

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»

Факультет физической культуры и спорта

Кафедра теории и методики физической культуры и спортивной медицины

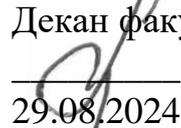
СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 О.Н. Малах
29.08.2024

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 Ю.В. Гапонёнок
29.08.2024

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ФИЗИОЛОГИЯ

для студентов специальностей:

- 1-88 02 01-01 Спортивно-педагогическая деятельность (тренерская работа с указанием вида спорта)
- 6-05-0115-01 Образование в области физической культуры
- 6-05-1012-02 Тренерская деятельность (с указанием вида спорта)

Составитель: О.Ю. Федотова

Рассмотрено и утверждено

на заседании научно-методического совета 24.10.2024, протокол № 1

УДК 612:796.01(075.8)
ББК 28.073я73+75.0я73
Ф50

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 25.06.2024.

Составитель: старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины ВГУ имени П.М. Машерова, магистр педагогики **О.Ю. Федотова**

Р е ц е н з е н т ы :
кафедра физической культуры и спорта
учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»;
заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной биологии
ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук,
доцент *И.И. Ефременко*

**Физиология для студентов специальностей: 1-88 02 01-01 Ф50 Спортивно-педагогическая деятельность (тренерская работа с указанием вида спорта), 6-05-0115-01 Образование в области физической культуры, 6-05-1012-02 Тренерская деятельность (с указанием вида спорта) : учебно-методический комплекс по учебной дисциплине / сост. О.Ю. Федотова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – 204 с.
ISBN 978-985-30-0161-7.**

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Физиология» содержит теоретические вопросы, практикум, контролирующий материал, перечень литературы для самоподготовки. Предназначен для студентов факультета физической культуры и спорта.

УДК 612:796.01(075.8)
ББК 28.073я73+75.0я73

ISBN 978-985-30-0161-7

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	6
Лекция. Введение в предмет	6
Лекция. Физиология возбудимых тканей	11
Лекция. Физиология нейрона. Синапс	16
Лекция. Физиология мышечной ткани	26
Лекция. Физиология крови	33
Лекция. Физиология кровообращения. Физиология сердца. Регуляция сердечной деятельности	46
Лекция. Физиология дыхания	57
Лекция. Физиология пищеварения	68
Лекция. Обмен веществ и энергии. Питание	76
Лекция. Физиология выделения	85
Лекция. Терморегуляция	89
Лекция. Эндокринная система	99
Лекция. Физиология нервной системы	108
Лекция. Вегетативная нервная система	114
Лекция. Физиология сенсорных систем	120
Лекция. Интегративная деятельность мозга. Эмоции. Эмоциональный стресс	129
Лекция. Целенаправленное поведение человека. Адаптация	135
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	148
Лабораторная работа. Введение в предмет	148
Лабораторная работа. Физиология возбудимых тканей	150
Лабораторная работа. Физиология нейрона. Синапс	152
Лабораторная работа. Физиология мышечной ткани	154
Лабораторная работа. Физиология крови и кровообращения	156
Лабораторная работа. Физиология сердца. Регуляция сердечной деятельности	158
Лабораторная работа. Физиология дыхания	162
Лабораторная работа. Физиология пищеварения	163
Лабораторная работа. Обмен веществ и энергии. Питание	165
Лабораторная работа. Физиология выделения	167
Лабораторная работа. Терморегуляция	169
Лабораторная работа. Эндокринная система	170
Лабораторная работа. Физиология нервной системы	171
Лабораторная работа. Вегетативная нервная система	174
Лабораторная работа. Физиология сенсорных систем	175
Лабораторная работа. Интегративная деятельность мозга. Эмоции. Эмоциональный стресс	181
Лабораторная работа. Целенаправленное поведение человека. Адаптация	189
РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	200
Перечень вопросов для проведения зачета	200
Перечень вопросов для проведения экзамена	201
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	203
Перечень основной и дополнительной литературы	203

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Физиология» разработан для студентов I ступени высшего образования специальностей: 1-88 02 01-01 Спортивно-педагогическая деятельность (тренерская работа с указанием вида спорта), 6-05-1012-02 Тренерская деятельность (с указанием вида спорта), 6-05-0115-01 Образование в области физической культуры. Учебная дисциплина «Физиология» для всех специальностей является государственным компонентом, медико-биологический модуль-1.

Цель преподавания учебной дисциплины – формирование профессиональных компетенций для планирования деятельности по применению средств физической культуры и спорта в целях физического совершенствования, оздоровления.

Освоение учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующей компетенции:

БПК: определять и оценивать функциональные показатели, характеризующие жизнедеятельность основных систем организма; использовать физиологические методы в профессиональной деятельности.

Информационно-коммуникационные компетенции:

- владеть методологией поиска нового (информации, идей и т.п.), методикой анализа и адаптации знаний к своим профессиональным потребностям;
- уметь преобразовывать информацию в специальные знания;
- формировать информационную культуру обучающихся.

Проектные компетенции:

- осознанно и самостоятельно планировать профессиональную деятельность;
- осмысленно строить профессиональную карьеру;
- находить оптимальные решения инновационного характера;
- быть способными воплотить свои замыслы в инновационный проект и реализовать его;
- системно совершенствовать образовательный процесс;
- формировать у обучающихся способность к построению собственной образовательной траектории.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине, студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

В соответствии с Концепцией развития педагогического образования в Республике Беларусь на 2021–2025 годы по учебной дисциплине «Физиология» для специальности 16-05-0115-01 Образование в области физической культуры предусмотрено:

– проявлять готовность к формированию личностных и метапредметных компетенций обучающихся, способствующих максимально полной реализации их личностного потенциала, успешного решения широкого круга жизненных и профессиональных задач, продуктивной жизнедеятельности в целом;

– проявлять готовность к осуществлению профессиональной деятельности в контексте реализации принципа инклюзии в образовании детей с различными образовательными потребностями;

– овладеть опытом психолого-педагогического сопровождения и педагогической поддержки, волонтерства, инклюзии, медиации, тьюторства, коучинга и др.

Задачи учебной дисциплины:

- научить определять и оценивать функциональные показатели, характеризующие жизнедеятельность основных систем организма человека;
- научить использовать физиологические методы в профессиональной деятельности преподавателя физической культуры, тренера.

Освоение учебной дисциплины осуществляется в процессе лекционных и лабораторных занятий в соответствии с основной тематикой вопросов учебной дисциплины, определенных учебной программой.

В рамках образовательного процесса студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

В результате изучения дисциплины выпускник должен

знать:

- физиологические механизмы жизнедеятельности организма человека в состоянии покоя и под влиянием различных факторов, включая спортивную мышечную деятельность;
- общие закономерности протекания физиологических процессов в организме человека в зависимости от возраста и пола в ходе онтогенетического приспособления к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды;
- методы исследования функционального состояния физиологических систем организма человека;

уметь:

- определять и оценивать функциональные показатели, характеризующие жизнедеятельность основных систем организма человека;
- использовать физиологические методы в профессиональной деятельности преподавателя физической культуры, тренера;

владеть:

- функциональными методами исследования сердечно-сосудистой, дыхательной, центральной нервной, нервно-мышечной, сенсорных и других систем организма.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лекция. Введение в физиологию

1. Понятие, предмет и задачи современной физиологии.
2. Методы исследований в физиологии.
3. Краткая история развития физиологии.

1. Понятие, предмет и задачи современной физиологии

Физиология – наука о жизненных функциях организма и его отдельных структур, механизмах их осуществления и регуляции.

Физиология относится к биологическим дисциплинам, тесно связана и базируется на достижениях биологии, анатомии и гистологии. В свою очередь, физиология является базой для теоретических медицинских и спортивных дисциплин – физиологии спорта, спортивной медицины, патологической физиологии, фармакологии.

Предметом физиологии являются процессы жизнедеятельности организма и отдельных его органов в связи с индивидуальным развитием и приспособлением к условиям окружающей среды. К числу исследуемых проблем относятся: закономерности биологических процессов на разных структурных уровнях, формирование физиологических функций в разные возрастные периоды, механизмы взаимодействия отдельных систем организма с окружающей средой, особенности механизмов регуляции жизненных процессов у различных видов, методы целенаправленного воздействия на определенные физиологические системы.

Физиология подразделяется на взаимосвязанные направления: общую, частную и прикладную физиологию.

Общая физиология – изучает фундаментальные закономерности реагирования организма на воздействие среды, основные его процессы и механизмы. К общей физиологии относятся научные данные, описывающие общие проявления жизнедеятельности: обмен веществ, механизмы регуляции, свойства биологических мембран и отдельных клеток, тканей, общие закономерности реагирования организма и его структур на воздействия - раздражимость, возбудимость, возбуждение, торможение. К этому разделу физиологии относятся возрастная, сравнительная, эволюционная физиология.

Частная физиология исследует закономерности и механизмы функционирования отдельных систем, органов и тканей организма (мышечной, нервной, железистой, соединительной), органов (сердца, печени и других), систем (кровообращения, дыхания, пищеварения).

Прикладная физиология изучает закономерности проявлений деятельности организма человека в связи с его трудовой или особой деятельностью (спортивная, авиационная, космическая физиология) или в связи с пребыванием в особых климатических условиях.

В области медицины физиология подразделяется на нормальную и патологическую.

Нормальная физиология – наука о функциях и процессах, протекающих в здоровом организме или составляющих его системах, органах, тканях, клетках и механизмах их регуляции, обеспечивающие жизнедеятельность человека и животного в их взаимодействии с окружающей средой. Нормальная физиология изучает жизнедеятельность здорового человека.

Патологическая физиология изучает проявления жизнедеятельности организма больного человека, закономерности возникновения, течения и исходов заболеваний, разрабатывает методы экспериментальной терапии.

На современном этапе физиология ставит следующие задачи:

изучение функций:

- здорового организма в целом;
- различных систем, органов, тканей, клеток;

изучение механизмов:

- взаимодействия различных органов и систем в целостном организме;
- регуляции функционирования органов и систем;
- взаимодействия организма с окружающей средой.

Конечная задача физиологии – познание функций организма, которое обеспечило бы возможность активного воздействия на них в желаемом направлении.

2. Методы исследований в физиологии

Физиология использует достижения и методы различных наук, прежде всего, биохимии, биофизики, математики, кибернетики и философии.

Исследования, выполняемые на человеке, как правило, проводятся в трех вариантах, позволяющих оценить различные стороны функционирования организма:

- в состоянии физиологического покоя – норма функционирования;
- реакция на оптимальные нагрузки – норма реакции;
- реакции на максимальные нагрузки – оценка резервных возможностей.

При этом физиологической нормой считается биологический оптимум процессов жизнедеятельности.

Для изучения различных процессов и функций живого организма в физиологии используются методы наблюдения и эксперимента.

Наблюдение – метод получения информации путем непосредственной, как правило, визуальной регистрации физиологических явлений и процессов, происходящих в определенных условиях. При этом объект наблюдения обычно находится в естественных условиях без специальных воздействий на него исследователя. Недостатком простого наблюдения является невозможность или большая сложность получения количественных показателей и восприятия быстропротекающих процессов.

Эксперимент – метод получения новой информации о причинно-следственных отношениях между явлениями и процессами в контролируемых и управляемых условиях. Острым называется эксперимент, реализуемый относительно кратковременно, выполняется с применением наркоза, обездвиживания животного, сопряжен с оперативным вмешательством, повреждением тканей, кровопотерей.

Физиологический эксперимент – это целенаправленное вмешательство в организм животного с целью выяснить влияние разных факторов на отдельные его функции. Такое вмешательство иногда требует хирургической подготовки животного, которая может носить острую (вивисекция) или хроническую (экспериментально-хирургическая) форму.

К экспериментальным методам относится множество физиологических методов.

- Удаление (экстирпация) органа, например, определенной железы внутренней секреции, позволяет выяснить ее влияние на различные органы и системы животного. Удаление различных участков коры головного мозга позволило ученым выяснить их влияние на организм.

- Вживление электродов в различные участки мозга помогло установить активность различных нервных центров. Введение радиоактивных изотопов в организм позволяет ученым изучать метаболизм разных веществ в органах и тканях.

– Томографический метод с использованием ядерного магнитного резонанса имеет очень важное значение для выяснения механизмов физиологических процессов на молекулярном уровне.

– Биохимические и биофизические методы помогают с высокой точностью выявлять различные метаболиты в органах и тканях у животных в состоянии нормы и при патологии.

– Микроскопия – метод, позволяющий выявить структурные или биохимические изменения клетки. Различные методы окраски и увеличения позволяют использовать микроскопию для широкого круга исследований.

В настоящее время с появлением современных технических средств исследования процессов жизнедеятельности появилась возможность изучения без предварительных хирургических операций функций многих внутренних органов не только у животных, но и у человека. Например:

1. *магнитно-резонансная томография (МРТ)* - способ получения томографических изображений для исследования внутренних органов и тканей с использованием явления ядерного магнитного резонанса. Томографический метод с использованием ядерного магнитного резонанса имеет очень важное значение для выяснения механизмов физиологических процессов на молекулярном уровне;

2. биохимические и биофизические методы помогают с высокой точностью выявлять различные метаболиты в органах и тканях у животных в состоянии нормы и при патологии;

3. микроскопия – метод, позволяющий выявить структурные или биохимические изменения клетки. Различные методы окраски и увеличения позволяют использовать микроскопию для широкого круга исследований;

4. эндоскопия (гастроэнтероскопия, колоноскопия и т.д.) – введение камеры в естественные отверстия человека. При помощи эндоскопии визуально исследуются полые органы и полости организма с помощью оптических приборов, снабженных осветительным устройством. Результаты, полученные при эндоскопии, могут быть документированы с помощью фотографирования, кино- и видеосъемки;

5. ультразвуковой метод исследования (УЗИ) – это неинвазивное исследование организма человека или животного с помощью ультразвуковых волн. Ультразвуковая диагностика позволяет получить важную информацию о состоянии различных органов- печени, поджелудочной железы, селезенки, почек, предстательной железы, надпочечников, щитовидной железы и др.;

6. электрокардиография – это регистрация электрических явлений, возникающих в сердечной мышце при ее возбуждении. Их графическое изображение называется электрокардиограммой. Чтобы записать ЭКГ, на конечности и грудную клетку накладывают электроды, представляющие собой металлические пластинки с гнездами для подключения штепселей провода

К методам исследования с помощью рентгеновских лучей относятся флюорография, рентгенография, компьютерная томография. Это исследование внутренней структуры объектов, которые проецируются при помощи рентгеновских лучей на специальную плёнку или бумагу. Исследования можно проводить с применением контрастов. Компьютерная томография – метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения предмета.

Получает распространение метод моделирование функций – рассмотрение организма как биокibernетической системы. Метод моделирования позволяет с одной стороны проверить вне организма правильность гипотез, с другой - воспроизвести элементы тех или других функций. Для изучения физиологических функций используются

приборы: рентгенография, электронная микроскопия, метод радиоактивных индикаторов, ультразвуковой анализ, осциллография и др.

Таким образом, использование современных методов в физиологических исследованиях даёт возможность изучить процессы жизнедеятельности организмов и функций внутренних органов животных и человека.

3. Краткая история развития физиологии

В своем развитии физиология прошла несколько этапов: эмпирический, анатомо-функциональный, функциональный и на всех этапах в изучении физиологических процессов существовали два направления - *аналитическое и синтетическое*.

Аналитическое направление характеризуется изучением конкретного процесса, протекающего в каком-либо объекте (органе, ткани или клетке) как самостоятельного, т. е. вне связи его с другими процессами в изучаемом объекте. Такое направление даёт всестороннее представление о механизмах данного процесса. Этот подход в физиологии сменился синтетическим, начало которому в значительной степени положили работы академика И.П. Павлова. Для этого периода экспериментальной физиологии характерно стремление изучать функции организма в естественных условиях, с учетом многочисленных факторов взаимодействия организма и окружающей среды. Ученик И.П. Павлова П.К. Анохин был в числе первых исследователей, развивавших системное направление в физиологии, создал учение о функциональных системах и саморегуляции функций. Системное направление ставит своей целью изучение конкретного процесса во взаимосвязи его с другими, протекающими на уровне организма как единого целого.

На разных этапах развития физиологии соотношение этих направлений изменялось: на ранних этапах развития физиологии преобладало аналитическое направление, на более поздних - системное. Для современного этапа характерно дальнейшее углубление аналитического подхода (изучение процессов на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях) с одновременным соотношением этих процессов с процессами целого организма. Открытие системных закономерностей в деятельности живых организмов показало, что для выполнения определенных функций происходит избирательное объединение его отдельных органов и их систем, обеспечивающее достижение полезного приспособительного результата. Такие объединения были названы П.К. Анохиным функциональными системами. Учение П.К. Анохина о функциональных системах оказывает существенное влияние на развитие медицины в настоящее время.

Физиология обязана своим возникновением потребностям медицины, а также стремлению человека познать себя, сущность и проявления жизни на различных уровнях ее организации. Потребность сохранения жизни человека была на всех этапах его развития, и уже в древние времена формировались элементарные представления о деятельности организма человека, являясь обобщением накопленного опыта человечества. Отец медицины Гиппократ (460 - 377 гг. до н. э.) представлял организм человека как некое единство жидких сред и психического склада личности, подчеркивал связь человека со средой обитания и то, что движение является основной формой этой связи. Это определяло его подход к комплексному лечению больного. Аналогичный в принципе подход был характерен для врачей древнего Китая, Индии, Ближнего Востока и Европы.

I-й этап (начальный период) – доэкспериментальный период в физиологии (господствовал метод наблюдения) и домикроскопический период в морфологии (до начала препарирования трупов и до изобретения микроскопа) начался более 2000 лет и длился до начала 15–17 столетий. Период препарирования в анатомии (макроанатомии) начался почти на 200 лет раньше в 15 столетии. Его основоположниками считаются Леонардо да Винчи (1452–1519), который начал вскрывать трупы людей и животных и дал

описание мышечной системы, и Андрей Везалий (1514 – 1564 гг.), систематически изучавший строение тела человека (в 1538 году издал «Анатомические таблицы»).

II-й этап (период) – экспериментальный, микроскопический период с 17 века до середины 20 века. Эпоха Возрождения (XVI - XVII века) с ее возросшими потребностями общественного производства пробудила к жизни науку и культуру, а несомненные успехи физики и химии, обращение к ним врачей определили стремление объяснить деятельность организма человека на основе происходящих в нем химических и физических процессов. Однако уровень знаний наук того времени, конечно же, не мог составить сколько-нибудь полное и адекватное представление о физиологических функциях. Особое место в науке о человеке сыграло открытие английским врачом В. Гарвеем (1578 - 1657) кровообращения. Обладая обширными анатомическими знаниями, В. Гарвей проводил экспериментальные исследования на животных и наблюдения на людях, основал физиологию как науку, основным методом которой является эксперимент. Официальной датой возникновения физиологии человека и животных как науки принят 1628 г. – год выхода в свет трактата В. Гарвея «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных». Это произведение послужило стимулом к изучению деятельности организма в экспериментах на животных как основного объективного источника знаний.

Начало микроскопического периода в развитии микроскопической анатомии, гистологии и цитологии, связано с изобретением светового микроскопа (Галилео Галилей, 1600 г., отец и сын Янсены, 1610 г. и др.) и открытием Робертом Гуком /R. Нооке, автор термина "клетка" – "cellula"/ в 1665 году. Изобретение микроскопа и углубление знаний о микроскопическом строении тканей животных побуждает к исследованию функционального назначения открываемых структур. Успехи химии и изучения кругооборота веществ в природе направляют интересы человека к судьбе поступающих в его организм веществ, что становится предметом исследовательского интереса. Совершенствование точных наук, естествознания в целом и философии определяет обращение человеческой мысли к механизмам движения. Так, Р. Декарт (1596–1650) формулирует рефлекторный принцип организации движений, в основе которого лежит побуждающий их стимул.

III-й этап – современный период – со второй половины 20 века до наших дней. Связан с бурным развитием физики, математики, химии, биологии, созданием новых методов исследования (электронной микроскопии, ЯМР, ультразвуковых методов, иммуногистохимии, компьютерного моделирования и др.), которые широко используются и в физиологии и в морфологии.

Становление и прогресс физиологии в Белоруссии непосредственно связан с социально-экономическими преобразованиями общества в XX веке, созданием в 1922 году Белорусского университета, в 1929 году - Республиканской Академии наук и организацией в 1936 году Белорусского общества физиологов, биохимиков и фармакологов, председателем которого в 1936–1956 гг. являлся И.А. Ветохин. В 1937 году И.А. Ветохин возглавил институт экспериментальной физиологии Академии Наук Белоруссии, где проводились исследования по физиологии кровообращения, пищеварения, по изучению условного рефлекса. В 1953 году был организован Институт физиологии в составе Академии Наук БССР. Под руководством академика И.А. Булыгина проводились исследования по физиологии и патологии кортико-висцеральных взаимоотношений, структурно-функциональным особенностям анализаторов. В 1946-1951 годах президентом Белорусской Академии Наук Н.И. Гращенковым уделялось внимание развитию клинко-физиологических исследований. Опубликованы работы "Межнейронные аппараты, связи (синапсы) и их роль в физиологии и патологии"; "Черепно-мозговые ранения, методы их лечения".

В 70-х годах в Институте физиологии АН БССР расширились исследования в области физиологии вестибулярного аппарата, структурно-функциональной организации вегетативных ганглиев и афферентного звена интероцептивных рефлексов. В 80-х годах ведущим направлением деятельности Института физиологии являлось изучение структуры и функций вегетативной нервной системы и ее роли в механизмах нейрогуморальной регуляции функций. Показан цепной характер висцеральных реакций, кольцевые связи внутренних органов, сосудов и вегетативных ганглиев с центральной нервной системой. С 1984 по 2007 год институт возглавляет академик В.Н. Гурин, основные исследования которого связаны с изучением центральных механизмов терморегуляции и липидного обмена. Определенный вклад в развитие отдельных разделов физиологии внесли сотрудники других научно-исследовательских и учебных медицинских и педагогических институтов Республики Беларусь.

