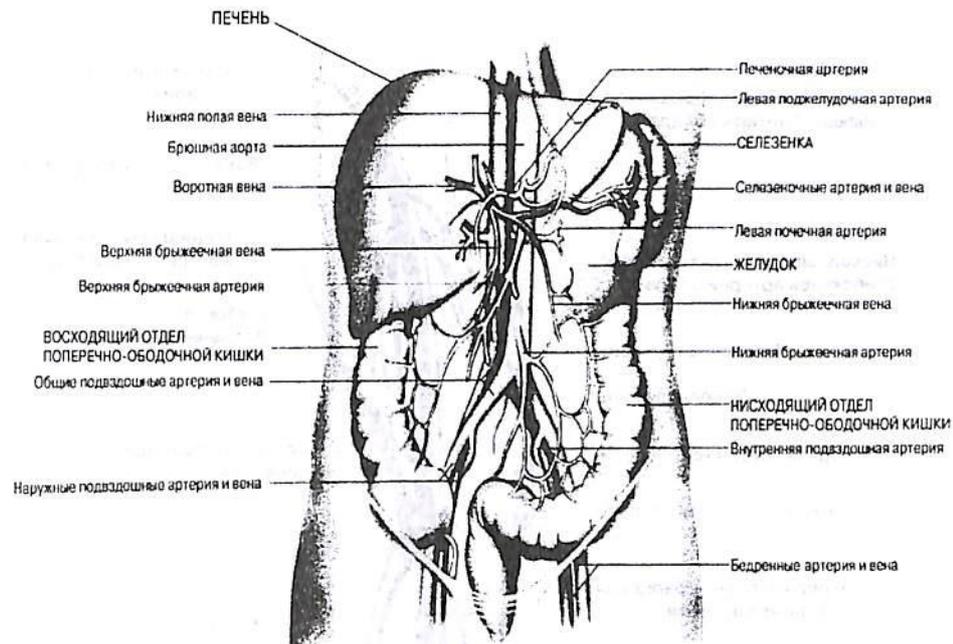


Схема 29. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ НОГИ

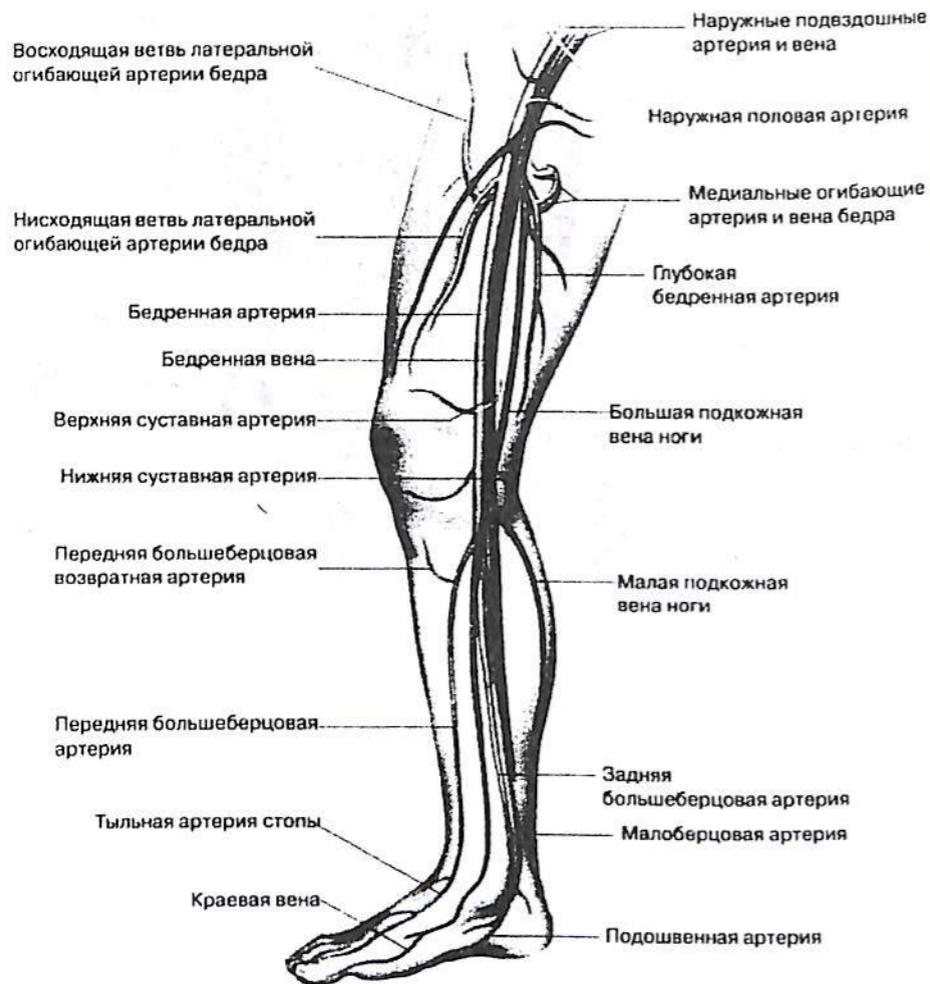


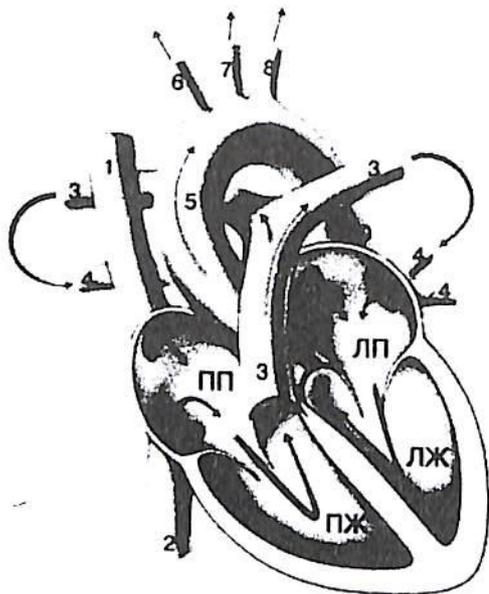
Таблица 1. КОМПОНЕНТЫ ПЛАЗМЫ
(в миллиграммах на 100 миллилитров)

Натрий	310-340
Калий	14-20
Кальций	9-11
Фосфор	3-4,5
Хлорид-ионы	350-375
Глюкоза	60-100
Мочевина	10-20
Мочевая кислота	3-6
Холестерин	150-280
Белки плазмы	6000-8000
Альбумин	3500-4500
Глобулин	1500-3000
Фибриноген	200-600
Диоксид углерода (объем в миллилитрах, с поправкой на температуру и давление, в расчете на 100 миллилитров плазмы)	55-65

Таблица 2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ В КРОВИ

Тип клетки	Число клеток в 1 мм ³ крови	Соотношение в %
Полиморфоядерные клетки		
Нейтрофилы	2500-7500	50-70
Эозинофилы	50-500	1-5
Базофилы	20-100	0-1
Моноциты	100-800	2-10
Лимфоциты	1500-4000	20-45

Схема 30. РАБОТА СЕРДЦА



Сердце представляет собой компактный четырехкамерный орган, который на протяжении всей жизни неутомимо прокачивает по всему телу кровь и тем самым обеспечивает жизнь организма. Кровь попадает в правое предсердие по двум крупным венам – *верхней полой вене* (1), приносящей кровь от верхней половины тела, и *нижней полой вене* (2), дренирующей нижнюю половину тела. Из правого предсердия кровь течет в правый желудочек и быстро нагнетается через *легочные артерии* (3) в легкие, где насыщается кислородом. Возвращаясь по *легочным венам* (4) в левое предсердие, насыщенная кислородом кровь попадает оттуда в мощный левый желудочек, сильные сокращения которого проталкивают ее через самый крупный сосуд, *аорту* (5), к тканям организма. Главными ветвями аорты, снабжающими кровью верхнюю половину тела, являются *безымянная артерия* (6), *левая общая сонная артерия* (7) и *левая подключичная артерия* (8). Кровь к нижней половине тела направляется по *нисходящей аорте*. ПП, ЛП – правое предсердие, левое предсердие; ПЖ, ЛЖ – правый желудочек, левый желудочек

Схема 31. СЕРДЦЕ (вид спереди и справа)



Схема 32. СЕРДЦЕ (вид спереди и слева)

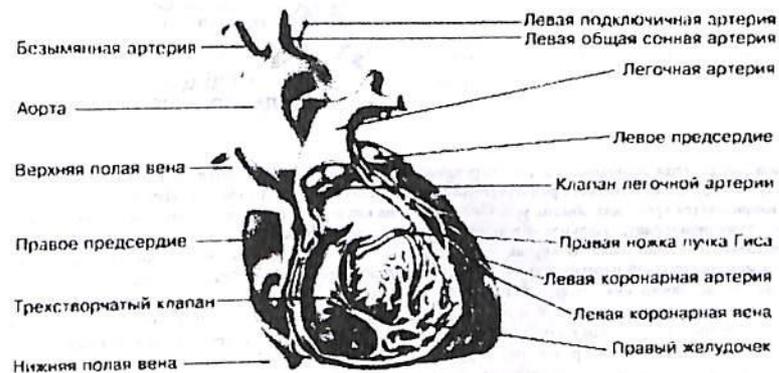
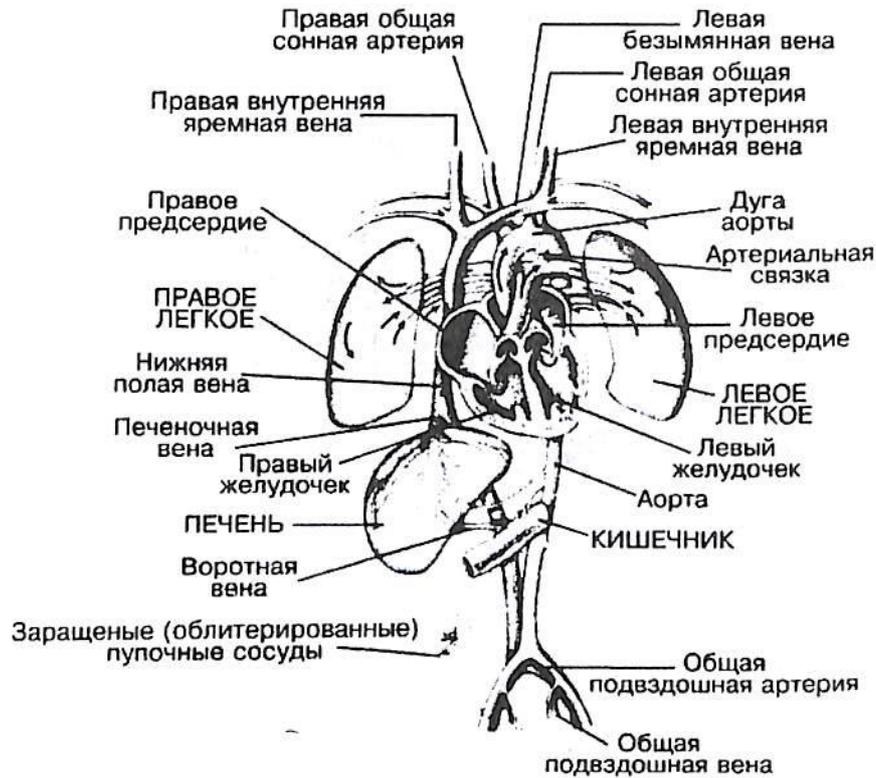


Схема 33. СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ ПОСЛЕ РОЖДЕНИЯ.



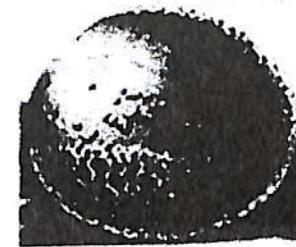
При рождении ребенка пупочные сосуды перевязывают, а плацента отделяется от сосудов матери. Затем в системе кровообращения возникает ряд изменений, придающих ей зрелый характер. Начинают работать легкие, и в них направляется кровь для обмена углекислого газа на кислород. Через два месяца после рождения обычно перестает функционировать овальное отверстие, которое полностью зарастает к годовалому возрасту. От него остается только овальная ямка. В случае незаращения формируется врожденный порок сердца, называемый дефектом межпредсердной перегородки, который поддается коррекции новейшими методами кардиохирургии. Сразу же после появления дыхания начинает сужаться и в конце концов облитерируется (зарастает) артериальный проток, превращаясь в артериальную связку – плотный тяж, лишенный какой-либо функции. Если этого не происходит, образуется порок, называемый незаращением артериального протока, который во многих случаях поддается хирургической коррекции. Пупочная вена, венозный проток и пупочная артерия обычно исчезают примерно к 5-му дню после рождения. С началом кормления устанавливается функция пищеварительного тракта. Теперь система пищеварения снабжает кровь питательными веществами, которые разносятся по всему организму. Конечные продукты метаболизма выводятся через мочевыделительную систему.

Схема 34. ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



Схема 35. АЛЛЕРГИЯ

Аллергия является ответом на реакцию антиген-антитело нашей иммунной системы



Частица пыли под микроскопом

Св. план 2005 г.
поз. 19

ФЕОКТИСТОВА Оксана Геннадьевна
ЭКЗЕРЦЕВА Екатерина Вадимовна
ЛАПИРОВ Александр Григорьевич
ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
Часть I
Учебное пособие

Редактор Г.В. Токарева

Подписано в печать 30.12.05г.

Печать офсетная
8,14 усл. печ. л.

Формат 60x84/16
Заказ № 45/3/85

9,06 уч.-изд. л.
Тираж 400 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д. 6а

ISBN 5-86311-496-7

© Московский государственный
технический университет ГА, 2005