1775 год – 1-я медицинская школа в Гродно (медицинская академия)

1781 – мед. факультет Виленской академии (Вильнюс) ВКЛ, с 1796 года в составе Российской империи;

1803 – мед. факультет Виленского университета, в нем же была создана первая кафедра физиологии.

1922 год создана кафедра физиологии в БГУ (1921 год)

1930 год БГМИ (мед. институт) затем БГМУ, первый учебник по физиологии на белорусском языке «Кароткі курс фізіялогіі чалавека» (1932)

1934 ВГМУ; 1958 ГрГМУ; 1990 ГГМУ.

Лекция. Физиология возбудимых тканей

1. Физиологическая характеристика возбудимых тканей.
2. Законы раздражения возбудимых тканей.
3. Понятие о состоянии покоя и активности возбудимых тканей.
4. Физико-химические механизмы возникновения потенциала покоя.

1. Физиологическая характеристика возбудимых тканей

Основным свойством любой ткани является **раздражимость**, т. е. способность ткани изменять свои физиологические свойства и проявлять функциональные отправления в ответ на действие раздражителей.

Раздражители – это факторы внешней или внутренней среды, действующие на возбудимые структуры.

Различают две группы раздражителей:

1) естественные (нервные импульсы, возникающие в нервных клетках и различных рецепторах);

2) искусственные: физические (механические – удар, укол; температурные – тепло, холод; электрический ток – переменный или постоянный), химические (кислоты, основания, эфиры и т. п.), физико-химические (осмотические – кристаллик хлорида натрия).

Классификация раздражителей по биологическому принципу:

1) адекватные, которые при минимальных энергетических затратах вызывают возбуждение ткани в естественных условиях существования организма;

2) неадекватные, которые вызывают в тканях возбуждение при достаточной силе и продолжительном воздействии.

К общим физиологическим свойствам тканей относятся:

1) *возбудимость* – способность живой ткани отвечать на действие достаточно сильного, быстрого и длительно действующего раздражителя изменением физиологических свойств и возникновением процесса возбуждения.

Мерой возбудимости является порог раздражения.

Порог раздражения – это та минимальная сила раздражителя, которая впервые вызывает видимые ответные реакции. Так как порог раздражения характеризует и возбудимость, он может быть назван и порогом возбудимости. Раздражение меньшей интенсивности, не вызывающее ответные реакции, называют подпороговым;

2) *проводимость* – способность ткани передавать возникшее возбуждение за счет электрического сигнала от места раздражения по длине возбудимой ткани;

3) *рефрактерность* – временное снижение возбудимости одновременно с возникшим в ткани возбуждением. Рефрактерность бывает абсолютной (нет ответа ни на какой раздражитель) и относительной (возбудимость восстанавливается, и ткань отвечает на подпороговый или сверхпороговый раздражитель);

4) *лабильность* – способность возбудимой ткани реагировать на раздражение с определенной скоростью. Лабильность характеризуется максимальным числом волн возбуждения, возникающих в ткани в единицу времени (1 с) в точном соответствии с ритмом наносимых раздражений без явления трансформации.

2. Законы раздражения возбудимых тканей

Законы устанавливают зависимость ответной реакции ткани от параметров раздражителя. Эта зависимость характерна для высоко организованных тканей. Существуют три закона раздражения возбудимых тканей:

- 1) закон силы раздражения;
- 2) закон длительности раздражения;
- 3) закон градиента раздражения.

Закон силы раздражения устанавливает зависимость ответной реакции от силы раздражителя. Эта зависимость неодинакова для отдельных клеток и для целой ткани. Для одиночных клеток зависимость называется «все или ничего». Характер ответной реакции зависит от достаточной пороговой величины раздражителя. При воздействии подпороговой величиной раздражения ответной реакции возникать не будет (ничего). При достижении раздражения пороговой величины возникает ответная реакция, она будет одинакова при действии пороговой и любой сверхпороговой величины раздражителя (часть закона – все).

Для совокупности клеток (для ткани) эта зависимость иная, ответная реакция ткани прямо пропорциональна до определенного предела силе наносимого раздражения. Увеличение ответной реакции связано с тем, что увеличивается количество структур, вовлекающихся в ответную реакцию.

Закон длительности раздражений. Ответная реакция ткани зависит от длительности раздражения, но осуществляется в определенных пределах и носит прямо пропорциональный характер. Существует зависимость между силой раздражения и временем его действия. Эта зависимость выражается в виде кривой силы и времени. Эта кривая называется кривой Гоорвега–Вейса–Лапика. Кривая показывает, что каким бы сильным ни был бы раздражитель, он должен действовать определенный период времени. Если временной отрезок маленький, то ответная реакция не возникает. Если раздражитель слабый, то бы как длительно он ни действовал, ответная реакция не возникает. Сила раздражителя постепенно увеличивается, и в определенный момент возникает ответная реакция ткани. Эта сила достигает пороговой величины и называется реобазой (минимальной силой раздражения, которая вызывает первичную ответную

реакцию). Время, в течение которого действует ток, равный реобазе, называется полезным временем.

Закон градиента раздражения. Градиент – это крутизна нарастания раздражения. Ответная реакция ткани зависит до определенного предела от градиента раздражения. При сильном раздражителе примерно на третий раз нанесения раздражения ответная реакция возникает быстрее, так как она имеет более сильный градиент. Если постепенно увеличивать порог раздражения, то в ткани возникает явление аккомодации. Аккомодация – это приспособление ткани к медленно нарастающему по силе раздражителю. Это явление связано с быстрым развитием инактивации Na-каналов. Постепенно происходит увеличение порога раздражения, и раздражитель всегда остается подпороговым, т. е. порог раздражения увеличивается.

Законы раздражения возбудимых тканей объясняют зависимость ответной реакции от параметров раздражителя и обеспечивают адаптацию организмов к факторам внешней и внутренней среды.

3. Понятие о состоянии покоя и активности возбудимых тканей

О состоянии покоя в возбудимых тканях говорят в том случае, когда на ткань не действует раздражитель из внешней или внутренней среды. При этом наблюдается относительно постоянный уровень метаболизма, нет видимого функционального отправления ткани. Состояние активности наблюдается в том случае, когда на ткань действует раздражитель, при этом изменяется уровень метаболизма, и наблюдается функциональное отправление ткани.

Основные формы активного состояния возбудимой ткани – возбуждение и торможение.

Возбуждение – это активный физиологический процесс, который возникает в ткани под действием раздражителя, при этом изменяются физиологические свойства ткани, и наблюдается функциональное отправление ткани. Возбуждение характеризуется рядом признаков:

- 1) специфическими признаками, характерными для определенного вида тканей;
- 2) неспецифическими признаками, характерными для всех видов тканей (изменяются проницаемость клеточных мембран, соотношение ионных потоков, заряд клеточной мембраны, возникает потенциал действия, изменяющийся уровень метаболизма, повышается потребление кислорода и увеличивается выделение углекислого газа).

По характеру электрического ответа существует две формы возбуждения:

1) местное, нераспространяющееся возбуждение (локальный ответ). Оно характеризуется тем, что:

- а) отсутствует скрытый период возбуждения;
- б) возникает при действии любого раздражителя, т. е. нет порога раздражения, имеет градуальный характер;
- в) отсутствует рефрактерность, т. е. в процессе возникновения возбуждения возбудимость ткани возрастает;
- г) затухает в пространстве и распространяется на короткие расстояния, т. е. характерен декремент;

2) импульсное, распространяющееся возбуждение. Оно характеризуется:

- а) наличием скрытого периода возбуждения;
- б) наличием порога раздражения;
- в) отсутствием градуального характера (возникает скачкообразно);
- г) распространением без декремента;
- д) рефрактерностью (возбудимость ткани уменьшается).

Торможение – активный процесс, возникает при действии раздражителей на ткань, проявляется в подавлении другого возбуждения. Следовательно, функционального отправления ткани нет.

Торможение может развиваться только в форме локального ответа.

Выделяют два типа торможения:

- 1) первичное, для возникновения которого необходимо наличие специальных тормозных нейронов. Торможение возникает первично без предшествующего возбуждения;
- 2) вторичное, которое не требует специальных тормозных структур. Оно возникает в результате изменения функциональной активности обычных возбудимых структур.

Процессы возбуждения и торможения тесно связаны между собой, протекают одновременно и являются различными проявлениями единого процесса. Очаги возбуждения и торможения подвижны, охватывают большие или меньшие области нейронных популяций и могут быть более или менее выражены. Возбуждение непременно сменяется торможением, и наоборот, т. е. между торможением и возбуждением существуют индукционные отношения.

4. Физико-химические механизмы возникновения потенциала покоя

Мембранный потенциал (или потенциал покоя) – это разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны в состоянии относительного физиологического покоя. Потенциал покоя возникает в результате двух причин:

- 1) неодинакового распределения ионов по обе стороны мембраны. Внутри клетки находится больше всего ионов К, снаружи его мало. Ионов Na и ионов Cl больше снаружи, чем внутри. Такое распределение ионов называется ионной асимметрией;
- 2) избирательной проницаемости мембраны для ионов. В состоянии покоя мембрана неодинаково проницаема для различных ионов. Клеточная мембрана проницаема для ионов К, малопроницаема для ионов Na и непроницаема для органических веществ.

За счет этих двух факторов создаются условия для движения ионов. Это движение осуществляется без затрат энергии путем пассивного транспорта – диффузией в результате разности концентрации ионов. Ионы К выходят из клетки и увеличивают положительный заряд на наружной поверхности мембраны, ионы Cl пассивно переходят внутрь клетки, что приводит к увеличению положительного заряда на наружной поверхности клетки. Ионы Na накапливаются на наружной поверхности мембраны и увеличивают ее положительный заряд. Органические соединения остаются внутри клетки. В результате такого движения наружная поверхность мембраны заряжается положительно, а внутренняя – отрицательно. Внутренняя поверхность мембраны может не быть абсолютно отрицательно заряженной, но она всегда заряжена отрицательно по отношению к внешней. Такое состояние клеточной мембраны называется состоянием поляризации. Движение ионов продолжается до тех пор, пока не уравнивается разность потенциалов на мембране, т. е. не наступит электрохимическое равновесие. Момент равновесия зависит от двух сил:

- 1) силы диффузии;
- 2) силы электростатического взаимодействия.

Значение электрохимического равновесия:

- 1) поддержание ионной асимметрии;
- 2) поддержание величины мембранного потенциала на постоянном уровне.

В возникновении мембранного потенциала участвуют сила диффузии (разность концентрации ионов) и сила электростатического взаимодействия, поэтому мембранный потенциал называется концентрационно-электрохимическим.

Для поддержания ионной асимметрии электрохимического равновесия недостаточно. В клетке имеется другой механизм – натрий-калиевый насос. Натрий-калиевый

насос – механизм обеспечения активного транспорта ионов. В клеточной мембране имеется система переносчиков, каждый из которых связывает три иона Na, которые находятся внутри клетки, и выводит их наружу. С наружной стороны переносчик связывается с двумя ионами K, находящимися вне клетки, и переносит их в цитоплазму. Энергия берется при расщеплении АТФ. Работа натрий-калиевого насоса обеспечивает:

- 1) высокую концентрацию ионов K внутри клетки, т. е. постоянную величину потенциала покоя;
- 2) низкую концентрацию ионов Na внутри клетки, т. е. сохраняет нормальную осмолярность и объем клетки, создает базу для генерации потенциала действия;
- 3) стабильный концентрационный градиент ионов Na, способствуя транспорту аминокислот и сахаров.

5. Физико-химические механизмы возникновения потенциала действия

Потенциал действия – это сдвиг мембранного потенциала, возникающий в ткани при действии порогового и сверхпорогового раздражителя, что сопровождается перезарядкой клеточной мембраны.

При действии порогового или сверхпорогового раздражителя изменяется проницаемость клеточной мембраны для ионов в различной степени. Для ионов Na она повышается в 400–500 раз, и градиент нарастает быстро, для ионов K – в 10–15 раз, и градиент развивается медленно. В результате движение ионов Na происходит внутрь клетки, ионы K двигаются из клетки, что приводит к перезарядке клеточной мембраны. Наружная поверхность мембраны несет отрицательный заряд, внутренняя – положительный.

Компоненты потенциала действия:

- 1) локальный ответ;
- 2) высоковольтный пиковый потенциал (спайк);
- 3) следовые колебания:
 - а) отрицательный следовой потенциал;
 - б) положительный следовой потенциал.

Локальный ответ. Пока раздражитель не достиг на начальном этапе 50–75 % от величины порога, проницаемость клеточной мембраны остается неизменной, и электрический сдвиг мембранного потенциала объясняется раздражающим агентом. Достигнув уровня 50–75 %, открываются активационные ворота (m-ворота) Na-каналов, и возникает локальный ответ.

Ионы Na путем простой диффузии поступают в клетку без затрат энергии. Достигнув пороговой силы, мембранный потенциал снижается до критического уровня деполяризации (примерно 50 мВ). Критический уровень деполяризации – это то количество милливольт, на которое должен снизиться мембранный потенциал, чтобы возник лавинообразный ход ионов Na в клетку. Если сила раздражения недостаточна, то локального ответа не происходит.

Высоковольтный пиковый потенциал (спайк). Пик потенциала действия является постоянным компонентом потенциала действия. Он состоит из двух фаз:

- 1) восходящей части – фазы деполяризации;
- 2) нисходящей части – фазы реполяризации.

Лавинообразное поступление ионов Na в клетку приводит к изменению потенциала на клеточной мембране. Чем больше ионов Na войдет в клетку, тем в большей степени деполяризуется мембрана, тем больше откроется активационных ворот. Постепенно заряд с мембраны снимается, а потом возникает с противоположным знаком. Возникновение заряда с противоположным знаком называется инверсией потенциала мембраны. Движение ионов Na внутрь клетки продолжается до момента электрохимического равновесия по иону Na. Амплитуда потенциала действия не зависит от силы раздражителя, она зависит от концентрации ионов Na и от степени проницаемости

мембраны к ионам Na. Нисходящая фаза (фаза реполяризации) возвращает заряд мембраны к исходному знаку. При достижении электрохимического равновесия по ионам Na происходит инактивация активационных ворот, снижается проницаемость к ионам Na и возрастает проницаемость к ионам K, натрий-калиевый насос вступает в действие и восстанавливает заряд клеточной мембраны. Полного восстановления мембранного потенциала не происходит.

В процессе восстановительных реакций на клеточной мембране регистрируются следовые потенциалы – положительный и отрицательный. Следовые потенциалы являются непостоянными компонентами потенциала действия. Отрицательный следовой потенциал – следовая деполяризация в результате повышенной проницаемости мембраны к ионам Na, что тормозит процесс реполяризации. Положительный следовой потенциал возникает при гиперполяризации клеточной мембраны в процессе восстановления клеточного заряда за счет выхода ионов калия и работы натрий-калиевого насоса.

Лекция. Физиология нейрона. Синапс

- 1 Строение, функции нерва.
- 2 Периферическая нервная система: черепно-мозговые и спинномозговые нервы, нервные сплетения.
- 3 Классификация нервных волокон.
- 4 Механизм и законы проведения возбуждения по нервам.
- 5 Парабиоз.
- 6 Синапс: строение, классификация.
- 7 Механизмы передачи возбуждения в возбуждающих и тормозных синапсах.
- 8 Электрические синапсы.

1. Строение, функции нерва

Значение нервной ткани в организме связано с основными свойствами нервных клеток (нейронов, нейроцитов) воспринимать действие раздражителя, переходить в возбужденное состояние, распространять потенциалы действия. Нервная система осуществляет регуляцию деятельности тканей и органов, их взаимосвязь и связь организма с окружающей средой. Нервная ткань состоит из нейронов, выполняющих специфическую функцию и нейроглии, играющей вспомогательную роль, осуществляющей опорную, трофическую, секреторную, разграничительную и защитную функции.

Нервные волокна (отростки нервных клеток, покрытые оболочками) выполняют специализированную функцию – проведение нервных импульсов. Нервные волокна формируют нерв или нервный ствол, состоящий из нервных волокон, заключенных в общую соединительнотканную оболочку. Нервные волокна, проводящие возбуждение от рецепторов в ЦНС, называются афферентными, а волокна, проводящие возбуждение от ЦНС к исполнительным органам, называются эфферентными. Нервы состоят из афферентных и эфферентных волокон.

Все нервные волокна по морфологическому признаку делятся на 2 основные группы: миелиновые и безмиелиновые. Они состоят из отростка нервной клетки, который лежит в центре волокна и называется осевым цилиндром, и оболочки, образованной шванновскими клетками. На поперечном срезе нерва видны сечения осевых цилиндров, нервных волокон и покрывающие их глиальные оболочки. Между волокнами в составе ствола располагаются тонкие прослойки соединительной ткани – эндоневрий, пучки нервных волокон покрыты периневрием, который состоит из слоев клеток и фибрилл. Наружная оболочка нерва – эпиневрй представляет собой соединительную волокнистую ткань, богатую жировыми клетками, макрофагами, фибробластами. В

эпиневрий по всей длине нерва поступает большое количество анастомозирующих между собой кровеносных сосудов.

Общая характеристика нервных клеток

Нейрон является структурной единицей нервной системы. В нейроне различаются сома (тело), дендриты (проводят возбуждение к телу клетки) и аксон (от тела). Структурно-функциональной единицей нервной системы является нейрон, глиальная клетка и питающие кровеносные сосуды.

Функции нейрона

Нейрон обладает раздражимостью, возбудимостью, проводимостью, лабильностью. Нейрон способен генерировать, передавать, воспринимать действие потенциала, интегрировать воздействия с формированием ответа. Нейроны обладают *фоновой* (без стимуляции) и *вызванной* (после стимула) активностью.

Фоновая активность может быть:

Единичной - генерация единичных потенциалов действия (ПД) через разные промежутки времени.

Пачковой - генерация серий по 2-10 ПД через 2-5мс с более продолжительными промежутками времени между пачками.

Групповой - серии содержат десятки ПД.

Вызванная активность возникает:

В момент включения стимула "ON" - нейрон.

В момент выключения "OF" - нейрон.

На включение и на выключение "ON - OF" - нейроны.

Нейроны могут градуально изменять потенциал покоя под влиянием стимула.

Передаточная функция нейрона. Физиология нервов. Классификация нервов.

По строению нервы делятся на *миелинизированные (мякотные)* и *немиелинизированные*.

По направлению передачи информации (центр - периферия) нервы подразделяются на *афферентные* и *эфферентные*.

Эфферентные по физиологическому эффекту делятся на:

Двигательные (иннервируют мышцы).

Сосудодвигательные (иннервируют сосуды).

Секреторные (иннервируют железы). Нейроны обладают трофической функцией - обеспечивают метаболизм и сохранение структуры иннервируемой ткани. В свою очередь, нейрон, лишившийся объекта иннервации, также погибает.

По характеру влияния на эффекторный орган нейроны делятся на *пусковые* (переводят ткань из состояния физиологического покоя в состояние активности) и *корректирующие* (изменяют активность функционирующего органа).

2. Периферическая нервная система: черепномозговые и спинномозговые нервы, нервные сплетения

Периферическая нервная система представлена 12 парами черепных и 31 парой спинномозговых нервов, отходящих соответственно от головного и спинного мозга.

Обонятельный нерв (1 пара) начинается в слизистой оболочке обонятельной зоны полости носа 15-20 тонкими веточками, которые проникают в полость черепа через решетчатую пластинку и подходят к обонятельной луковице. Далее продолжается обонятельный тракт, волокна которого несут импульсы к первичным, подкорковым центрам обоняния и далее до сводчатой извилины коры.

Зрительный нерв (2 пара). Его волокна начинаются от ганглиозного слоя сетчатки глаза и образуют нерв, который выходит из глазницы в полость черепа. Затем волокна частично перекрещиваются и далее идет зрительный тракт в подкорковые цен-

тры зрения (зрительный бугор, верхнее двуххолмие, латеральные коленчатые тела). От подкорковых центров импульсы поступают в корковый зрительный анализатор, локализованный в затылочной доле.

Блоковый (4-я пара) и глазодвигательный (3-я пара) нервы обеспечивают координацию движений глаз. Блоковый нерв иннервирует верхнюю косую мышцу глаза, глазодвигательный - верхнюю и нижнюю внутренние прямую и нижнюю косую мышцу глаза и мышцу, поднимающую веко. В составе глазодвигательного нерва проходят парасимпатические волокна, осуществляющие зрачковый рефлекс. Эти волокна иннервируют гладкую мускулатуру цилиарной мышцы и сфинктеры глаза.

Тройничный нерв (5-я пара) - смешанный нерв. Эфферентные волокна иннервируют жевательную мускулатуру, мышцы мягкого нёба и мышцу, изменяющую натяжение барабанной перепонки. Чувствительные волокна проводят возбуждение от рецепторов кожи лица, теменной и височной областей, конъюнктивы, слизистой оболочки носа, надкостницы костей черепа, твердой мозговой оболочки, зубов и вкусовых рецепторов языка.

Отводящий нерв (6-я пара) иннервирует наружную мышцу глаза. При его поражении изменяется положение глазного яблока, ось зрения смещается медиально.

Лицевой нерв (7-я пара) - смешанный нерв. Эфферентные волокна иннервируют все мимические мышцы лица, а также слёзные, подчелюстную и подъязычную железы. По афферентным волокнам проводится возбуждение от вкусовых рецепторов передней части языка.

Слуховой нерв (8-я пара) чувствительный нерв, состоит из двух ветвей - слуховой и вестибулярной. По слуховой ветви проводится возбуждение от рецепторов кортиева органа, а по вестибулярной - от рецепторов вестибулярного аппарата.

Блуждающий нерв (10-я пара) и языкоглоточный нерв (9-я пара) - смешанные нервы. Содержат двигательные, секреторные, чувствительные волокна. Эфферентные нейроны иннервируют мускулатуру мягкого нёба, глотки, гортани и голосовых связок, принимают участие в речевом образовании, способствуют реализации рефлексов сосания, глотания, чихания, кашля и рвоты. Двигательные волокна вагуса иннервируют гладкую мускулатуру и слизистую оболочку большей части пищеварительного тракта, печень, желчный пузырь, поджелудочную железу, трахею, бронхи, кровеносные сосуды и мышцу сердца. Чувствительные волокна языкоглоточного нерва проводят возбуждение от рецепторов каротидного синуса, евстахиевой трубы, барабанной полости и от вкусовых рецепторов задней трети языка. По чувствительным волокнам блуждающего нерва поступает возбуждение от рецепторов ротовой полости, глотки, желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей легких, сосудистых рефлексогенных зон и сердца.

Добавочный нерв (11-я пара) иннервирует грудиноключичнососцевидную и трапецевидную мышцы. При нарушении функций нерва наступает паралич этих мышц, на стороне поражения плечо опускается, поворот головы затруднен или невозможен.

Подъязычный нерв (12-я пара) иннервирует мышцы языка. Поражение этого нерва или его ядра сопровождается нарушением функций мышц языка. Афферентная активация ядра осуществляется через чувствительные волокна языкоглоточного и тройничного нервов.

Спинномозговые нервы. Спинномозговых нервов у человека 31 пара: 8 - шейных, 12 - грудных, 5 - поясничных, 5 - крестцовых и 1 пара – копчиковых. Формируются они слиянием двух корешков: заднего - чувствительного и переднего - двигательного. Оба корешка соединяются в единый ствол, выходящий из позвоночного канала через межпозвоночное отверстие. В области отверстия лежит спинальный ганглий, который содержит тела чувствительных нейронов. Короткие отростки поступают в задние рога, длинные заканчиваются рецепторами, расположенными в коже, подкожной клетчатке,

мышцах, сухожилиях, связках, суставах. Передние корешки содержат двигательные волокна от мотонейронов передних рогов.

Нервные сплетения. Существуют шейное, плечевое, поясничное и крестцовое сплетения, образованные ветвями спинномозговых нервов.

Шейное сплетение образовано передними ветвями 4 верхних шейных нервов, лежит на глубоких мышцах шеи, ветви делятся на двигательные, смешанные и чувствительные. Двигательные ветви иннервируют глубокие мышцы шеи, мышцы шеи, расположенные ниже подъязычной кости, трапецевидные и грудино-ключично-сосцевидные мышцы.

Смешанной ветвью является диафрагмальный нерв. Двигательные волокна его иннервируют диафрагму, чувствительные – плевру и перикард. Чувствительные ветви иннервируют кожу затылка, уха, шеи, кожу под ключицей и над дельтовидной мышцей.

Плечевое сплетение образовано передними ветвями 4 нижних шейных нервов и передней ветвью первого грудного нерва. Иннервирует мышцы груди, плечевого пояса и спины. Подключичный отдел плечевого сплетения образует 3 пучка – медиальный, латеральный и задний. Нервы, выходящие из этих пучков, иннервируют мышцы и кожу верхней конечности.

Передние ветви грудных нервов (1-11) сплетений не образуют, идут как межреберные нервы. Чувствительные волокна иннервируют кожу груди и живота, двигательные – межреберные мышцы, некоторые мышцы груди и живота.

Поясничное сплетение образовано передними ветвями 12 грудного, 1-4 ветвями поясничных нервов. Ветви поясничного сплетения иннервируют мышцы живота, поясницы, мышцы передней поверхности бедра, мышцы медиальной группы бедра. Чувствительные волокна иннервируют кожу ниже паховой связки, промежности, кожу бедра.

Крестцовое сплетение образовано ветвями 4 и 5 поясничных нервов. Двигательные ветви иннервируют мышцы промежности, ягодицы; чувствительные – кожу промежности и наружных половых органов. Длинные ветви крестцового сплетения образуют седалищный нерв – самый крупный нерв тела, иннервирующий мышцы нижней конечности.

3. Классификация нервных волокон

По функциональным свойствам (строению, диаметру волокна, электровозбудимости, скорости развития потенциала действия, длительности различных фаз потенциала действия, по скорости проведения возбуждения) Эрлангер и Гассер разделили нервные волокна на волокна групп А, В и С. Группа А неоднородна, волокна типа А в свою очередь делятся на подтипы: А-альфа, А-бета, А-гамма, А-дельта.

Волокна типа А покрыты миелиновой оболочкой. Наиболее толстые из них А-альфа имеют диаметр 12-22 мкм и высокую скорость проведения возбуждения – 70-120 м/с. Эти волокна проводят возбуждение от моторных нервных центров спинного мозга к скелетным мышцам (двигательные волокна) и от проприорецепторов мышц к соответствующим нервным центрам.

Три другие группы волокон типа А (бета, гамма, дельта) имеют меньший диаметр от 8 до 1 мкм и меньшую скорость проведения возбуждения от 5 до 70 м/с. Волокна этих групп относятся преимущественно к чувствительным, проводящим возбуждение от различных рецепторов (тактильных, температурных, некоторых болевых рецепторов внутренних органов) в ЦНС. Исключение составляют лишь гамма-волокна, значительная часть которых проводит возбуждение от клеток спинного мозга к интрафузальным мышечным волокнам.

К волокнам типа В относятся миелинизированные преганглионарные волокна вегетативной нервной системы. Их диаметр – 1 мкм, а скорость проведения возбуждения – 3-18 м/с.

К волокнам типа С относятся безмиелиновые нервные волокна малого диаметра – 0,5-2,0 мкм. Скорость проведения возбуждения в этих волокнах не более 3 м/с (0,5-3,0 м/с). Большинство волокон типа С – это постганглионарные волокна симпатического отдела вегетативной нервной системы, а также нервные волокна, которые проводят возбуждение от болевых рецепторов, некоторых терморепцепторов и рецепторов давления.

4. Механизм и законы проведения возбуждения по нервам

Нервное волокно обладает следующими физиологическими свойствами: возбудимостью, проводимостью, лабильностью.

Проведение возбуждения по нервным волокнам осуществляется по определенным законам.

Закон двустороннего проведения возбуждения по нервному волокну. Нервы обладают двусторонней проводимостью, т.е. возбуждение может распространяться в любом направлении от возбужденного участка (места его возникновения), т. е., центростремительно и центробежно. Это можно доказать, если на нервное волокно наложить регистрирующие электроды на некотором расстоянии друг от друга, а между ними нанести раздражение. Возбуждение зафиксируют приборы по обе стороны от места раздражения. Естественным направлением распространения возбуждения является: в афферентных проводниках - от рецептора к клетке, в эфферентных - от клетки к рабочему органу.

Закон анатомической и физиологической целостности нервного волокна. Проведение возбуждения по нервному волокну возможно лишь в том случае, если сохранена его анатомическая и физиологическая целостность, т.е. передача возбуждения возможна только по структурно и функционально не измененному, неповрежденному нерву (законы анатомической и физиологической целостности). Различные факторы, воздействующие на нервное волокно (наркотические вещества, охлаждение, перевязка и т. д.) приводят к нарушению физиологической целостности, т. е., к нарушению механизмов передачи возбуждения. Несмотря на сохранение его анатомической целостности проведение возбуждения в таких условиях нарушается.

Закон изолированного проведения возбуждения по нервному волокну. В составе нерва возбуждение по нервному волокну распространяется изолированно, без перехода на другие волокна, имеющиеся в составе нерва. Изолированное проведение возбуждения обусловлено тем, что сопротивление жидкости, заполняющей межклеточные пространства, значительно ниже сопротивления мембраны нервных волокон. Поэтому основная часть тока, возникающего между возбужденным и невозбужденным участками нервного волокна, проходит по межклеточным щелям, не действуя на рядом расположенные нервные волокна. Изолированное проведение возбуждения имеет важное значение. Нерв содержит большое количество нервных волокон (чувствительных, двигательных, вегетативных), которые иннервируют различные по структуре и функциям эффекторы (клетки; ткани, органы). Если бы возбуждение внутри нерва распространялось с одного нервного волокна на другое, то нормальное функционирование органов было бы невозможно. Возбуждение (потенциал действия) распространяется по нервному волокну без затухания. Периферический нерв практически не утомляется.

Механизм проведения возбуждения по нерву

Возбуждение (потенциал действия - ПД) (схема 1) распространяется в аксонах, телах нервных клеток, а также в дендритах без снижения амплитуды и без снижения скорости (бездекрементно). Механизм распространения возбуждения у различных нервных волокон неодинаков. При распространении возбуждения по безмиелиновому нервному волокну механизм проведения включает два компонента: раздражающее действие катэлектротона, порождаемое локальным ПД, на соседний участок электровозбудимой мембраны и возникновение ПД в этом участке мембра-

ны. Локальная деполяризация мембраны нарушает электрическую стабильность мембраны, различная величина поляризации мембраны в смежных ее участках порождает электродвижущую силу и местный электрический ток, силовые линии которого замыкаются через ионные каналы. Активация ионного канала повышает натриевую проводимость, после электротонического достижения критического уровня деполяризации (КУД) в новом участке мембраны генерируется ПД. В свою очередь этот потенциал действия вызывает местные токи, а они в новом участке мембраны генерируют потенциал действия. На всем протяжении нервного волокна происходит процесс новой генерации потенциала действия мембраны волокна. Данный тип передачи возбуждения называется *непрерывным*.

Скорость распространения возбуждения пропорциональна толщине волокна и обратно пропорциональна сопротивлению среды. Проведение возбуждения зависит от соотношения амплитуды ПД и величины порогового потенциала. Этот показатель называется *гарантийный фактор* (ГФ) и равен 5 - 7, т.е. ПД должен быть выше порогового потенциала в 5- 7 раз. Если ГФ = 1 проведение ненадёжно, если ГФ <1 проведения нет. Протяженность возбуждённого участка нерва L является произведение времени (длительности) ПД и скорости распространения ПД. Например, в гигантском аксоне кальмара $L = 1 \text{ мс} \times 25 \text{ мм/мс} = 25 \text{ мм}$.

Наличие у *миелиновых волокон* оболочки, обладающей высоким электрическим сопротивлением, а также участков волокна, лишенных оболочки - перехватов Ранвье создают условия для качественно нового типа проведения возбуждения по миелиновым нервным волокнам. В *миелинизированном* волокне токи проводятся только в зонах, не покрытых миелином, - перехватах Ранвье, в этих участках и генерируется очередной ПД. Перехваты длиной 1 мкм расположены через 1000 - 2000 мкм (1 - 2 мм), характеризуются высокой плотностью ионных каналов, высокой электропроводностью и низким сопротивлением. Распространение ПД в миелинизированных нервных волокнах осуществляется *сальтаторно* - скачкообразно от перехвата к перехвату, т.е. возбуждение (ПД) как бы «перепрыгивает» через участки нервного волокна, покрытые миелином, от одного перехвата к другому. Скорость такого способа проведения возбуждения значительно выше, и он более экономичен по сравнению с непрерывным проведением возбуждения, поскольку в состоянии активности вовлекается не вся мембрана, а только ее небольшие участки в области перехватов, благодаря чему уменьшается нагрузка на ионный насос.

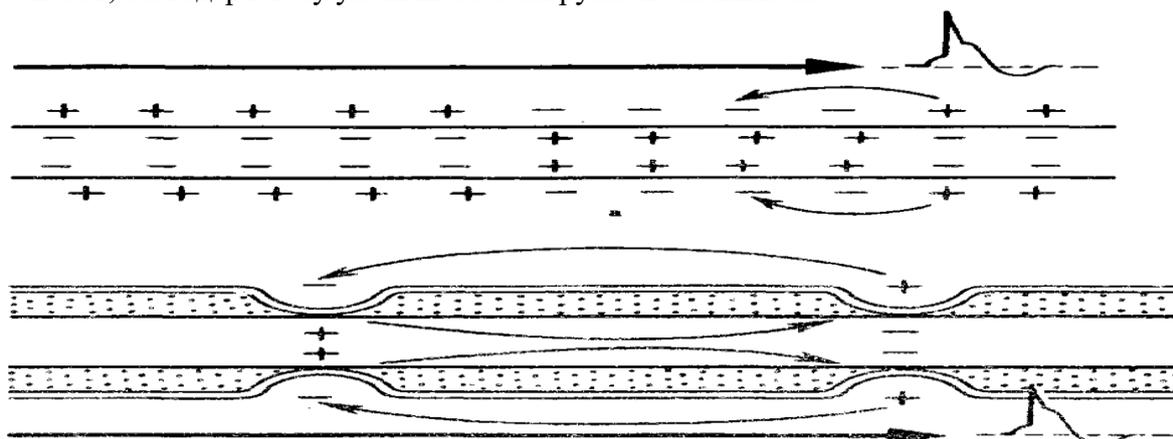


Схема 1. Распространения возбуждения в безмиелиновых и миелиновых нервных волокнах.

5. Парабиоз

Явление парабиоза открыто русским физиологом Н.Е. Введенским в 1901 г. при изучении возбудимости нервно-мышечного препарата.

Парабиоз – это состояние особого, стойкого, неколеблущегося возбуждения, которое в отличие от обычного возбуждения не распространяется за пределы измененного участка ткани.

Введенский показал, что если небольшой участок нерва подвергнуть действию чрезмерно сильных или чрезмерно частых, а также повреждающих и длительно действующих раздражителей, то физиологические свойства этого участка изменяются: понижается лабильность, меняются возбудимость и проводимость.

Свои опыты Введенский проводил на нервно-мышечном препарате лягушки, при этом в качестве раздражителей он использовал раствор кокаина, тепло, холод, давление и ряд других факторов.

В процессе развития парабиоза можно выделить следующие стадии.

1. Стадия трансформаторная (провизорная, или уравнительная) – в этой фазе лабильность измененного участка нервной ткани понижается, в результате чего нервные импульсы проводятся через него в более медленном темпе, на слабые и сильные раздражители мышца сокращается с одинаковой силой.

2. Парадоксальная стадия – в этой фазе усугубляются нарушения функции в измененном участке нервной ткани, при этом на самые слабые раздражители участок реагирует так же, как и на самые сильные, на которые может вообще не реагировать.

3. Тормозная стадия – происходят глубокие функциональные изменения ткани. Слабые и сильные нервные импульсы не проходят через парабиотический участок нервной ткани, хотя возбудимость измененного участка еще сохранена.

Парабиоз – обратимый процесс. Если устранить действующий фактор, то ткань вернется к нормальному функционированию, а если же фактор будет продолжать действовать, то наступает гибель ткани, а позже – и всего организма.

Введенский установил, что парабиотический участок заряжен электроотрицательно по отношению к окружающим тканям. Можно выделить две фазы действия парабиотических агентов:

1) электропозитивную фазу, или фазу гиперполяризации. В начале действия парабиотических факторов отмечается кратковременный рост мембранного потенциала. В это время наблюдаются повышение обменных процессов, усиление деятельности натрий-калиевого насоса;

2) электронегативную фазу – происходит прогрессивное снижение мембранного потенциала, причем оно носит ступенчатый характер. Отмечается постепенное снижение лабильности и возбудимости.

Работы Н.Е. Введенского по парабиозу сыграли важную роль в развитии нейрофизиологии и клинической медицины, показав единство процессов возбуждения, торможения и покоя, изменили господствовавший в физиологии закон силовых отношений, согласно которому реакция тем больше, чем сильнее действующий раздражитель.

Явление парабиоза лежит в основе медикаментозного локального обезболивания. Влияние анестезирующих веществ связано с понижением лабильности и нарушением механизма проведения возбуждения по нервным волокнам.

Парабиоз – закономерная реакция живой ткани на действие чрезмерных по силе и частоте раздражений. Его можно наблюдать не только в нервном волокне, но и в нервных клетках, мышцах и железистой ткани.

6. Синапс: строение, классификация.

Синапс – специализированные структуры, которые обеспечивают передачу возбуждения с одной возбудимой клетки на другую. Понятие СИНАПС введено в физиологию Ч.Шеррингтоном (соединение, контакт). Синапс обеспечивает функциональную связь между отдельными клетками. Подразделяются на нервно-нервные, нервно-

мышечные и синапсы нервных клеток с секреторными клетками (нервно-железистые). В нейроне выделяется три функциональных отдела: сома, дендрит, аксон. Поэтому между нейронами существуют все возможные комбинации контактов. Например, аксо-аксональный, аксо-соматический и аксо-дендритный.

Классификация

- 1) по местоположению и принадлежности соответствующим структурам:
 - *периферические* (нервно-мышечные, нейросекреторные, рецепторно-нейрональные);
 - *центральные* (аксо-соматические, аксо-дендритные, аксо-аксональные, сомато-дендритные, сомато-соматические);
- 2) механизму действия – *возбуждающие и тормозящие*;
- 3) способу передачи сигналов – *химические, электрические, смешанные*.
- 4) химические классифицируют по медиатору, с помощью которого осуществляется передача – *холинергические, адренергические, серотонинергические, глицинергические и т.д.*

Строение синапса

Синапс состоит из трех элементов (рис.1):

- пресинаптическая мембрана, расположенная на синаптической бляшке терминального отдела аксона;
- синаптическая щель, заполненная гликокалексом и межтканевой жидкостью;
- постсинаптическая мембрана, расположенная на иннервируемой клетке. На ней имеются хеморецепторы, чувствительные к определенному виду медиатора. Постсинаптическая мембрана также имеет ферменты, разрушающие медиатор после его взаимодействия с хеморецептором.

Синапс (от греч. "соединение") - место контакта между двумя клетками каждая из которых заключена в собственную электрогенную мембрану.

В нервно-мышечном синапсе пресинаптическая мембрана – часть мембраны нервного окончания в области контакта его с мышечным волокном, постсинаптическая мембрана – часть мембраны мышечного волокна.

Часть постсинаптической мембраны, которая расположена напротив пресинаптической, называется субсинаптической мембраной. Особенностью субсинаптической мембраны является наличие в ней специальных рецепторов, чувствительных к определенному медиатору и наличие хемозависимых каналов. В постсинаптической мембране, за пределами субсинаптической, имеются потенциалозависимые каналы.

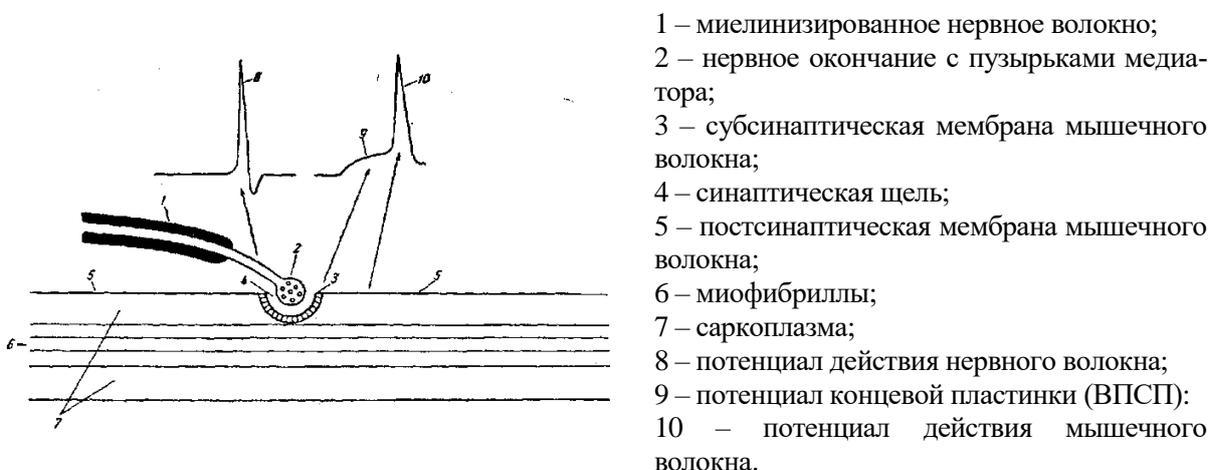


Рисунок 1 Строение нервно-мышечного синапса

7. Механизмы передачи возбуждения в возбуждающих и тормозных синапсах

В 1936 году Дейл доказал, что при раздражении двигательного нерва в его окончаниях в скелетной мышце выделяется ацетилхолин. В синапсах с химической передачей возбуждение передается с помощью медиаторов (посредников). Медиаторы – химические вещества, которые обеспечивают передачу возбуждения в синапсах. Медиатором в нервно-мышечном синапсе является ацетилхолин, в возбуждающих и тормозных нервно-нервных синапсах - ацетилхолин, катехоламины - адреналин, норадреналин, дофамин; серотонин; нейтральные аминокислоты - глутаминовая, аспарагиновая; кислые аминокислоты - глицин, гамма-аминомасляная кислота; полипептиды: вещество Р, энкефалин, соматостатин; другие вещества: АТФ, гистамин, простагландины. Медиаторы в зависимости от их природы делятся на несколько групп:

- моноамины (ацетилхолин, дофамин, норадреналин, серотонин.);
- аминокислоты (гамма-аминомасляная кислота – ГАМК, глутаминовая кислота, глицин и др.);
- нейропептиды (вещество Р, эндорфины, нейротензин, АКТГ, ангиотензин, вазопрессин, соматостатин и др.).

Накопление медиатора в пресинаптическом образовании происходит за счет его транспорта из околядерной области нейрона с помощью быстрого аксотока; синтеза медиатора, протекающего в синаптических терминалях из продуктов его расщепления; обратного захвата медиатора из синаптической щели.

Пресинаптическое нервное окончание содержит структуры для синтеза нейромедиатора. После синтеза нейромедиатор упаковывается в везикулы. При возбуждении эти синаптические везикулы сливаются с пресинаптической мембраной и нейромедиатор высвобождается в синаптическую щель. Он диффундирует к постсинаптической мембране и связывается там со специфическим рецептором. В результате образования нейромедиатор-рецепторного комплекса постсинаптическая мембрана становится проницаемой для катионов и деполяризуется. Это приводит к возникновению возбуждающего постсинаптического потенциала и затем потенциала действия. Медиатор синтезируется в пресинаптической терминали из материала, поступающего сюда аксональным транспортом. Медиатор "инактивируется", т.е. либо расщепляется, либо удаляется из синаптической щели посредством механизма обратного транспорта в пресинаптическую терминаль.

Значение ионов кальция в секреции медиатора. Секреция медиатора невозможна без участия в этом процессе ионов кальция. При деполяризации пресинаптической мембраны кальций входит в пресинаптическую терминаль через специфические потенциалозависимые кальциевые каналы в этой мембране. Концентрация кальция в аксоплазме $1 \cdot 10^{-7}$ М, при вхождении кальция и повышении его концентрации до $1 \cdot 10^{-4}$ М происходит секреция медиатора. Концентрация кальция в аксоплазме после окончания возбуждения снижается работой систем: активного транспорта из терминали, поглощением митохондриями, связыванием внутриклеточными буферными системами. В состоянии покоя происходит нерегулярное опорожнение везикул, при этом происходит выход не только единичных молекул медиатора, но и выброс порций, квантов медиатора. Квант ацетилхолина включает примерно 10000 молекул.

Рецептивная субстанция. В холинергических синапсах – это холинорецептор. В нём различается узнающий центр, специфически взаимодействующий исключительно с ацетилхолином. С рецептором сопряжён ионный канал, имеющий воротный механизм и ионселективный фильтр, обеспечивающий проходимость только для определённых ионов.

Инактивационная система. Для восстановления возбудимости постсинаптической мембраны после очередного импульса необходима инактивация медиатора. В противном случае, при длительном действии медиатора происходит снижение чувстви-

тельности рецепторов к этому медиатору (десенситизация рецепторов). Инактивационная система в синапсе представлена:

1. Ферментом, разрушающим медиатор, например, ацетилхолинэстеразой, разрушающей ацетилхолин. Фермент находится на базальной мембране синаптической щели и разрушение его химическим путём (эзерином, простигмином) прекращает передачу возбуждения в синапсе.

2. Системой обратного связывания медиатора с пресинаптической мембраной.

Постсинаптические потенциалы (ПСП) - местные потенциалы, не сопровождающиеся рефрактерностью и не подчиняющиеся закону «всё или ничего» и вызывающие на постсинаптической клетке сдвиг потенциала.

Различают возбуждающие и тормозящие постсинаптические потенциалы. Возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП) - локальный процесс деполяризации постсинаптической мембраны. В нервно-мышечном синапсе ВПСП называют потенциалом концевой пластинки (ПКП). ПКП создаёт ток, раздражающий соседнюю с постсинаптической электровозбудимую мембрану мышечного волокна, что и порождает в ней ПД. Возникновение ВПСП связано с одновременным увеличением проницаемости постсинаптической мембраны для Na^+ и K^+ в результате открытия проницаемых для Na^+ и K^+ каналов, но непроницаемых для Cl^- . Увеличение калиевой проницаемости приводит к уменьшению деполяризации, которая могла бы возникнуть за счёт увеличения только натриевой проницаемости. Тормозной эффект ТПСП основывается на двух механизмах. Во-первых, это электротоническое действие гиперполяризационного ТПСП на триггерную (аксонный холмик) зону нейрона: ТПСП порождает ток, который входит в холмик и повышает его мембранный потенциал. Во-вторых, имеет значение действие хлорного шунта на ВПСП. Открытие хлорных каналов закорачивает ток ВПСП и уменьшает плотность тока, протекающего через триггерную зону нейрона. Хлорный механизм торможения существует в нейронах ЦНС наряду с механизмом активации калиевых каналов и повышением калиевой проницаемости.

Нейрон имеет несколько тысяч синапсов, по которым поступают возбуждающие и тормозные потенциалы, и один выход в виде аксона. Характер формируемого ответа нейрона зависит от соотношения активности на его мембране тормозных и возбуждающих постсинаптических потенциалов (ТПСП и ВПСП). В зависимости от соотношения ВПСП и ТПСП на мембране будут преобладать процессы деполяризации или реполяризации, что в конечном итоге определит возбужденное или заторможенное состояние нейрона.

Физиологические свойства химических синапсов. Синапсы с химической передачей возбуждения обладают рядом общих свойств:

Возбуждение через синапсы проводится только в одном направлении (односторонне). Это обусловлено строением синапса:

- медиатор выделяется только из пресинаптического утолщения и взаимодействует с рецепторами субсинаптической мембраны;
- передача возбуждения через синапсы осуществляется медленнее, чем по нервному волокну – синаптическая задержка;
- передача возбуждения осуществляется с помощью специальных химических посредников – медиаторов;
- в синапсах происходит трансформация ритма возбуждения;
- синапсы обладают низкой лабильностью;
- синапсы обладают высокой утомляемостью;
- синапсы обладают высокой чувствительностью к химическим (в том числе и к фармакологическим) веществам.

8. Электрические синапсы

Кроме синапсов с химической передачей возбуждения преимущественно в центральной нервной системе (ЦНС) встречаются синапсы с электрической передачей. Возбуждающим электрическим синапсам свойственны очень узкая синаптическая щель и очень низкое удельное сопротивление сближенных пре- и постсинаптических мембран, что обеспечивает эффективное прохождение локальных электрических токов. Низкое сопротивление связано с наличием поперечных каналов, пересекающих обе мембраны, т. е. идущих из клетки в клетку (щелевой контакт). Каналы образуются белковыми молекулами (полумолекулами) каждой из контактирующих мембран, которые соединяются комплементарно. Эта структура легко проходимая для электрического тока.

Схема передачи возбуждения в электрическом синапсе:

Ток, вызванный пресинаптическим потенциалом действия, раздражает постсинаптическую мембрану, где возникает ВПСП и потенциал действия.

Поперечные каналы объединяют клетки не только электрически, но и химически, так как они проходимы для многих низкомолекулярных соединений. Поэтому возбуждающие электрические синапсы с поперечными каналами формируются, как правило, между клетками одного типа (например, между клетками сердечной мышцы).

Общими свойствами возбуждающих электрических синапсов являются:

- быстрое действие (значительно превосходит таковое в химических синапсах);
- слабость следовых эффектов при передаче возбуждения (в результате этого в них практически невозможна суммация последовательных сигналов);
- высокая надежность передачи возбуждения.

Электрические синапсы могут быть с односторонней и двусторонней передачей возбуждения.

Электрический тормозной синапс. Наряду с электрическими синапсами возбуждающего действия могут встречаться электрические тормозные синапсы. Примером такого синапса может служить синапс, который образует нервное окончание на выходном сегменте маутнеровского нейрона у рыб. Тормозящее влияние возникает за счет действия тока, вызванного потенциалом действия пресинаптической мембраны. Пресинаптический потенциал вызывает значительную гиперполяризацию сегмента, и гиперполяризующий ток мгновенно тормозит генерацию потенциала действия в начальном сегменте аксона.

В смешанных синапсах пресинаптический потенциал действия создает ток, который деполяризует постсинаптическую мембрану типичного химического синапса, где пре- и постсинаптические мембраны не плотно прилегают друг к другу. Таким образом, в этих синапсах химическая передача служит необходимым усиливающим механизмом.

Лекция. Физиология мышечной ткани

- 1 Классификация и функции мышечных волокон.
- 2 Физиологические свойства мышц.
- 3 Режимы и виды мышечных сокращений.
- 4 Функциональные свойства двигательной единицы.
5. Механизмы мышечного сокращения и расслабления.
6. Морфофункциональные основы мышечной силы.

1. Классификация и функции мышечных волокон

Мышцы делятся на гладкие и поперечнополосатые; к последним относятся скелетные и сердечная мышцы.

Мышца представляет собой отдельный орган, а мышечное волокно – соответственно поперечно-полосатую или гладкомышечную клетку.

Выделяют 3 вида мышечных тканей:

1. Поперечно-полосатая (скелетная) мышечная ткань

Является произвольной возбудимой тканью. Формирует скелетные мышцы, мышцы ротовой полости, верхней трети глотки, наружные сфинктеры мочеиспускательного канала и прямой кишки. Тканевыми элементами служат мышечные волокна – симпласты, которые содержат 4 элемента, обеспечивающие сократительную функцию мышц:

- а) миофибриллы, образованные параллельно ориентированными нитями актина и миозина, соединенные концами друг с другом;
- б) тропонин-тропомиозин регулирующий комплекс (управляет актом сокращения);
- в) саркоплазматический ретикулум, примыкающий к Т-трубочкам (впячивания сарколеммы) и образующий L-каналы, содержит ионизированный кальций, запускающий сокращение);
- г) систему энергетического обеспечения (митохондриальные комплексы).

Функции поперечно-полосатой мускулатуры:

1) двигательная – обеспечение динамической и статической работы организма. Динамическая функция – это перемещение тела в пространстве и частей тела относительно друг друга, а статическая – это поддержание определенного положения тела;

2) участие в акте дыхания – вдох и выдох производятся за счет поперечно-полосатой дыхательной мускулатуры;

3) рецепторная – в поперечно-полосатой мускулатуре расположены различные виды рецепторов – механо-, хемо-, термо-, проприорецепторы, собственные мышечные веретена, сухожильные тельца Гольджи. За счет рецепторов скелетная мускулатура связана с центральной нервной системой и организмом в целом;

4) депонирующая – скелетная мускулатура является депо крови, в мышцах откладывается гликоген, содержатся вода, минеральные вещества;

5) участие в терморегуляции – при повышении температуры тела импульсы с периферии идут в центральную нервную систему – в центр терморегуляции. Однако пирогены (вещества химической, физической или биологической природы, вызывающие повышение температуры тела) вызывают изменение восприятия центром терморегуляции тепловых сигналов с периферии, в результате чего нервные импульсы о повышении температуры тела воспринимаются, наоборот, как охлаждение. После этого организм запускает сократительный термогенез – сокращение поперечнополосатой скелетной мускулатуры (дрожь при лихорадке);

б) обеспечение эмоциональных реакций – мимическая мускулатура лица.

2. Гладкомышечная ткань

Непроизвольно возбудимая ткань, формирует мышечные оболочки внутренних органов, все внутренние сфинктеры, входит в состав стенки сосудов. Тканевым элементом является гладкомышечная клетка – миоцит веретеновидной или звездчатой формы. Сократительные элементы представлены:

- а) миозиновыми нитями, проходящими вдоль оси клетки и актиновыми нитями, образующими 3-мерную сеть;
- б) слабо развитым тропонин-тропомиозиновым комплексом;
- в) не развитым эндоплазматическим ретикулумом (необходимый для иницирования мышечного сокращения ионизированный кальций поступает из внешней среды клетки);
- г) системой энергетического обеспечения.

Функции гладких мышц:

1) входят в состав стенок полых органов, сосудистой стенки, радужной оболочки глаза, ресничной мышцы и мышц связочного аппарата матки (широкая связка);

2) поддерживают форму органа и постоянство давления, особенно в кровеносных сосудах;

3) обеспечивают резервуарную функцию, образуют сфинктеры, которые задерживают содержимое в определенном отделе органа;

4) обеспечивают опорожнение органа;

5) обеспечивают продвижение содержимого в желудочно-кишечном тракте;

6) поддерживают определенный просвет зрачка (мышцы радужной оболочки глаза).

3. Сердечная мышечная ткань (миокард)

Сочетает в себе черты скелетной и гладкомышечной ткани. Непроизвольно возбудимая ткань, обладающая собственной ритмической активностью. Тканевым элементом служат вытянутые клетки – кардиомиоциты, которые при помощи нексусов (электронноплотных контактов) объединены в функциональные волокна. Среди кардиомиоцитов есть атипичные клетки, образующие проводящую систему. Сократительные элементы клетки представлены:

а) миофибриллярными комплексами, как у скелетных мышц;

б) развитым тропонин-тропомиозиновым комплексом;

в) сочетанным поступлением кальция как из внешней среды, так и из саркоплазматического ретикулума;

г) системой энергетического обеспечения.

Функция сердечной мышцы – насосная, обеспечивает движение крови по сосудам, при сокращении миокарда кровь выбрасывается из полости сердца в сосуды, а при расслаблении кровь наполняет камеры сердца.

2. Физиологические свойства мышц

Физиологические свойства скелетных мышц:

1) возбудимость ниже, чем в нервном волокне, что объясняется низкой величиной мембранного потенциала;

2) проводимость низкая, порядка 10–13 м/с;

3) рефрактерность занимает по времени больший отрезок, чем у нервного волокна;

4) лабильность;

5) сократимость – способность укорачиваться или развивать напряжение.

Физиологические свойства сердечной мышцы

Сердце сокращается в течение жизни человека до 4 млрд раз, выбрасывая в аорту и способствуя поступлению в органы и ткани до 200 млн л крови. В физиологических условиях сердечный выброс составляет от 3 до 30 л/мин. При этом кровоток в различных органах (в зависимости от напряжённости их функционирования) варьирует, увеличиваясь при необходимости приблизительно вдвое.

По своему строению волокна сердечной мышцы сходны с волокнами скелетных мышц, и называются – *поперечнополосатая сердечная мышца*. Главная особенность сердечной мышцы заключается в том, что волокна сердечной мышцы тесно связаны между собой, образуя сеть или синцитий. Благодаря этому в ответ на раздражение сердце отвечает сокращением всего сердца (закон «всё или ничего»).

Свойства сердечной мышцы: возбудимость, проводимость, сократимость, автоматия.

Автоматия – способность работать *автономно*, т.е. без приходящих извне импульсов, под воздействием потенциалов действия, спонтанно формирующихся в самой

сердечной мышце. Скелетная же мышца сокращается только под влиянием нервных импульсов, приходящих к ней от мотонейронов.

Физиологические свойства гладких мышц

1. Возбудимость ниже, чем у поперечнополосатой мускулатуры. Это объясняется тем, что в возникновении потенциала действия важную роль играют ионы Ca^{2+} . Они проникают вглубь клетки через медленные кальциевые каналы. Так как в гладкой мускулатуре плохо развит саркоплазматический ретикул, то и ионы кальция будут доставляться в меньшем количестве, а соответственно, будет снижаться возбудимость. Гладкие мышцы не реагируют на одиночное раздражение, для возникновения мышечного сокращения необходима серия нервных импульсов с частотой не менее 1 импульса в минуту.

2. Проводимость ниже, чем у скелетной мускулатуры. Скорость проведения возбуждения в гладкой мускулатуре составляет 0,01–0,02 м/с. За счет этого волна возбуждения распространяется медленно – возможно обеспечение перистальтической функции полых органов.

3. Рефрактерность больше, чем у скелетных мышц. Рефрактерный период удлиняется за счет относительного рефрактерного периода и составляет от 80–500 мс. до нескольких секунд.

4. Лабильность низкая. При рефрактерном периоде, равном 1 с, регистрируется 1 волна возбуждения.

5. Сократимость. Гладкие мышцы сокращаются медленно, но могут развивать значительную силу. Они способны выполнять функцию длительного сокращения с минимальной затратой энергии, что особенно важно в полых органах. Гладкие мышцы имеют более низкую по сравнению со скелетными частоту сокращения (примерно в 100–1000 раз). Это происходит за счет удлинения одиночного мышечного сокращения.

За счет наличия медленного сокращения даже под влиянием редких импульсов мышечная ткань может приходить в состояние длительного сокращения, напоминающее тетанус.

3. Режимы и виды мышечных сокращений

Работа скелетных мышц подразделяется на *статическую* (поддержание груза, позы) и *динамическую* (перемещение).

Различают три режима работы мышцы: изотонический, изометрический и ауксотонический.

Изотонический режим имеет место при отсутствии нагрузки на мышцу, когда мышца закреплена с одной стороны и может свободно сокращаться (например, мышца языка).

Изометрический режим характерен для мышц, оба конца которых закреплены. В момент активности мышцы напряжение в ней нарастает, но поскольку оба конца закреплены, мышца не укорачивается. Такой режим сокращения иначе называется режимом постоянной длины и наблюдается при сохранении заданной позы, т.е. при выполнении статической работы. В этом случае в мышечном волокне не происходит механическая реакция перемещения актиновых и миозиновых нитей относительно друг друга, хотя процессы возникновения и разрушения актино-миозиновых мостиков все равно присутствуют. Возникающее в такой мышце напряжение зависит от величины нагрузки и длительности работы.

Ауксотонический или смешанный режим характеризуется изменением длины и тонуса мышцы, что наблюдается при перемещении грузов. В этом случае совершается механическая работа (А) мышцы, равная произведению поднимаемого веса (Р) на расстояние (h): $A=P \cdot h$ (кг/м). Такой режим проявляется при выполнении динамической

работы, даже при отсутствии внешнего груза, т.к. перемещение человека связано с преодолением силы тяжести тела.

Виды мышечных сокращений

У скелетной мышцы различают *одиночное и суммированное сокращение – тетанус*. При регистрации сократительной активности в изометрическом режиме (когда оба конца мышцы закреплены), выделяют первую фазу, когда происходит нарастание напряжения (силы), - *фазу напряжения*, и вторую фазу, когда происходит падение напряжения до исходной величины, - *фазу расслабления*.

При регистрации сократительной активности в изотоническом режиме есть соответственно *фаза укорочения и фаза удлинения*. Если действие раздражителя происходит с большими интервалами, то мышца каждый раз отвечает одиночным сокращением. В случае, когда раздражитель действует на мышцу в момент фазы расслабления или удлинения, т.е. одно сокращение еще не закончилось, а уже возникло новое, происходит частичная суммация. При подобном множественном воздействии возникает явление *зубчатого тетануса*. Если раздражения наносятся с еще меньшим интервалом и каждое последующее раздражение попадает в фазу укорочения или напряжения, то возникает так называемый *гладкий тетанус*. Амплитуда гладкого тетануса зависит от частоты раздражения, т.е. от того, в какую фазу периода относительной рефрактерности (следовой гиперполяризации или деполяризации) подействует следующий стимул. При раздражении в фазу следовой деполяризации – период экзальтации (повышенной возбудимости) – амплитуда будет большой – *оптимум*; в период следовой гиперполяризации (сниженная возбудимость) амплитуда будет намного меньше – *пессимум*.

Для гладких мышц виды сокращений иные. Для тонических гладких мышц в условиях покоя характерно наличие базального тонуса – определенного напряжения – и определенная фазная активность. При действии на них ингибитора сократительной активности характерно снижение базального тонуса и уменьшение частоты генерации медленных фазных сокращения или их амплитуды. При воздействии раздражителя, стимулирующего мышечные сокращения, наоборот, происходит повышение базального тонуса, частоты и амплитуды фазных сокращений. Фазные сокращения в обоих случаях являются одиночными. Другие фазнотонические мышцы имеют базальный тонус, но фазных сокращений в покое не генерируют. Поэтому в ответ на стимуляцию такая мышца повышает базальный тонус и начинает генерировать фазные сокращения.

Скелетная и гладкая мышцы по-разному отвечают на пассивное растяжение. В скелетных мышцах в ответ на растяжение напряжение (сила) нарастает. В гладких мышцах первоначально тоже происходит нарастание напряжения, но через 30-60 с оно спонтанно снижается почти до исходного уровня. То есть гладким мышцам свойственна пластичность. Так, в мочевом пузыре при накоплении мочи давление не возрастает, т.к. гладкие мышцы пузыря при таком растяжении постепенно снижают свой базальный тонус.

Энергетика мышечного сокращения. Для обеспечения процессов сокращения и расслабления мышц потребляется энергия АТФ, при расщеплении которой образуется АДФ, молекула фосфата и 10 ккал энергии на 1 моль. Скорость оборота АТФ в клетке очень велика, поэтому существует постоянная необходимость ресинтеза АТФ. Восстановление АТФ в анаэробных условиях происходит двумя путями: *медленным и быстрым*. Медленное восстановление происходит за счет анаэробного расщепления глюкозы – реакции гликолиза, с образованием в конечном итоге молочной кислоты и АТФ.

Быстрое восстановление происходит за счет распада в мышечного креатинфосфата, с образованием АТФ и креатина. Существуют и аэробные пути восстановления запасов АТФ – за счет реакций окисления жиров и углеводов в митохондриях (цикл Кребса).

Среди всех источников энергии жиры обладают наибольшей энергетической емкостью, т.к. при расходовании 1 моля АТФ выделяется около 10 ккал энергии, 1 моля

креатинфосфата – 10,5 ккал, 1 моля глюкозы при анаэробном расщеплении – 50 ккал, аэробном окислении глюкозы – 700 ккал, а при окислении жиров – 2400 ккал. Однако использование жиров при работе высокой мощности ограничено трудностью доставки кислорода к работающим тканям.

4. Функциональные свойства двигательной единицы

Структурно – функциональной единицей двигательного аппарата являются *двигательные единицы (ДЕ)*.

Двигательная единица – это мотонейрон, его аксон и группа иннервируемых этим аксоном мышечных волокон. В зависимости от количества концевых веточек, размера и функциональных особенностей мотонейрона и его аксона, а также от самих мышечных волокон двигательные единицы классифицируют на малые двигательные единицы и большие двигательные единицы.

Малая двигательная единица – маленький мотонейрон, тонкий аксон, малое количество концевых веточек, иннервируют небольшое количество мышечных волокон (от единиц до десятков). Они входят в состав коротких мышц: пальцев рук и ног, мышцы лица и частично в состав более крупных мышц туловища и конечностей.

Большая двигательная единица включает крупный мотонейрон с относительно толстым аксоном, большое количество концевых веточек и иннервируют сотни, тысячи мышечных волокон. Они входят в состав крупных мышц туловища и конечностей.

С функциональной точки зрения двигательные единицы разделяют на 2 основных типа: *медленные двигательные единицы* и *быстрые двигательные единицы*.

Медленные двигательные единицы обладают высокой возбудимостью и низким порогом, обеспечивают тонус мышц и работу организма при относительно умеренной интенсивности. Они мало утомляемы, так как работают в аэробных условиях (минуты, часы) без значительного утомления. Они сокращаются медленно. Мышечные волокна в таких двигательных единицах также относятся к медленному типу (красные мышечные волокна).

Быстрые двигательные единицы обладают низкой возбудимостью, высоким порогом, включаются на короткое время в начале работы. Работают при большой интенсивности в анаэробных условиях, но могут включаться при работе умеренной интенсивности, когда медленные двигательные единицы утомляются. Они быстро утомляются и долго не могут работать. Показывают большую скорость и силу сокращения мышц, и поэтому называются быстрыми двигательными единицами. Мышечные волокна в таких двигательных единицах также относятся к быстрому типу (белые мышечные волокна). Их включение облегчается при эмоциональном возбуждении, при большом содержании адреналина в крови.

5. Механизмы мышечного сокращения и расслабления

Электрохимический этап мышечного сокращения

1. Генерация потенциала действия. Передача возбуждения на мышечное волокно происходит с помощью ацетилхолина. Взаимодействие ацетилхолина с холинорецепторами приводит к их активации и появлению потенциала действия, что является первым этапом мышечного сокращения.

2. Распространение потенциала действия. Потенциал действия распространяется внутрь мышечного волокна по поперечной системе трубочек, которая является связывающим звеном между поверхностной мембраной и сократительным аппаратом мышечного волокна.

3. Электрическая стимуляция места контакта приводит к активации фермента и образованию инозиттрифосфата, который активирует кальциевые каналы мембран, что приводит к выходу ионов Ca^{2+} и повышению их внутриклеточной концентрации.

Хемомеханический этап мышечного сокращения

Теория хемомеханического этапа мышечного сокращения была разработана О. Хаксли в 1954 г. И дополнена в 1963 г. М. Девисом. Основные положения этой теории:

- 1) ионы Ca_2^+ запускают механизм мышечного сокращения;
- 2) за счет ионов Ca_2^+ происходит скольжение тонких актиновых нитей по отношению к миозиновым.

В покое, когда ионов Ca_2^+ мало, скольжения не происходит, потому что этому препятствуют молекулы тропонина и отрицательные заряды АТФ, АТФ-азы и АДФ. Повышенная концентрация ионов Ca_2^+ происходит за счет поступления его из межфибрилярного пространства. При этом происходит ряд реакций с участием ионов Ca_2^+ :

- 1) Ca_2^+ реагирует с трипонином;
- 2) Ca_2^+ активирует АТФ-азу;
- 3) Ca_2^+ снимает заряды с АДФ, АТФ, АТФ-азы.

Взаимодействие ионов Ca_2^+ с тропонином приводит к изменению расположения последнего на актиновой нити, открываются активные центры тонкой протофибриллы. За счет них формируются поперечные мостики между актином и миозином, которые перемещают актиновую нить в промежутки между миозиновой нитью. При перемещении актиновой нити относительно миозиновой происходит сокращение мышечной ткани.

Итак, главную роль в механизме мышечного сокращения играют белок тропонин, который закрывает активные центры тонкой протофибриллы и ионы Ca_2^+ .

Мышечное расслабление, как и сокращение, – активный процесс, для чего необходима энергия АТФ.

1. Мышечное расслабление осуществляется за счет распада кальциевых мостиков, что происходит в результате уменьшения количества ионов Ca_2^+ в межфибрилярном пространстве. Ионы Ca_2^+ путем активного транспорта возвращаются в саркоплазматическую сеть за счет деятельности кальциевого насоса.

2. В середине XX в. был обнаружен белок – фактор Мари-Бендалла, обеспечивающий способность актина возвращаться обратно.

3. Молекула АТФ является биологической «смазкой» – уменьшает силу трения между фибриллами и способствует возвращению актина и миозина в исходное положение.

4. При расслаблении играет важную роль пассивный механизм за счет эластичности мышечной ткани.

6. Морфофункциональные основы мышечной силы

Сила мышцы зависит от ряда морфологических и физиологических факторов: количества и свойств мышечных волокон в мышце, от исходной длины мышцы, характера нервных импульсов, механических условий действия мышцы на кости скелета. Сила мышцы является суммой силы отдельных мышечных волокон. Например, установлено, что одно мышечное волокно икроножной мышцы развивает напряжение равное 100-200 мг, а одна двигательная единица (ДЕ) икроножной мышцы представлена 2000 тысячами мышечных волокон, соответственно может развивать напряжение в 200-400 г. Однако одна икроножная мышца содержит до 1000 ДЕ, следовательно, развиваемое напряжение может составлять 200-400 кг.

Сила мышцы очень зависит от ее анатомического и физиологического поперечного сечения. Физиологическое поперечное сечение мышцы представляет собой площадь поперечного сечения всех образующих ее мышечных волокон. Чем больше поперечное сечение, тем больше сила мышцы.

Влияние на силу мышцы ее исходной длины определяется изменением количества поперечных мостиков, которые могут образоваться при движении относительно друг друга актиновых и миозиновых волокон. Чем больше образуется актиново-миозиновых

мостиков, тем больше тяга сократительных белков и соответственно больше сила мышцы. При этом наибольшее количество актиново-миозиновых мостиков образуется при небольшом растяжении мышцы, т.е. растяжении до некоторой оптимальной величины. Объясняется этот факт тем, что при слишком большом растяжении саркомера нити актина настолько далеко расходятся в стороны, что не могут контактировать с миозином. Тогда как в случае резкого сокращения мышцы нити актина перекрывают друг друга в центре, что также препятствует образованию контактов с миозином.

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на силу мышц, является состав или композиция мышечных волокон, образующих мышцу. Различают три типа мышечных волокон:

- медленные неустоляемые – I типа,
- быстрые неустоляемые – II-а типа,
- быстрые утомляемые – II-б типа.

Медленные волокна иначе называют медленными окислительными волокнами. Это выносливые и легко возбудимые волокна, с богатым кровоснабжением, большим количеством митохондрий, запасов миоглобина, использующие для энергообразования окислительные процессы. Чаще всего такие мышцы используются при статической работе, например поддержании позы.

Быстрые неустоляемые волокна тоже являются окислительными, однако они менее возбудимы, чем медленные волокна.

Быстрые утомляемые волокна иначе называют быстрыми гликолитическими волокнами, использующими анаэробные процессы энергообразования. Они менее возбудимы, поэтому включаются в работу только при больших нагрузках. С их помощью обеспечиваются быстрые и мощные сокращения мышц. В среднем мышцы человека состоят на 50,4 % из медленных волокон, на 18,5 % - из быстрых неустоляемых и на 31,1 % - из быстрых утомляемых волокон. Соотношение мышечных волокон разного типа в разных мышцах отличается. При этом состав мышечных волокон в одной и той же мышце у разных людей индивидуален, т.е. зависит от врожденных типологических особенностей. В ходе направленного тренировочного процесса развитие силы происходит за счет нарастания объема быстрых волокон, но не их количества.

Влияние характера нервных импульсов на развитие силы проявляется в увеличении числа активных ДЕ, увеличении частоты нервных импульсов и увеличении синхронизации ДЕ, когда увеличение силы мышцы происходит за счет одновременной тяги всех активных мышечных волокон.

Механические условия работы мышцы, т.е. точка приложения ее силы и точка приложения сопротивления (поднимаемого груза), оказывают существенное влияние на мышечную силу. Например, вес поднимаемого груза при сгибании руки в локте составляет около 40 кг, тогда как сила мышц сгибателей достигает порядка 250 кг, а тяга сухожилий – 500кг.

Лекция. Физиология крови

- 1 Кровь как внутренняя среда организма, ее функции.
- 2 Основные константы крови, их величина и функциональное значение.
- 2 Эритроциты, их структура, функции. Физиология эритропоэза.
- 3 Лейкоциты, строение, виды, их роль в организме. Регуляция лейкопоэза.
- 4 Тромбоциты, особенности их строения и функциональное значение. Этапы свертывания крови.
- 5 Группы крови. Резус фактор.

1. Кровь как внутренняя среда организма, ее функции

Кровь, лимфа и тканевая жидкость образуют внутреннюю среду организма, омывающую все клетки и ткани тела. Внутренняя среда отличается постоянством состава и свойств, что необходимо для нормальной жизни клеток.

Кровь – это жидкая ткань мезенхимной природы (одна из разновидностей соединительной ткани). Кровь как ткань обладает следующими особенностями:

- 1) все ее составные части образуются за пределами сосудистого русла;
- 2) межклеточное вещество ткани является жидким;
- 3) основная часть крови находится в постоянном движении.

В 1939 году исследователь-клиницист, наш соотечественник Г. Ф. Ланг создал представление о крови как системе. В эту систему он включил 4 части:

- 1) периферическую кровь, циркулирующую по сосудам;
- 2) органы кроветворения и иммуноцитопоеза (костный мозг, вилочковая железа и др.);
- 3) органы кроверазрушения (например, селезенка);
- 4) регулирующий нейрогуморальный аппарат, благодаря которым сохраняются постоянно состав и функции крови.

Кровь имеет следующие функции:

- 1) транспортная (дыхательная, питательная (трофическая), экскреторная);
- 2) регуляторная (гомеостатическая, функция креаторных связей, терморегуляционная);
- 3) защитная (гемостаз, иммунные реакции).

Транспортная функция крови включает следующие подфункции:

дыхательную - процесс переноса кислорода из органов дыхания к тканям и углекислого газа в обратном направлении.

питательную (трофическую) - кровь переносит питательные вещества от пищеварительного тракта к клеткам организма.

экскреторную - проявляется в транспорте к органам выделения «шлаков жизни», ненужных и даже вредных для организма конечных продуктов обмена веществ.

Регуляторная функция крови заключается в том, что кровь участвует в регуляции температуры и других параметров внутренней среды организма, а поступающие в кровь биологически активные вещества доставляются кровью к органам-мишеням и регулируют их деятельность. Примером регуляторной функции являются следующие подфункции:

гомеостатическая - кровь участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма (постоянство pH, водного баланса, уровня глюкозы в крови);

функция креаторных связей - состоит в переносе плазмой, форменными элементами макромолекул, осуществляющих в организме информационные связи. Благодаря этому регулируются внутриклеточные процессы синтеза белка, клеточные дифференцировки и т.д.;

терморегуляционная - в результате непрерывного движения и большой теплоемкости кровь способствует перераспределению тепла по организму и поддержанию температуры тела. Например, кровь охлаждает печень, но согревает ткани конечностей.

Защитная функция крови - ее выполняют различные составные части крови, обеспечивающие иммунные реакции и свертывание крови.

Кровь состоит из жидкой части (плазмы, 52-60%) и форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, 40-48%). Это соотношение получило название *гематокритного числа*.

Соотношение между объемами плазмы и клеточных элементов в некоторых случаях может изменяться, при этом увеличение клеточной массы крови называют *полицитемией*, уменьшение - *олигоцитемией*.

Общее количество крови в организме взрослого человека составляет 6 - 8 % от массы тела, т.е. 4,5 - 6 л. Потеря 1/3 объема при кровотечениях может привести к смерти. Потому в случае массивной кровопотери необходимо срочное переливание крови или кровезаменяющей жидкости.

Кровь более вязкая, чем вода. Так если вязкость воды принять за единицу, то вязкость плазмы составит 1,7 - 2,2, а вязкость цельной крови около 5 единиц. Вязкость обусловлена наличием в крови белков и большого количества клеток. Кровь также тяжелее воды - относительная плотность, или удельный вес цельной крови, составляет 1,050 - 1,060, а плазмы 1,025 - 1,034.

Плазма крови на 90 % состоит из воды, 7-8% массы плазмы составляют растворенные в ней белки, примерно 1,1 % составляют небелковые органические вещества и 0,9% неорганические вещества.

Важным показателем плазмы является осмотическое давление. Оно поддерживается с очень большим постоянством и составляет 7,6 атм. Эта величина почти полностью обуславливается содержащимся в крови NaCl и другими низкомолекулярными веществами. Небольшая часть осмотического давления, всего около 0,02 атм., обеспечивается белками плазмы, главным образом альбуминами. Эту часть осмотического давления называют *онкотическим давлением*. Несмотря на малую величину, онкотическое давление играет очень важную роль в движении жидкости между кровью и другими тканями.

Чрезвычайно важным показателем крови является pH. Кровь имеет слабо щелочную реакцию, pH артериальной крови составляет 7,4, венозной 7,35 (из-за большого содержания в венозной крови углекислоты). Крайними пределами pH крови являются 7,0 - 7,8. Смещение pH за эти пределы может привести к смерти.

В кровь из тканей постоянно поступают вещества, влияющие на pH, такие как углекислота, молочная, пировиноградная кислоты и другие продукты. Для того чтобы величина pH крови, несмотря на это всегда оставалась постоянной, в крови функционируют специальные буферные системы. Кроме того, в результате деятельности органов выделения и легких из крови удаляются избыток кислот, щелочей и углекислоты.

В крови находятся клетки трех типов - эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Все клетки крови образуются в костном мозге из стволовых кроветворных клеток.

2. Эритроциты: структура и функции. Физиология эритропоэза

Эритроциты (рис.2) - красные кровяные клетки, имеют двояковогнутую форму, средний диаметр эритроцита составляет 7,2 - 7,5 мкм, толщина находится в пределах 1,9 - 2,1 мкм. В 1 литре крови в норме у мужчин содержится $4 \cdot 10^{12}$ - $5 \cdot 10^{12}$ эритроцитов, у женщин $3,9 \cdot 10^{12}$ - $4,7 \cdot 10^{12}$. В течение 1 часа костный мозг продуцирует 10^{10} эритроцитов. Эритроциты человека, циркулирующие в кровяном русле, не имеют ядра, митохондрии и не способны к синтезу нуклеиновых кислот. Биосинтез всех основных компонентов эритроцита, включая нуклеиновые кислоты, липиды, белки, в том числе гемоглобин, происходит в ядерных клетках - предшественниках эритроцита.

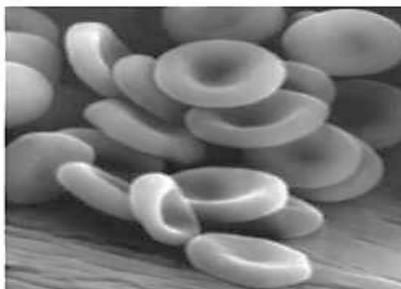


Рисунок 2. Эритроциты

Функции эритроцитов:

- 1) дыхательная - транспорт кислорода к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) транспортная - переносят адсорбированные на их поверхности питательные вещества в виде аминокислотных остатков, биологически- активные вещества, обмениваются липидами с плазмой крови;
- 3) регуляторная - участвуют в регуляции кислотно-щелочного равновесия, ионного равновесия плазмы, водно-солевом обмене организма;
- 4) защитная - принимают участие в явлениях иммунитета, адсорбируя различные яды, токсины, которые затем разрушаются клетками ретикулоэндотелиальной системы; регулируют активность свертывающей системы крови;
- 5) ферментативная - эритроциты являются носителями различных ферментов (холинэстераза, карбоангидраза);
- 6) обеспечивают креаторные связи, осуществляющие межклеточные взаимодействия;
- 7) за счет белков мембраны формируются антигены групп крови.

Эритроцит в кровотоке циркулирует в течение 120-130 дней и разрушается в селезенке. Об интенсивности эритропоэза свидетельствует содержание в крови юных эритроцитов – ретикулоцитов.

Гемоглобин и его соединения

Важнейшим компонентом эритроцитов является *гемоглобин (Hb)* (рис.3). Hb - сложный белок, состоящий из собственно белковой части (глобин - белок типа альбумина) и небелковой части - гема. Соотношение глобина и гема - 96% и 4% от массы молекулы соответственно.

Каждый эритроцит содержит около 640 миллионов молекул гемоглобина.

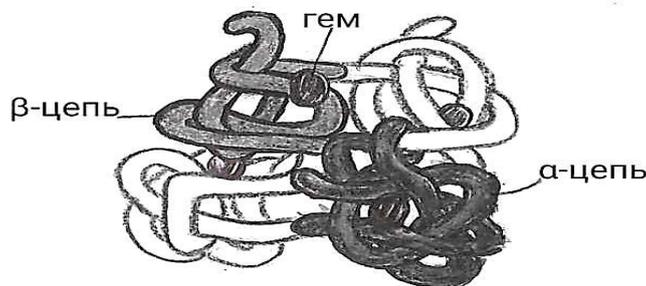


Рисунок 3 Строение гемоглобина

Каждая молекула Hb содержит четыре полипептидных цепи (в нормальном взрослом гемоглобине две α-цепи и две β-цепи). Существуют и другие типы полипептидных цепей. Сочетание этих цепей формируют различные формы глобина, и, соответственно, различные виды гемоглобина.

Нормальными видами гемоглобина человека являются:

- Hb A (adult - взрослый) - $\alpha_2\beta_2$
- Hb A₂ - $\alpha_2\beta_2$
- Hb F (foetus - плод) - $\alpha_2\gamma_2$
- Hb P (embryonic or primitive) - $\alpha_2\varepsilon_2$.

Первым на ранних стадиях эмбрионального развития появляется Hb P (примитивный гемоглобин); у трёхмесячного эмбриона Hb P заменяется на Hb F (фетальный гемоглобин). К моменту рождения ребенка на его долю приходится 70-80%. Имеет большее сродство к кислороду, чем гемоглобин взрослых (Hb A), что позволяет тканям

плода не испытывать гипоксии, несмотря на низкое парциальное давление кислорода в его крови. После рождения основным видом гемоглобина становится Hb A.

Большая часть Hb взрослого человека состоит из фракции A - 95-98%; от 2 до 3% всего гемоглобина приходится на фракцию A₂; наконец, в эритроцитах взрослого человека находится и Hb F(1-2%).

Гем состоит из молекулы порфирина, в центре которой расположен ион железа (Fe²⁺), способный присоединять кислород.

Важнейшая функция гемоглобина - связывание, перенос и высвобождение кислорода.

Соединения гемоглобина бывают *физиологические и патологические.*

Физиологические:

1) оксигемоглобин (соединение гемоглобина с кислородом) - одна молекула гемоглобина связывает 4 молекулы кислорода;

2) восстановленный (гемоглобин, который отдал кислород);

3) карбогемоглобин (соединение гемоглобина с углекислым газом).

Патологические:

1) карбоксигемоглобин (соединение гемоглобина с угарным газом, гемоглобин при этом не способен связаться с кислородом);

2) метгемоглобин (окисленный гемоглобин, с трехвалентным железом). Сильные окислители (ферроцианид, бертолетова соль, перекись водорода, нитробензол, анилин) изменяют валентность железа, при этом нарушается транспорт кислорода;

3) нитрозилгемоглобин (соединение гемоглобина с оксидом азота).

Содержание гемоглобина в норме у женщин 120-140 г/л, у мужчин 130-160 г/л. Определение количества гемоглобина имеет большое значение и является обязательным компонентом любого анализа крови.

Критерием насыщения эритроцитов гемоглобином является *цветовой показатель* (ЦП, синоним цветной показатель, engl. colour index) - индекс, отражающий отношение уровня Hb к количеству эритроцитов в 1 мкл крови, выраженное во внесистемных единицах. В норме ЦП колеблется в пределах 0,86-1,05, в этом случае эритроциты называются нормохромными. Если ЦП меньше 0,86, то эритроциты недонасыщены гемоглобином и называются гипохромными. При ЦП более 1,05 эритроциты именуются гиперхромными.

Гипохромные анемии наблюдаются, прежде всего, при дефиците железа, вызванного различными причинами (хроническая кровопотеря, железодефицитная анемия беременных).

Гиперхромия - признак витамин В₁₂-дефицитных, фолиеводефицитных анемий и некоторых гемолитических анемий.

3. Лейкоциты, строение, виды, их роль в организме. Лейкоцитарная формула

Лейкоцитам принадлежит ведущая роль в формировании иммунитета (лимфоциты вырабатывают антитела, осуществляют клеточный иммунитет). Лейкоциты обладают амебоидной подвижностью по отношению к микробам и инородным телам, способны к фагоцитозу, выделяют ряд важных для защиты организма веществ, обладающих антибактериальными и антиоксидантными свойствами. В лейкоцитах содержатся различные ферменты (протеазы, пептидазы, диастазы, липазы, дезоксирибонуклеазы и др.).

Лейкоциты выполняют свои разнообразные задачи преимущественно в соединительной ткани различных органов, в отличие от других клеток крови, выполняющих свои функции непосредственно в сосудистом русле. В русле крови лейкоциты циркулируют лишь в течение нескольких часов (от 4 до 72 ч) после выхода из костного мозга

и других иммунокомпетентных органов. Затем они, проходя через стенку капилляров, расселяются по тканям. В тканях лейкоциты могут находиться в течение многих дней.

В норме количество лейкоцитов в 1 л крови колеблется в пределах 4- 10x10⁹/л. Численность лейкоцитов колеблется в зависимости от функционального состояния, времени суток.

Физиологический лейкоцитоз - повышение содержания лейкоцитов, наблюдается при приеме пищи, беременности (большое количество лейкоцитов скапливается в подслизистой основе матки), мышечной работе, сильных эмоциях, болевых ощущениях.

Реактивный лейкоцитоз встречается при воспалительных процессах, инфекционных заболеваниях.

Лейкопения - снижение количества лейкоцитов, характеризует течение некоторых инфекционных заболеваний. Неинфекционная лейкопения может быть связана с повышением радиоактивного фона, применением ряда лекарственных препаратов, поражением костного мозга.

Функции лейкоцитов:

- 1) защитная (фагоцитоз, иммунные реакции и участие в процессах свертывания крови);
- 2) секреторная (секретируют биологически активные вещества (простагландины, серотонин и др.));
- 3) ферментативная (лейкоциты содержат ферменты, расщепляющие различные вещества);
- 4) обеспечивают креаторные связи, осуществляющие межклеточные взаимодействия;
- 5) участвуют в перестройке тканей.

Лейкоциты (или белые кровяные тельца) подразделяются на:

гранулоциты, которые в зависимости от сродства содержащихся в них гранул к кислым или щелочным красителям делятся на: *нейтрофилы*; *базофилы*; *эозинофилы*; и *агранулоциты*, к которым относятся: лимфоциты; моноциты.

Подавляющее большинство лейкоцитов крови (45-75%) - *нейтрофилы*. Диаметр нейтрофилов 1-15 мкм. В русле крови содержится лишь небольшое количество зрелых клеток, в 20-40 раз их больше находится в органах-депо (костный мозг, селезенка, печень, капилляры легких). После выхода из костного мозга нейтрофилы в крови циркулируют лишь несколько часов (в среднем около 8 ч). Затем они, покинув русло крови, в течение нескольких дней находятся среди соединительнотканых элементов большинства органов. Здесь нейтрофилы способны захватывать и переваривать (фагоцитировать) микроорганизмы (20-30 бактерий). За это свойство и свои относительно небольшие размеры нейтрофилы именуются микрофагами. Продолжительность жизни нейтрофилов около 8 дней. Основная их функция - обнаружение, захват, переваривание с помощью гидролитических ферментов чужеродного для организма материала. Увеличение количества нейтрофилов (*нейтрофильный лейкоцитоз*, *нейтрофилез* или *нейтрофилия*) чаще наблюдается при бактериальном воспалении. *Нейтропения* (уменьшение содержания нейтрофилов) наблюдается при поражении костного мозга, лучевой болезни, некоторых вирусных и грибковых инфекциях.

Содержимое гранул нейтрофилов в состоянии инактивировать широкий спектр микрофлоры, микоплазм и даже некоторых вирусов (миелопероксидаза, лизоцим - гидролизуют гликопротеиды бактериальной оболочки). Способность нейтрофилов и других клеток распознавать микроорганизмы, медиаторы и другие соединения определяется наличием на их мембране соответствующих рецепторов к этим *лигандам*. Участвуют нейтрофилы в образовании интерферона - вещества, воздействующего на вирусы. Синте-

зируют факторы, обладающие бактерицидным действием (*лактоферрин*), а также стимулирующие регенерацию тканей после их повреждения (кислые *гликозаминогликаны*).

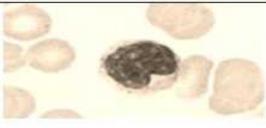
По форме ядра и зрелости нейтрофилы делятся на (таблица 1):

- *сегментоядерные* (ядро состоит из 2-3 долек, связанных перемычкой, это зрелые нейтрофилы) - 40-70%, живут 5-9 суток, в крови находятся 8-12 ч, дальше мигрируют в соединительную ткань;

- *палочкоядерные* (ядра в виде палочки, подковы) - 1-5%, это молодые формы нейтрофилов;

- *юные* (имеют рыхлое бобовидное ядро) - до 1% .

Таблица 1. Виды нейтрофилов

Нейтрофилы		
Юные	Палочкоядерные	Сегментоядерные
		

Базофилы окрашиваются основными красками, имеют диаметр 10-12 мкм, ядро большое рыхлое, серповидное или слабо дольчатое, протоплазма несет гранулы, содержащие антикоагулянт гепарин, вазодилататоры (вещества, расширяющие сосуды) гистамин и брадикинин, сосудосуживающее вещество - серотонин. В гранулах имеется пероксидаза и анафилаксин. Базофилы, находящиеся в тканях, именуется тучными клетками.

Базофилы способны к фагоцитозу, но главная функция базофилов - секреторная. Базофилы участвуют в стабилизации кровотока в мелких сосудах, поддержании жидкого состояния крови, регуляции роста новых капилляров, а также в обеспечении миграции других лейкоцитов в тканях к месту воспаления.

Фактически весь гистамин крови у человека сконцентрирован в гранулах базофилов. Быстрая дегрануляция базофилов или тучных клеток возможна при аллергической реакции, что приводит к аллергическому отеку, в тяжелых случаях может возникнуть анафилактический шок с падением АД.

В норме базофилов содержится 0,5-1%. Содержание базофилов повышается (*базофилия*) при аллергических состояниях (крапивница, бронхиальная астма), после приема жирной пищи. Уменьшается при острых инфекциях, стрессе.

Эозинофилы - клетки диаметром 12-17 мкм, имеющие двухлопастное ядро, окрашиваются кислыми красками. Эозинофилы играют важную роль в разрушении и обезвреживании токсинов белкового происхождения и чужеродных белков. Участвуют в фибринолизе (выработка плазминогена), содержат фермент гистаминазу, разрушающую гистамин. Нивелируя эффекты гистамина и гепарина, а также угнетая способность базофилов выделять эти вещества, эозинофилы способны участвовать в контроле аллергических и воспалительных реакций. В гранулах этих клеток содержится большое количество главного щелочного белка (базисный протеин), который повреждает личиночные стадии многих гельминтов. Эозинофил продуцирует активные формы кислорода, являющиеся губительным для личинок гельминтов, бактерий и грибов. Вместе с тем активный эозинофильный ответ способен повреждать собственные ткани организма.

Эозинофилы способны фагоцитировать бактерии, грибки, собственные поврежденные ткани, но их фагоцитирующая способность гораздо ниже таковой у нейтрофилов.

Выходя из костного мозга, эозинофилы в крови циркулируют недолго (3-8 часов), после чего они мигрируют, главным образом, в покровные ткани. В тканях находятся 8-12 суток. Содержание их в тканях примерно в 100 раз больше, чем в кровотоке. В норме эозинофилов содержится - 1-5% от общего количества лейкоцитов.

Эозинофилия - повышение содержания эозинофилов. Это состояние часто сопутствует аллергическим реакциям, а также глистным инвазиям. При стрессе количество эозинофилов в крови падает (*эозинопения*).

Следующий тип лейкоцитов, которые являются агранулоцитами, называется *лимфоцитами*, и имеет множество клонов. Все лимфоциты происходят из стволовых лимфоидных клеток костного мозга, затем они переносятся к тканям, где проходят дальнейшую дифференциацию. По функции лимфоциты делятся на три группы: *T-лимфоциты*, *B-лимфоциты* и *естественные (натуральные) клетки-киллеры (0-лимфоциты, NK-клетки или ЕКК)*. В-лимфоциты и Т-лимфоциты морфологически неотличимы, но имеют разные мембранные рецепторы. В-лимфоциты отвечают за гуморальный иммунитет, Т-лимфоциты отвечают за клеточный иммунитет.

В-лимфоциты весь цикл дифференцировки до зрелых В-клеток проходят в костном мозге. Часть лимфоцитов после образования в костном мозге, попадает у млекопитающих в лимфоидную ткань, где превращается в зрелые *В-лимфоциты*. После созревания В-лимфоциты вновь выходят в кровоток. Они составляют около 20% от общего количества лимфоцитов. Различают три вида В-лимфоцитов: *наивные (V₀ - GD-19, 20), памяти (В-памяти или V_{II}), плазмоциты*.

Т-лимфоциты на стадии пре-Т-лимфоцитов мигрируют из костного мозга по кровотоку в тимус, в котором заканчивается их дифференцировка с образованием всех клеточных форм. Т-лимфоцитов в крови 70-80% от общего количества лимфоцитов. Созревание и деление Т-лимфоцитов регулируют гуморальные факторы - тимозин, тимопозитин, Т-активин и др., образующиеся в клетках эпителия тимуса. Т-клетки, созревающие в коре тимуса, чувствительны к действию кортикостероидов, так что при увеличении в крови их содержания эти клетки могут разрушаться.

Т-лимфоциты делятся:

- на *хелперы* («помощники» - *Th - CD4+*), принимают АГ от антиген-представляющих клеток (А-клеток, АПК), они взаимодействуют с В-лимфоцитами и способствуют превращению В-лимфоцитов в плазматические клетки, синтезирующие антитела;

- *супрессоры (Ts - CD8)* подавляют чрезмерные иммунные реакции, подавляют Th и поддерживают постоянное соотношение различных форм лимфоцитов;

- *киллеры* («кубийцы» - *Tk - CD8*) взаимодействуют с чужеродными клетками и разрушают их. Выделяют фактор некроза опухоли (лимфотоксины) и белки перфорины, формирующие поры для воды в мембране чужеродной клетки-мишени;

- *клетки иммунной памяти (Т-памяти - Tm - CD8)* - запоминают АГ и быстро запускают образование Т-киллеров при вторичном попадании антигена в организм.

Часть лимфоидных клеток не проходит дифференцировок в органах иммунной системы (0-лимфоциты или естественные (натуральные) клетки-киллеры). Естественные клетки-киллеры образуются в костном мозге, циркулируют в крови и составляют 5-10% от всех лимфоцитов. Они узнают и убивают раковые клетки. Это киллеры, которые не нуждаются в помощи других лимфоцитов и не имеют рецепторов, характерных для Т- и В-лимфоцитов. При действии интерферонов и некоторых интерлейкинов (ИЛ или IL) их активность увеличивается. Этим клеток особенно много в раннем детском возрасте, когда другие механизмы иммунной защиты только формируются.

Лимфоциты - центральное звено иммунной системы. Они осуществляют функцию иммунного надзора («цензуры») в организме, участвуя в различении в «своего» и «чужого» вследствие наличия на мембране специальных рецепторов. Лимфоциты обес-

печивают защиту от всего чужеродного и сохраняют генетическое постоянство внутренней среды организма. Они участвуют в процессах клеточного роста, дифференцировки, регенерации тканей, переносят белковые информационные макромолекулы, необходимые для управления генетическим аппаратом других клеток, вырабатывают клеточные «гормоны» - цитокины.

В норме лимфоцитов содержится 20-35% от общего числа лейкоцитов.

Лимфоцитоз - повышение числа лимфоцитов, наблюдается при вирусной инфекции (грипп), острых инфекциях.

Лимфопения - уменьшение числа лимфоцитов, наблюдается при приеме кортикостероидов, тяжелых вирусных заболеваниях, злокачественных новообразованиях, почечной недостаточности, недостаточности кровообращения.

Моноциты - самые крупные по величине лейкоциты, имеют диаметр 16-20 мкм, ядра разнообразны - дольчатые, бобовидные, подковообразные. Моноциты крови после своего сравнительно длительного периода циркуляции (до 4,5 суток) покидают русло крови и в тканях превращаются в клетки макрофагальной системы. Макрофаги участвуют в формировании специфического иммунитета, выполняя антигенпредставляющую (антигенпрезентирующую) функцию.

Основной функцией моноцитов является фагоцитарная. Макрофаг способен фагоцитировать до 100 микробов. Максимум активности моноциты проявляют в кислой среде («дворники» организма).

Моноциты участвуют в гемостазе, метаболизме липидов и железа. Достигнув зрелости, моноциты превращаются в неподвижные клетки - тканевые макрофаги (гистиоциты). Они продуцируют цитотоксины, лейкотриены, ИЛ, интерфероны и факторы, стимулирующие рост эндотелиальных и гладкомышечных клеток. Живут менее 3 недель.

В норме количество моноцитов крови - 3-8% от общего количества лейкоцитов.

Моноцитоз - увеличение содержания моноцитов, наблюдается при бактериальных инфекциях (туберкулез, сифилис, тиф, эндокардит), в периоды выздоровления после острых состояний, воспалительных реакций.

Моноцитопения - уменьшение содержания моноцитов, наблюдается после лечения глюкокортикостероидами, при инфекциях с нейтропенией.

Процентное соотношение различных видов лейкоцитов называется лейкоцитарной формулой (лейкограммой). *Лейкоцитарная формула здорового человека*: нейтрофилы: юные - 0-1%, палочкоядерные - 1-5%, сегментоядерные - 40-70%; базофилы - 0-1%, эозинофилы - 1-5%; лимфоциты - 20-35%, моноциты - 3-8% от общего количества лейкоцитов

Увеличение количества юных и палочкоядерных нейтрофилов свидетельствует об омоложении крови и носит название «сдвиг лейкоцитарной формулы влево», а увеличение сегментоядерных нейтрофилов при снижении молодых форм говорит о старении крови и называется «сдвигом лейкоцитарной формулы вправо». Сдвиг влево часто наблюдается при инфекционных и воспалительных заболеваниях и говорит о том, что резервы костного мозга не исчерпаны и прогноз благоприятный, в отличие от сдвига лейкоцитарной формулы вправо, когда резервы костного мозга уже исчерпаны.

4. Тромбоциты, особенности их строения и функциональное значение

Тромбоциты - кровяные пластинки, не имеют ядер, плоские клетки, неправильной округлой формы, диаметром около 1,5-4,0 мкм, толщиной 0,50,75 мкм. Обладают удивительной способностью менять свою форму и размер в зависимости от положения: в потоке - кровяные шарики, вблизи сосудистой стенки - звездчатые клетки (рис.4).

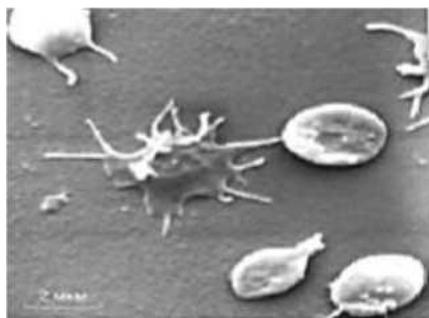


Рисунок 4 Разные формы тромбоцитов

Образуются из мегакариоцитов в костном мозге. В крови их содержится от $130-400 \times 10^9/\text{л}$. Не все тромбоциты циркулируют свободно в периферической крови, часть их находится в депо - костном мозге, селезенке до 30%, печени. Выход из депо увеличивает пул циркулирующих клеток. В результате, даже в норме в течение суток число их непостоянно: днем их больше, чем ночью.

Тромбоцит, в строго академическом смысле, не может быть назван клеткой, так как в нем отсутствует ядро и большинство субклеточных структур, являющихся непременным атрибутом типичной клетки. Но в то же время тромбоцит достаточно сложно устроен и хорошо приспособлен для выполнения своих функций.

Характерной особенностью тромбоцита является наличие на наружной стороне его мембраны углублений, которые, как фьорды, вдаются внутрь мембраны. На мембране и во внутренних гранулах имеется большое количество биологически активных соединений (АДФ, серотонин и др.), часть которых образована самим тромбоцитом, а часть поступает в них из плазмы крови. Большинство их принимает участие в процессах свертывания крови - гемокоагуляции.

Гликопротеины мембраны тромбоцитов обеспечивают многие функции тромбоцитов. Часть гликопротеинов мембраны являются рецепторами, обеспечивающими «прилипание» тромбоцитов к поврежденной стенке или друг к другу (агрегацию), а также рецепторы для некоторых факторов свертывания (например, для фактора фон Виллебранда). Поэтому снижение содержания различных гликопротеинов на мембране тромбоцитов приводит к повышенной кровоточивости. Фосфолипиды мембраны также напрямую участвуют в формировании сгустка крови.

Тромбоциты, выйдя из костного мозга, циркулируют в крови в течение 8-12 суток. Затем они либо разрушаются в селезенке, печени, легких, либо «прилипают» к эндотелию кровеносных сосудов. В эндотелии они выполняют ангиотрофическую функцию.

Таким образом, тромбоциты выполняют следующие функции:

- ангиотрофическую - укрепляют и питают стенки сосудов;
- транспортную - связана с переносом на мембранах различных биологически активных соединений;
- участвуют в иммунологических реакциях организма (способны фагоцитировать инородные тела, вирусы и иммунные комплексы);
- участвуют в свертывании крови;
- участвуют в фибринолизе - растворении кровяного сгустка;
- оказывают влияние на состояние гистогематических барьеров, изменяя проницаемость стенки капилляров;
- влияют на величину просвета кровеносных сосудов, т. к. содержат большое количество серотонина (суживает сосуды) и гистамина (расширяет)

- служат строительным материалом для первичного тромба, выделяют ретрактозимы - вещества, необходимые для уплотнения кровяного сгустка, например, тромбостенин.

Тромбоцитоз - увеличение количества тромбоцитов наблюдается при пищеварении, тяжелой мышечной работе, при эмоциях, при хронических воспалительных заболеваниях (ревматоидное воспаление суставов, туберкулез, цирроз печени). Уменьшение количества тромбоцитов (*тромбоцитопения*) наблюдается при лейкозах, действии ионизирующего облучения, при дефиците витамина В и фолиевой кислоты, вирусных инфекциях (оспа, свинка), анафилактическом шоке, кровотечениях.

5. Группы крови. Резус-фактор

Учение о группах крови возникло из потребностей клинической медицины. В истории немало случаев, когда человеку пытались перелить кровь от другого человека или даже животных. С открытием венским врачом Карлом Ландштейнером в 1900 году групп крови стало понятно, почему в одних случаях трансфузии крови проходят успешно, а в других заканчиваются трагически для больного. К. Ландштейнер впервые обнаружил, что плазма крови одних людей способна агглютинировать (склеивать) эритроциты других людей. Это явление было названо *изогемагглютинацией*. В основе ее лежит наличие на мембране эритроцитов антигенов, названных *агглютиногенами*. В настоящее время известно около 300 АГ, которые объединены в 23 генетически контролируемые системы групп крови. Первой из открытых систем и важнейшей для клинической практики является *система АВ0*. АГ эритроцитов этой системы обозначаются буквами *A* и *B*, а в плазме присутствуют природные антитела, или агглютинины, именуемых *a* и *0*. Агглютинация эритроцитов возможна лишь в том случае, если встречаются *одноименные* агглютиноген и агглютинин: *A* и *a*, *B* и *b*.

Агглютинины являются природными (естественными) антителами, потому что они присутствуют в крови вне зависимости от специальной иммунизации организма человека и, как правило, относятся к IgM. Агглютинины имеют центры связывания, поэтому одна молекула агглютинина способна образовать мостик между эритроцитами. При этом каждый из эритроцитов может при участии агглютининов связаться с соседним эритроцитом, благодаря чему возникает конгломерат (агглютинат) эритроцитов (рис.5).

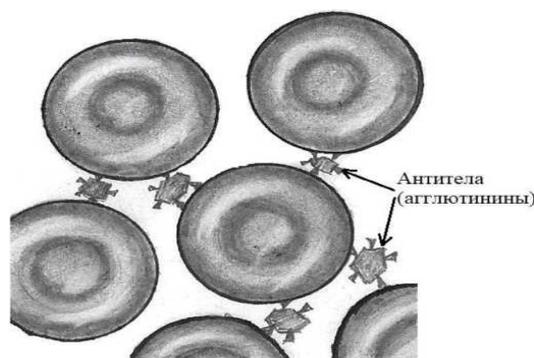


Рисунок 5 Агглютинация эритроцитов (схема)

Кроме агглютининов, в плазме крови при иммунизации А- или В- антигеном (например, при переливании несовместимой крови) появляются *иммунные антитела - гемолизины*. Они относятся к классу IgG. Их также 2 вида, и их обозначают, как и агглютинины, буквами *a* и *b*. При встрече одноименных агглютиногена и гемолизина

наступает гемолиз эритроцитов. Действие гемолизина проявляется при температуре 37-40 градусов Цельсия, поэтому при лабораторном определении группы крови при комнатной температуре можно увидеть агглютинацию, а гемолиз эритроцитов не происходит. Однако в целостном организме развивается не только агглютинация, но и гемолиз, что приводит к гемотрансфузионному шоку и может быть причиной смерти реципиента. В плазме людей также имеются антиагглютинины – это покинувшие эритроцит и ткани агглютиногены.

Антигены системы АВ0 на мембране эритроцитов формируются в раннем эмбриогенезе и сохраняются в течение всей жизни. Это мукополисахариды, состоящие из 15% пептидов и 85% углеводов.

Агглютиногены *A* и *B* существуют в разных аллоспецифических вариантах, различающихся по своему строению и антигенной активности. Большинство из этих вариантов АГ получило цифровое обозначение (А₁, А₂, А₃ и т.д. и В₁, В₂ и т.д.). Чем больше порядковый номер агглютиногена, тем меньшую иммуногенную активность (способность к агглютинации при взаимодействии с одноименными антителами) он проявляет. Эта особенность может быть причиной неправильного определения группы крови (например, лица с антигенами А₃ могут быть ошибочно отнесены к группе 0), что может привести к переливанию несовместимых компонентов крови.

Так как в крови одного и того же человека не может быть одноименных агглютиногенов и агглютининов (в противном случае происходило бы массовое склеивание эритроцитов) возможны основные 4 комбинации или 4 группы крови по системе АВ0: I(0) - *afi*; II(A) - *Afi*; III(B) - *Ba*; IV(AB) – *AB* (таблица 2).

Таблица 2. Группы крови по системе АВ0

Группа крови по системе АВ0	Антигены эритроцитов (агглютиногены)	Антитела плазмы (агглютинины)
I	0 (антигенов нет)	а и р
II	A	Р
III	B	а
IV	A и B	антител нет

Однако, на современном этапе развития науки выяснено, что существует еще один антиген *H*, который является предшественником антигенов А и В. Часть человеческих эритроцитов, особенно у лиц с группой крови 0, несет этот АГ, который находится на поверхности клеточных мембран, а также присутствует в качестве скрытой детерминанты на клетках людей групп крови А, В и АВ. Поэтому систему АВ0 иногда называют системой *ABH*.

Концентрация агглютиногенов на поверхности мембраны эритроцитов велика. Так, один эритроцит группы крови А1 содержит от 900 000 до 1700 000 антигенных детерминант, или рецепторов к одноименным агглютинанам. С увеличением порядкового номера агглютиногена число таких детерминант уменьшается. Эритроцит группы А₂ имеет 250000-260000 антигенных детерминант, что объясняет меньшую активность этого агглютиногена.

Для решения вопроса о совместимости групп крови до недавнего времени пользовались следующим правилом: среда реципиента должна быть пригодна для жизни эритроцитов донора. Такой средой является плазма, следовательно, у реципиента следует учитывать агглютинины и гемолизины, находящиеся в плазме, а у донора - агглютиногены, содержащиеся в эритроцитах.

Эритроциты I группы не содержат антигенов А и В, следовательно, *кровь I группы* теоретически совместима со всеми другими группами крови, поэтому человека, имеющего I группу крови, условно называют «*универсальным донором*». Вместе с тем плазма (сыворотка) IV группы крови, так как не содержит а и 0 агглютининов, не должна давать реакции агглютинации при смешивании с эритроцитами любой группы крови, поэтому люди с IV группой крови получили условное название «*универсальный реципиент*». Однако у лиц I группы крови антиген Н доступен действию анти-Н-антител, которые довольно часто встречаются у людей со II и IV группами крови и относительно редко у лиц с III группой. Это обстоятельство может послужить причиной гемотрансфузионных осложнений при переливании форменных элементов I группы людям с другой группой крови. Поэтому в настоящее время, за редким исключением, переливают только одногруппную кровь, а еще чаще для переливаний используют компоненты крови.

Агглютинины и гемолизины донора при переливании небольших доз крови разводятся в большом объеме плазмы реципиента, кроме того, они связываются его антиагглютинидами, поэтому не должны представлять опасности для эритроцитов.

Второй по значимости системой антигенов эритроцитов является система *резус-фактора (Rh)*. К. Ланштейнер и А. Винер (1940) обнаружили в эритроцитах обезьяны макаки резуса АГ, названный ими резус-фактором. В дальнейшем оказалось, что приблизительно у 85% людей белой расы также имеется этот АГ. Таких людей называют резус-положительными (Rh+). Примерно 15% людей в Европе и Америке не имеют этого АГ - они резус-отрицательные (Rh-).

Резус-фактор - сложная система, включающая более 50 антигенов, обозначаемых цифрами, буквами и символами. Наибольшее практическое значение для медицины имеют обладающие повышенными иммуногенными свойствами АГ: D, C, c, E, e. Резус-антиген типа D встречается у 85% людей. Антиген C встречается примерно у 70 %, антиген E - примерно у 30 % европеоидов. Часто используемые термины «резус-положительный» и «резус-отрицательный» относятся только, соответственно, к наличию или отсутствию антигена D, обладающего наибольшей иммуногенностью. Тем не менее, другие АГ этой системы группы крови также являются клинически значимыми. При определении резус-фактора доноров, кроме антигена D, определяют ещё наличие антигенов C и E. Rh⁻ донорами считаются только те, у кого отсутствуют и эти АГ (т.е. имеют тип ddcsee), так как антигены C и E хоть в менее выраженной степени, но тоже способны вызывать иммунологическую реакцию при попадании в организм, в котором эти АГ отсутствуют. Помимо своей роли в переливании крови, группы крови системы резус-фактора, в частности, антиген D, является важной причиной гемолитической болезни плода и новорождённых.

Система резус не имеет естественных одноименных агглютининов (антител к Rh-фактору). Антитела к Rh-фактору появляются как иммунный ответ организма при переливании Rh⁺ крови в организм Rh⁻ человека или при трансплацентарном попадании АГ. Они относятся к IgM (при первичном резус-конflikте) и IgG (при повторных случаях).

Резус-фактор передается по наследству. Если женщина Rh⁻, а мужчина Rh⁺, то плод может унаследовать резус-фактор отца, и тогда мать и плод будут несовместимы по Rh-фактору. АГ резус-фактора, проникая в кровь матери, приводят к образованию антител. Проникая в кровь плода, антитела вызывают агглютинацию и гемолиз эритроцитов. Возникает резус-конflikт и, как следствие, гемолитическая болезнь или даже гибель плода. Резус-конflikт происходит не у каждой Rh⁻ женщины, беременной от Rh⁺ мужчины, но любая из них - в группе риска.

Так же выделяют наиболее иммуногенные системы: Kell (Челлано), MNSs, Лютеран (Lu), Льюис (Le), Даффи (Fu) и Кидд (Jk) и др. Эти системы антигенов учитываются в судебной медицине для установления отцовства и иногда при переливании крови и трансплантации органов и тканей.

Таким образом, на эритроците находится множество антигенов, определяющих их специфичность.

В современной медицине переливание цельной крови ограничено. Даже при массивной кровопотере рекомендуют вливать плазму и дополнительно эритроцитарную массу. Переливание крови и ее компонентов регламентируется Постановлением Министерства Здравоохранения Республики Беларусь 19 мая 2023 г. № 92 «Об утверждении Инструкции о порядке медицинского применения крови и (или) ее компонентов в организациях здравоохранения». Согласно этому приказу, основными правилами (за исключением экстренных случаев, оговоренных в приказе) являются:

- 1) Для переливания необходимо использовать одногруппную кровь.
- 2) Переливают кровь совместимую по резус-фактору. Нельзя переливать эритроциты резус-положительного донора резус-отрицательному реципиенту.
- 3) Перед переливанием крови обязательно повторно определяется группа, резус-фактор крови донора и реципиента, при необходимости и другие группы антигенов эритроцитов, проводится проба на индивидуальную совместимость и биологическая проба.

Ответственность за переливание крови всегда несет врач.

Лекция. Физиология кровообращения.

Физиология сердца. Регуляция сердечной деятельности

1. Структура, функции системы кровообращения
2. Физиологические особенности сердечной мышцы
3. Сердечный цикл
4. Показатели работы сердца
5. Регуляция работы сердца

1. Структура, функции системы кровообращения

Кровообращением называется непрерывное движение крови в организме. К системе органов кровообращения относятся сердце - обеспечивающее движение крови, и сосуды, выполняющие транспортную и перераспределительную функции: кровеносных и лимфатических. Она обеспечивает жизнедеятельность организма, то есть доставляет питательные вещества, воду, кислород ко всем клеткам и выводит выделяемые клеткой продукты обмена веществ. Сердце за счет своей насосной деятельности обеспечивает движение крови по замкнутой системе сосудов.

Кровь непрерывно движется по сосудам, что дает ей возможность выполнять все жизненно важные функции, а именно транспортную (переносит кислород и питательные вещества), защитную (содержит антитела), регуляторную (содержит ферменты, гормоны и другие биологически активные вещества).

К кровеносным сосудам относятся артерии, вены и микроциркуляторное русло, представленное артериолами, венулами, капиллярами, артериоло-капиллярными анастомозами.

В целостном организме деятельность органов кровообращения регулируется центральной нервной системой и гуморальными факторами. Благодаря этим воздействиям в каждый отдельный момент жизнедеятельности организма устанавливается необходимое соответствие между величиной кровотока и потребностью тканей в

кислороде и питательных веществах. Циркуляцию крови по сердечно-сосудистой системе обеспечивает насосная функция сердца – непрерывная работа миокарда (сердечной мышцы), характеризующаяся чередованием систолы (сокращения) и диастолы (расслабления).

Сердце получает артериальную кровь, как правило, из двух коронарных (венечных) левой и правой артерий. Обе артерии начинаются от аорты, несколько выше полулунных клапанов, и лежат в венечной борозде.

Ветви венечных артерий дают возможность снабжать кровью все стенки сердца. Вследствие высокого уровня обменных процессов в миокарде анастомозирующие между собой микрососуды в слоях сердечной мышцы повторяют ход пучков мышечных волокон. Вен сердца больше, чем артерий. Большинство крупных вен сердца собирается в один венозный синус.

Сердце и кровеносные сосуды образуют замкнутую систему, по которой кровь движется благодаря сокращению миокарда и миоцитов стенки сосудов. Кровеносная система человека разделена на два круга кровообращения: большой и малый.

Большой круг кровообращения служит для доставки крови ко всем органам и тканям. Он начинается в левом желудочке сердца, из которого выходит аорта, от нее отходят артерии, идущие ко всем органам и тканям, в капиллярах кровь отдает кислород и питательные вещества и получает углекислый газ и продукты обмена. Эта кровь собирается в вены и затем в более крупные вены и наконец в верхнюю и нижнюю полые вены, которые впадают в правое предсердие, где и заканчивается большой круг кровообращения.

Малый круг кровообращения начинается в правом желудочке, откуда выходит легочный ствол, который делится на правую и левую легочные артерии, несущие венозную кровь в легкие. В легких происходит газообмен, т.е. кровь отдает углекислоту и обогащается кислородом, затем собираясь в вены поступает в левое предсердие, здесь заканчивается малый круг кровообращения.

Кровоснабжение сердца осуществляется по сердечному кругу: от аорты отходят венечные артерии, несущие артериальную кровь, венозная кровь собирается в вены. Которые сливаются в венечный синус, впадающий в правое предсердие, мелкие вены открываются непосредственно в полость правого предсердия и желудочка.

Большую роль в кровоснабжении играют:

- 1) анастомозы (от греч. Anastomosis - спайка, соединение) - сосуды, соединяющие два других;
- 2) коллатерали (от лат. Lateralis - боковой) - боковые сосуды, осуществляющие окольный кровоток. В обычных условиях коллатерали могут быть закрытыми и открываются при возникновении затруднений кровотока по основному руслу.

2. Физиологические особенности сердечной мышцы

Сердце состоит из четырёх камер – двух предсердий и двух желудочков. Желудочки во время диастолы заполняются кровью, а во время систолы – выбрасывают её в аорту и лёгочной ствол, реализуя основную функцию сердца – насосную. Систоле желудочков предшествует систола предсердий. Таким образом, предсердия служат вспомогательными насосами, способствующими заполнению желудочков.

Сердце сокращается в течение жизни человека до 4 млрд раз, выбрасывая в аорту и способствуя поступлению в органы и ткани до 200 млн л крови. В физиологических условиях сердечный выброс составляет от 3 до 30 л/мин. При этом кровоток в различных органах (в зависимости от напряжённости их функционирования) варьирует, увеличиваясь при необходимости приблизительно вдвое.

Скопления специализированных клеток образуют так называемую проводящую систему сердца.

К основным особенностям сердечной мышцы относятся автоматизм, возбудимость, проводимость, сократимость, рефрактерность.

Автоматизм сердца – способность к ритмическому сокращению миокарда под влиянием импульсов, которые появляются в самом органе.

В состав сердечной поперечнополосатой мышечной ткани входят типичные сократительные мышечные клетки – *кардиомиоциты* и атипичические сердечные *миоциты (пейсмекеры)*, формирующие проводящую систему сердца, которая обеспечивает автоматизм сердечных сокращений и координацию сократительной функции миокарда предсердий и желудочков сердца.

Центрами проводящей системы являются два узла:

1) синусно-предсердный, расположенный в стенке правого предсердия между отверстием верхней полой вены и правым ушком и отдающий ветви к миокарду предсердия. От этого узла возбуждение распространяется на рабочие клетки миокарда предсердий и по специальным внутрисердечным проводящим пучкам достигает второго узла

2) предсердно-желудочковый, находящийся в толще нижнего отдела межпредсердной перегородки. От этого узла отходит предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса), который продолжается в межжелудочковую перегородку, где делится на правую и левую ножки, которые затем переходят в окончательные разветвления волокон (волокон Пуркинье) и заканчиваются в миокарде желудочков.

Этот узел является пейсмекером второго порядка. Возбуждение через предсердно-желудочковый узел в нормальных условиях возможно только в одном направлении. Ретроградное проведение импульсов невозможно.

Третий уровень, который обеспечивает ритмичную деятельность сердца, расположен в пучке Гиса и волокнах Пуркинье.

Центры автоматизма, расположенные в проводящей системе желудочков, называются пейсмекерами третьего порядка. В обычных условиях частоту активности миокарда всего сердца в целом определяет синусно-предсердный узел. Он подчиняет себе все нижележащие образования проводящей системы, навязывает свой ритм (рис.6).

Необходимым условием для обеспечения работы сердца является анатомическая целостность его проводящей системы. Если в пейсмекере первого порядка возбудимость не возникает или блокируется его передача, роль водителя ритма берет на себя пейсмекер второго порядка. Если же передача возбудимости к желудочкам невозможна, они начинают сокращаться в ритме пейсмекеров третьего порядка. При поперечной блокаде предсердия и желудочки сокращаются каждый в своем ритме, а повреждение водителей ритма приводит к полной остановке сердца.

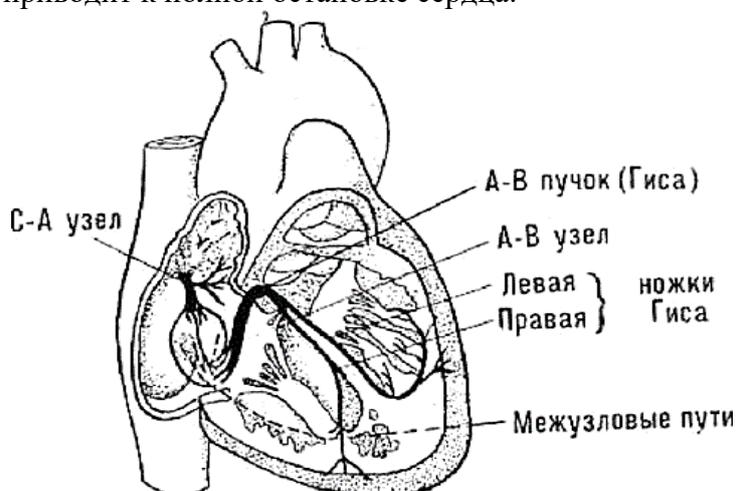


Рисунок 6 Проводящая система сердца

Возбудимость сердечной мышцы возникает под влиянием электрических, химических, термических и других раздражителей мышцы сердца, которая способна переходить в состояние возбуждения. В основе этого явления лежит отрицательный электрический потенциал в первоначальном возбужденном участке. Как и в любой возбудимой ткани, мембрана рабочих клеток сердца поляризована. Снаружи она заряжена положительно, а внутри отрицательно. Это состояние возникает в результате разной концентрации Na^+ и K^+ по обе стороны мембраны, а также в результате разной проницаемости мембраны для этих ионов. В состоянии покоя через мембрану кардиомиоцитов не проникают ионы Na^+ , а только частично проникают ионы K^+ . Вследствие диффузии ионы K^+ , выходя из клетки, увеличивают положительный заряд на ее поверхности. Внутренняя сторона мембраны при этом становится отрицательной. Под влиянием раздражителя любой природы в клетку поступает Na^+ . В этот момент на поверхности мембраны возникает отрицательный электрический заряд и развивается реверсия потенциала. Амплитуда потенциала действия для сердечных мышечных волокон составляет около 100 мВ и более. Возникший потенциал деполяризует мембраны соседних клеток, в них появляются собственные потенциалы действия – происходит распространение возбуждения по клеткам миокарда.

Потенциал действия клетки рабочего миокарда во много раз продолжительнее, чем в скелетной мышце. Во время развития потенциала действия клетка не возбуждается на очередные стимулы. Эта особенность важна для функции сердца как органа, так как миокард может отвечать только одним потенциалом действия и одним сокращением на повторные его раздражения. Все это создает условия для ритмичного сокращения органа.

Таким образом происходит распространение возбуждения в целом органе. Этот процесс одинаков в рабочем миокарде и в водителях ритма. Возможность вызвать возбуждение сердца электрическим током нашла практическое применение в медицине. Под влиянием электрических импульсов, источником которых являются электростимуляторы, сердце начинает возбуждаться и сокращаться в заданном ритме. При нанесении электрического раздражения работающее сердце не ответит, если это раздражение будет нанесено в период систолы, что соответствует времени абсолютного рефракторного периода. А в период диастолы сердце отвечает новым внеочередным сокращением – экстрасистолой, после которой возникает продолжительная пауза, называемая компенсаторной.

Проводимость сердечной мышцы заключается в том, что волны возбуждения проходят по ее волокнам с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8-1,0 м/с, по волокнам мышц желудочков – 0,8-0,9 м/с, а по специальной ткани сердца – 2,0-4,2 м/с. По волокнам скелетной мышцы возбуждение распространяется со скоростью 4,7-5,0 м/с.

Сократимость сердечной мышцы имеет свои особенности в результате строения органа. Первыми сокращаются мышцы предсердий, затем сосочковые мышцы и субэндокардиальный слой мышц желудочков. Далее сокращение охватывает и внутренний слой желудочков, которое обеспечивает тем самым движение крови из полостей желудочков в аорту и легочный ствол.

Изменения сократительной силы мышцы сердца, возникающие периодически, осуществляются при помощи двух механизмов саморегуляции: гетерометрического и гомеометрического.

В основе *гетерометрического механизма* лежит изменение исходных размеров длины волокон миокарда, которое возникает при изменении притока венозной крови: чем сильнее сердце расширено во время диастолы, тем оно сильнее сокращается во время систолы (закон Франка– Старлинга). Объясняется этот закон следующим образом. Сердечное волокно состоит из двух частей: сократительной и эластической. Во время возбуждения первая сокращается, а вторая растягивается в зависимости от нагрузки.

Гомеометрический механизм основан на непосредственном действии биологически активных веществ (таких, как адреналин) на метаболизм мышечных волокон, выработку в них энергии. Адреналин и норадреналин увеличивают вход Са в клетку в момент развития потенциала действия, вызывая тем самым усиление сердечных сокращений.

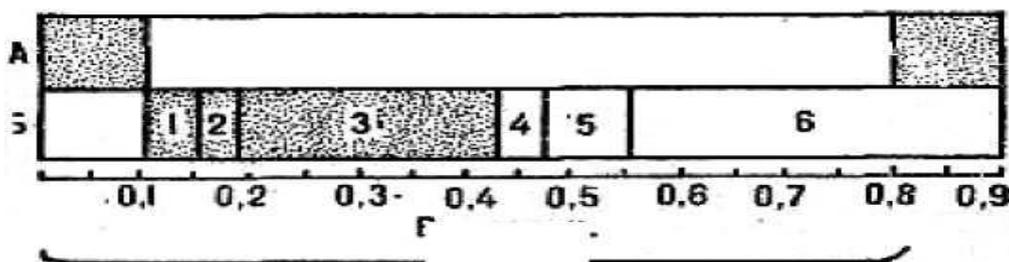
Рефрактерность сердечной мышцы характеризуется резким снижением возбудимости ткани на протяжении ее активности. Различают абсолютный и относительный рефракторный период. В абсолютном рефракторном периоде, при нанесении электрических раздражении, сердце не ответит на них раздражением и сокращением. Период рефрактерности продолжается столько, сколько продолжается систола. Во время относительного рефракторного периода возбудимость сердечной мышцы постепенно возвращается к первоначальному уровню. В этот период сердечная мышца может ответить на раздражитель сокращением сильнее порогового. Относительный рефракторный период обнаруживается во время диастолы предсердий и желудочков сердца. После фазы относительной рефрактерности наступает период повышенной возбудимости, который по времени совпадает с диастолическим расслаблением и характеризуется тем, что мышца сердца отвечает вспышкой возбуждения и на импульсы небольшой силы.

3. Сердечный цикл

Деятельность сердца характеризуется непрерывной сменой сокращений и расслаблений. Сокращение сердца называется систолой, расслабление - диастолой. Сердечный цикл состоит из трех фаз:

1. систола предсердий (в этой фазе желудочки расслаблены и наполняются кровью);
2. систола желудочков (кровь под большим давлением выбрасывается правым желудочком в легочную артерию, левым - в аорту);
3. общая диастола сердца (мускулатура предсердий и желудочков расслаблена).

Длительность сердечного цикла зависит от частоты сердцебиений. При сердечном ритме 75 ударов в 1 мин. она составляет 0,8с. Систола предсердий при этом равна 0,10 с, систола желудочков - 0,33с, диастола желудочков - 0,47с. Общая диастола сердца, продолжаясь 0,37с, занимает несколько меньше половины времени сердечного цикла. Несколько упрощенная схема отдельных фаз сердечного цикла представлена на схеме 2.



Сердечный цикл (время в секунду)

Схема 2. Схема 2сердечного цикла при частоте сердечных сокращений 70 раз в мин. Систола (площадь с точками) и диастола (белая площадь) предсердий (А) и желудочков (Б). 1 - асинхронная фаза сокращения; 2 - изометрическое сокращение; 3- фаза изгнания; 4 - протодиастолический период; 5 - изометрическое расслабление; 6 - фаза наполнения желудочков

Систола желудочков:

1. фаза асинхронного сокращения - начальный период, когда еще не все мышечные волокна его охвачены возбуждением. В покое она продолжается 0,05-0,06 сек. Давление в желудочках в это время постепенно нарастает, что ведет к закрытию атрио-вентрикулярных клапанов.

2. фазой изометрического сокращения - полости желудочков полностью изолированы от предсердий и артериальных сосудов. Она длится около 0,03 - 0,05 сек. В этой фазе давление внутри желудочков резко нарастает, что ведет к раскрытию полулунных клапанов.

2. фазой изгнания крови из желудочков следует за изометрической фазой. Она длится около 0,25 с.

Диастола желудочков:

1. начинается протодиастолическим периодом. В это время их мускулатура постепенно расслабляется, но полулунные клапаны остаются еще открытыми.

2. Дальнейшее расслабление мускулатуры желудочков и уменьшение в них давления ведут к закрытию полулунных клапанов. Период расслабления желудочков при закрытых клапанах и изоляции их полостей от предсердий называется фазой изометрического расслабления. Она длится 0,08 с.

3. Затем атриовентрикулярные клапаны раскрываются, и желудочки наполняются кровью из предсердий. Фаза наполнения желудочков длится 0,35 сек., в конце ее происходит сокращение предсердий, продолжающееся 0,1 с.

При физической работе наряду с учащением сердцебиений изменяется фазовая структура сердечного цикла. Все систолические фазы при этом укорачиваются. При напряженной мышечной деятельности фаза изометрического сокращения практически приближается к 0. Ее укорочение обусловлено увеличением скорости повышения внутрижелудочкового давления. Длительность периода изгнания может уменьшаться почти вдвое - до 0,12-0,15 с. Особенно резко укорачивается при работе диастола. Например, при работе, сопровождающейся учащением сердечного ритма до 200 ударов в 1 мин., диастола укорачивается до 0,10-0,13 с. На наполнение желудочков при таком высоком ритме затрачивается всего 0,05-0,08 с. После окончания работы фазовая структура сердечного цикла постепенно восстанавливается.

Факторы, обеспечивающие венозный возврат и наполнение сердца кровью. Наполнение сердца кровью обуславливают несколько причин:

1. Остаточная движущая сила венозной крови, вызванная предыдущим сокращением сердца. Благодаря наличию этой силы среднее давление в полых венах выше, чем в правом предсердии.

2. Присасывание крови грудной клеткой, особенно во время вдоха, когда снижается внутригрудное давление.

3. Приток крови к сердцу, особенно при мышечной деятельности, усиливается за счет сокращения скелетных мышц и периодического сдавливания вен. Благодаря наличию в венах клапанов работает своеобразный мышечный насос. При сдавливании венозных сосудов кровь продвигается по ним вверх к сердцу. Движению крови в обратном направлении препятствуют закрытые клапаны вен. В момент расслабления мышц стенки вен расправляются, и они вновь наполняются кровью. Благодаря многократному повторению этого процесса кровь активно продвигается к сердцу.

4. Показатели работы сердца

Частота сердечных сокращений. Ритм работы сердца зависит от возраста, пола, массы тела, тренированности. У молодых здоровых людей частота сердечных сокращений (ЧСС) составляет 60-80 ударов в 1 минуту ЧСС менее 60 ударов в 1 мин. называется брадикардией, а более 90 - тахикардией. У здоровых людей может наблюдаться синусовая аритмия, при которой разница в продолжительности сердечных циклов в покое составляет 0,2-0,3 с и более. Иногда аритмия связана с фазами дыхания (дыхательная аритмия), она обусловлена преобладающими влияниями блуждающего или симпатического нервов. В этих случаях сердцебиения учащаются при вдохе и урежаются при выдохе.

С возрастом максимальные величины ЧСС как у мужчин, так и у женщин снижаются. Максимальную рабочую величину ЧСС, у каждого конкретного человека можно определить, регистрируя частоту пульса во время работы возрастающей мощности на велоэргометре. Максимальную ЧСС рассчитывают по формуле:

$ЧСС_{\text{макс}} = 220 - \text{возраст (в годах)}$.

Систолический (ударный) объем сердца (СО) – это количество крови, выбрасываемое каждым желудочком за одно сокращение.

У взрослых мужчин СО может меняться от 60-70 до 120-190 мл, а у женщин - от 40-50 до 90-150 мл. СО – это разность между конечно-диастолическим и конечно-систолическим объемами. Следовательно, увеличение СО может происходить как посредством большего заполнения полостей желудочков в диастолу (увеличение конечно-диастолического объема), так и посредством увеличения силы сокращения и уменьшения количества крови, остающейся в желудочках в конце систолы (уменьшение конечно-систолического объема).

В самом начале работы из-за относительной инертности механизмов, приводящих к увеличению кровоснабжения скелетных мышц, венозный возврат возрастает сравнительно медленно. В это время увеличение СО происходит в основном благодаря увеличению силы сокращения миокарда и уменьшению конечно-систолического объема. По мере продолжения циклической работы, возрастает венозный возврат к сердцу. Вследствие этого конечно-диастолический объем желудочков у нетренированных лиц со 120-130 мл в покое повышается до 160-170 мл, а у хорошо тренированных спортсменов даже до 200-220 мл. В это же время происходит увеличение силы сокращения сердечной мышцы. Это, в свою очередь, приводит к более полному опорожнению желудочков во время систолы. Конечно-систолический объем при очень тяжелой мышечной работе может уменьшиться у нетренированных до 40 мл, а у тренированных до 10-30 мл. То есть увеличение конечно-диастолического объема и уменьшение конечно-систолического приводят к значительному повышению СО.

В зависимости от мощности работы у нетренированных людей СО максимально увеличивается по сравнению с уровнем покоя на 50-60%. У большинства людей при работе СО достигает своего максимума при нагрузках с потреблением кислорода на уровне 40-50% от МПК, и при ЧСС, равной 130-140 уд/мин. У нетренированных людей максимальные величины СО уменьшаются с возрастом, что является результатом снижения сократительной функции сердца и, по-видимому, уменьшения скорости расслабления сердечной мышцы.

Общий объем циркулирующей крови (ОЦК) – это важный параметр, определяющий давление, при котором происходит наполнение сердца кровью во время диастолы, а значит, и величину систолического объема.

Величина ОЦК может претерпевать значительные изменения при переходе тела человека в вертикальное положение, при мышечных нагрузках, при воздействиях гормональных факторов, изменениях степени тренированности, окружающей температуры и т.д.

У взрослого человека около 84% всей крови находится в большом круге, 9% - в малом (легочном) круге и 7% - в сердце. Около 60-70% всей крови содержится в венозных сосудах.

Минутный объем кровообращения (МОК) - количество крови, выбрасываемое желудочками сердца в минуту. МОК левого и правого желудочков одинаков. Синонимом понятия МОК является термин «сердечный выброс» (СВ). МОК – это интегральный показатель работы сердца, зависящий от величины систолического объема (СО) - количества крови (мл; л), выбрасываемого сердцем за одно сокращение, и ЧСС.

Таким образом, $МОК \text{ (л/мин)} = СО \text{ (л)} \times ЧСС \text{ (уд/мин)}$.

В зависимости от характера деятельности человека в данный момент времени (особенности физической работы, поза, степень психоэмоционального напряжения и др.) доля вклада ЧСС и СО в изменения МОК различна. То есть МОК может увеличиваться как по пути увеличения частоты сердцебиения, так и по пути увеличения СО.

В покое в положении лежа МОК у нетренированных и тренированных мужчин составляет 4,0-5,5 л/мин, а у женщин 3,0-4,5 л/мин. В связи с тем, что МОК зависит от размера тела, при необходимости сравнения МОК у людей разного веса используют относительный показатель - сердечный индекс - отношение величины МОК (в л/мин) к площади поверхности тела (в м²). У здорового человека в условиях основного обмена сердечный индекс обычно равен 2,5-3,5 л/мин/м². В некоторых ситуациях (например, при низкой температуре окружающей среды) даже в условиях физического покоя возрастает энергетический обмен в организме. Это приводит к возрастанию ЧСС и МОК.

В положении стоя у всех людей МОК обычно на 25-30% меньше, чем лежа. Это связано с тем, что в вертикальном положении тела значительные объемы крови скапливаются в нижней половине туловища. Вследствие этого заметно уменьшается СО.

Единственной возможностью повысить доставку кислорода к работающим мышцам является увеличение объема крови, поступающей к ним в единицу времени. Для этого должен возрасти МОК. Поскольку ЧСС прямо влияет на величину МОК, то повышение ЧСС при мышечной работе является обязательным механизмом, направленным на удовлетворение значительно возрастающих нужд метаболизма.

Если мощность циклической работы выразить через величину потребляемого кислорода (в процентах от величины максимального потребления кислорода - МПК), то ЧСС возрастает в линейной зависимости от мощности работы. Наличие прямо пропорциональной зависимости между мощностью работы и величиной ЧСС делает частоту пульса важным информативным показателем интенсивности выполняемых физических нагрузок, физиологической стоимости работы, особенностей протекания периодов восстановления (рис. 7).

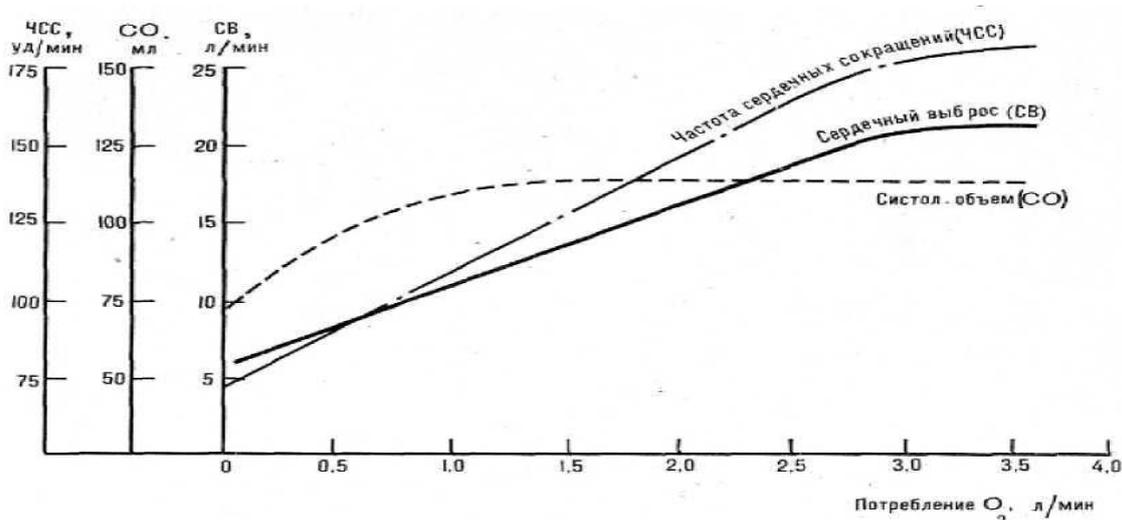


Рисунок 7 Частота сердечных сокращений, систолический объем и минутный объем крови в покое и при физической работе с разным уровнем потребления кислорода (при разной мощности работы)

В условиях мышечной деятельности запросы мышц в кислороде возрастают пропорционально мощности выполняемой работы. При этом общее потребление организмом кислорода может возрасти в 10 и более раз. Вполне естественно, что это требует значительного увеличения МОК. При мышечной работе увеличение МОК обусловлено возрастанием как СО, так и ЧСС. Конкретная величина МОК зависит от мно-

гих факторов. В частности, при одинаковой мощности работы в позе сидя или стоя МОК меньше, чем при работе в горизонтальном положении. При предельных аэробных нагрузках МОК у тренированных мужчин и женщин значительно выше, чем у нетренированных. Максимальные величины МОК у нетренированных мужчин и женщин уменьшаются с возрастом.

При прочих равных условиях (пол, возраст, тренированность, положение исследуемого, окружающая температура и другие факторы) МОК зависит от объема активной мышечной массы и характера выполняемой работы. При динамической работе, в которой участвуют небольшие мышечные группы, МОК меньше, чем при работе более крупных мышц ног. При статической работе МОК почти не меняется. Это связано с тем, что кровообращение в мышцах практически прекращено. Приток крови к сердцу либо не меняется, либо даже может уменьшаться. Небольшие увеличения МОК, которые отмечают при изометрических сокращениях, связаны с заметным увеличением ЧСС.

5. Регуляция работы сердца

Внутрисердечные механизмы регуляции

1. *Гетерометрические механизмы.* Основным внутрисердечным механизмом регуляции является механизм, приводящий к изменению интенсивности сокращения миокарда в соответствии с количеством крови, притекающей к сердцу. Он получил название закона Франка- Старлинга, или «закона сердца». Суть этого механизма заключается в том, что чем больше растянуты клетки миокарда во время диастолы, тем сильнее они сокращаются во время систолы. Следовательно, благодаря этому механизму желудочки сами способны в известных пределах выбрасывать в аорту то количество крови, которое поступает к ним по венам. Механизм Франка-Старлинга осуществляется на основе гетерометрической саморегуляции силы сокращения миокарда, т.е. увеличение силы сокращения миокардиальных волокон происходит в результате изменения их длины.

2. *Гомеометрические механизмы.* Суть этого механизма состоит в возможности изменения силы сокращения миокарда без изменения длины составляющих его волокон.

А) «феномен лестницы» Боудича заключается в постепенном увеличении силы сокращения сердечной мышцы при увеличении ЧСС. Следовательно, СО может быть увеличен автоматически при возрастании ЧСС, например, при мышечной активности.

Б) Эффект Анрепа может проявляться в увеличении силы сокращения миокарда при возрастании давления в аорте. Этот механизм наблюдается также при физических нагрузках, когда, как известно, происходит значительное повышение артериального давления.

3. *Периферические собственные рефлексy,* дуги которых замыкаются не в ЦНС, а во внутренних ганглиях миокарда. Благодаря наличию внутрисердечных периферических рефлексов происходит, например, увеличение силы сокращения левого желудочка при увеличении притока крови (и, следовательно, растяжении предсердия) к правому предсердию. Этот механизм принимает участие в регуляции работы сердца при мышечной деятельности.

Внесердечные механизмы регуляции

1. *Нервная регуляция работы сердца.* Осуществляется импульсами, поступающими из ЦНС к сердцу по блуждающим и симпатическим нервам. Центры блуждающих и симпатических нервов являются второй ступенью в сложной иерархии механизмов, осуществляющих регуляцию работы сердца. Более высокая ступень этой иерархии - центры гипоталамуса. Последние представляют собой интегративные зоны, способные изменять деятельность сердца и состояние любых отделов сердечно-сосудистой системы с целью обеспечения адекватных приспособительных реакций организма человека при изменении условий окружающей и внутренней среды.

В свою очередь гипоталамические центры находятся под влиянием еще более высоких отделов мозга - лимбической системы и коры большого мозга. Рефлекторные изменения в работе сердца возникают при раздражении рецепторов, расположенных в различных участках сосудистой системы (в дуге аорты, в месте разветвления сонных артерий, в сосудах легких, сердца и других органов). Участки, в которых сосредоточены такие рецепторы, называются сосудистыми рефлексогенными зонами. Эти рецепторы возбуждаются при изменениях давления в сосудах, а также различными химическими раздражителями, находящимися в крови (гуморальные стимулы). Но наиболее выражено рефлекторное усиление сердечной деятельности при болевых раздражениях, эмоциональных состояниях, мышечной работе. Изменения работы сердца при этом вызываются импульсами, поступающими к нему по симпатическим нервам, действием гормонов, ослаблением тонуса ядер блуждающего нерва. Деятельность сердца может меняться также условнорефлекторным путем.

Во время различных рефлекторных реакций влияние ЦНС на сердце осуществляется посредством симпатических и парасимпатических нервов (рис. 8). Активация симпатических нервов, идущих к сердцу, вызывает: 1) увеличение ЧСС (положительный хронотропный эффект); 2) увеличение силы сокращения сердечной мышцы (положительный инотропный эффект); 3) ускорение проведения возбуждения в сердце (положительный дромотропный эффект); 4) повышение возбудимости сердечной мышцы (положительный батмотропный эффект). Таким образом, активация симпатической нервной системы приводит к усилению насосной функции сердца.

Влияние на сердце активации блуждающих нервов проявляется в эффектах, противоположных действию симпатических. При этом наблюдается: 1) уменьшение ЧСС; 2) уменьшение силы сокращения; 3) замедление проведения возбуждения в сердце; 4) понижение возбудимости сердечной мышцы.

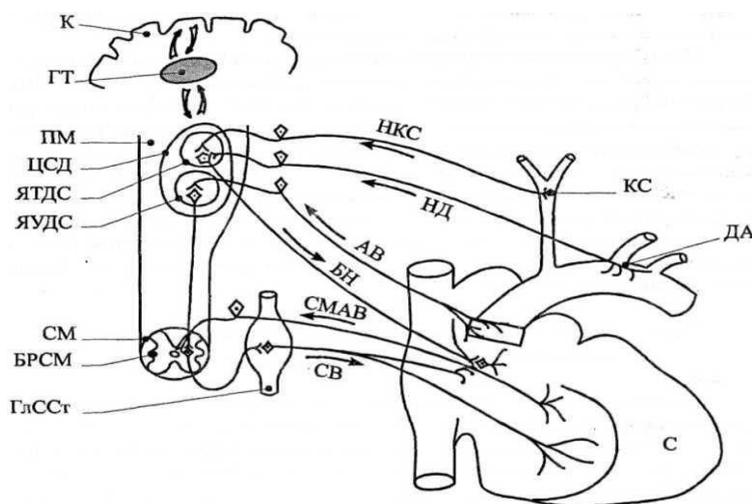


Рисунок 8 Нервная регуляция работы сердца. Обозначения: К - кора большого мозга; ГТ - гипоталамус; ПМ - продолговатый мозг; ЦСД - центр сердечной деятельности; ЯТДС - ядро, тормозящее деятельность сердца; ЯУДС - ядро, ускоряющее деятельность сердца; СМ - спинной мозг (шейный отдел); БРСМ - боковые рога спинного мозга; ГлССт - ганглий симпатического ствола; КС - каротидный синус; ИКС - афферентный нерв каротидного синуса; ДА - дуга аорты; НД - нерв-депрессор; АВ - афферентные волокна от правого предсердия и полых вен; БН - блуждающий нерв; СМАВ - спинномозговые афферентные волокна; СВ - симпатические постганглионарные волокна; С - сердце.

2. Гуморальная регуляция работы сердца и регуляция ЧСС при мышечной работе. Ряд химических веществ, циркулирующих в крови, приводит к значительным изменениям в

работе сердца. Увеличивают силу сокращения и ЧСС катехоламины (адреналин и норадреналин), выделяющиеся из мозгового вещества надпочечников. Эти гормоны оказывают на сердце такое же воздействие, как и симпатические нервы. Катехоламины приводят к активации фосфоорилазы, вызывающей расщепление внутримышечного гликогена и образование глюкозы, а также активацию системы транспорта ионов кальция. Кроме того, адреналин и норадреналин повышают проницаемость клеточных мембран для ионов кальция, способствуя ускорению поступления их из межклеточного пространства в клетку, а также из внутриклеточных депо. Оба процесса - усиление гликолиза и увеличение в саркоплазме концентрации ионов кальция - приводят к увеличению силы сокращения сердечной мышцы. Гормон щитовидной железы тироксин также увеличивает силу и частоту сердечных сокращений, при понижении его концентрации в крови сократимость миокарда снижается.

Ионы кальция и калия очень сильно влияют на сердце: повышение их концентрации в крови вызывает в первом случае положительные, во втором - отрицательные хроно- и инотропные эффекты. Снижение концентрации ионов кальция в крови ослабляет сердечную деятельность. Значительные изменения в работе сердца возникают при снижении содержания в крови ионов калия. Снижают сократительную активность миокарда гипоксемия, гиперкапния и ацидоз.

В увеличении ЧСС при мышечной работе принимают участие несколько механизмов:

1) иррадиация возбуждения из моторной зоны коры. ЧСС начинает возрастать почти мгновенно с началом работы. Длительность первого цикла сокращения сердца, совпадающая по времени с началом работы, уже короче, чем предыдущего. Столь высокая скорость реагирования сердца ускорением ритма - следствие иррадиации (распространения) возбуждения из моторной зоны коры на центры, регулирующие ЧСС;

2) активация хеморецепторов работающих мышц. По мере продолжения сокращения мышц ионы калия, выходя из мышечных клеток в межклеточное пространство, вызывают раздражение свободных нервных окончаний тонких нервных волокон, лежащих в области кровеносных сосудов, клеток мышечной и соединительной ткани. По этим волокнам сигналы передаются к нервным центрам мозга, вызывающим усиление деятельности сердца. При больших статических (изометрических) сокращениях мышц кровотоки в них практически прекращаются. Недостаток кислорода в ткани (гипоксия) может сам по себе стимулировать действие других химических веществ на хеморецепторы, приводя, в свою очередь, к рефлекторному увеличению ЧСС;

3) активация артериальных хеморецепторов. В стенках сонных артерий и дуги аорты имеются нервные окончания, раздражение которых возникает при изменениях напряжения в крови кислорода, углекислого газа и рН. Однако роль этих хеморецепторов в регуляции ЧСС при физической работе минимальна, так как напряжение O_2 и CO_2 в артериальной крови обычно не меняется в размерах, достаточных для стимуляции этих хеморецепторов;

4) увеличение концентрации гормонов в крови. По мере перехода от работы умеренной интенсивности к высокой (когда ЧСС становится больше 140-150 уд/мин) в крови значительно возрастает концентрация адреналина и норадреналина. Эти вещества способствуют увеличению и поддержанию на высоком уровне ЧСС при длительной тяжелой работе.

По окончании работы ЧСС начинает снижаться. Резкое начальное падение ЧСС обусловлено прекращением потока импульсов от лимбической системы, моторной коры, мышечных и суставных механорецепторов, активирующих ядра продолговатого мозга, усиливающие деятельность сердца. Последующее более медленное и плавное снижение ЧСС связано с постепенным прекращением действия других факторов, ускоряющих работу сердца: восстановление до исходных величин венозного возврата к сердцу, температуры тела, концентрации в крови катехоламинов, молочной кислоты, ионов калия.

Лекция. Физиология дыхания

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания. Основные этапы дыхания.
2. Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха.
3. Диффузия газов в легких и тканях.
4. Транспорт газов кровью. Кислородная емкость крови.
5. Дыхательный центр и его автоматия.
6. Регуляция дыхания. Нервные и гуморальные механизмы. Роль рецепторного аппарата. Основные дыхательные рефлексы.
7. Функциональная система поддержания газового состава крови в организме.
8. Недыхательные функции легких.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания. Основные этапы дыхания

Организм может существовать нормально только при постоянном поступлении энергии, необходимой для всех процессов жизнедеятельности. Единственным источником энергии является энергия, заключенная между атомами и молекулами питательных веществ. Эта энергия освобождается в организме в результате окислительных процессов. Поэтому организм нуждается в постоянном поступлении кислорода из окружающей среды. В результате окисления органических веществ в клетках образуется углекислый газ, который удаляется в окружающую среду.

Таким образом, дыхание – это совокупность процессов, которая обеспечивает поступление кислорода в организм, окисление субстратов в клетках и удаление, образовавшегося при этом углекислого газа из организма.

Дыхание осуществляется при помощи органов дыхания, которые представляют воздухоносные пути (носовая полость, глотка, гортань, трахея, бронхи) и дыхательную часть (легкие).

Особенностью строения дыхательных путей является наличие хрящевого остова (в результате стенки дыхательной трубки не спадаются) и мерцательного эпителия, выстилающего слизистую оболочку (его реснички колеблются по направлению движения выдыхаемого воздуха и изгоняют вместе со слизью инородные частицы, загрязняющие дыхательные пути).

Полость носа образована лицевыми костями и хрящами и поделена носовой перегородкой на 2 симметричные половины, которые сообщаются с наружной атмосферой через нос, а сзади - с глоткой при помощи хоан. Слизистая оболочка содержит слизистые железы, секрет которых обволакивает частички пыли, увлажняет воздух и согревает его (т.к. богата поверхностно расположенными кровеносными сосудами) Носовая полость также выполняет функцию обоняния (т.к. слизистая оболочка выстлана обонятельным эпителием).

Из полости носа вдыхаемый воздух попадает в носоглотку, далее в ротовую часть глотки и затем в гортань.

Гортань находится на уровне IV-VI шейных позвонков, образована хрящами, соединенными между собой суставами, связками и поперечнополосатыми мышцами внутренней поверхностью выстилает слизистая оболочка. Сзади гортани находится глотка, с которой гортань сообщается при помощи отверстия, называемого входом в гортань. В средней части гортани находятся голосовые связки. Вдыхаемый воздух вызывает их колебание, в результате чего появляются звуки различного тона и силы. Внизу гортань переходит в дыхательное горло или трахею. Трахея представляет собой хрящевую трубку (состоит из 15-20 гиалиновых Хрящевых полуколец, соединенных кольцевыми связками) длиной 11-13 см, расположенной на уровне нижнего края VI шейного и IV-V грудного позвонков. Здесь она делится на два главных бронха (правый и левый).

Каждый из главных бронхов входит в ворота правого или левого легкого и разделяется (по числу основных долей легкого) на долевые бронхи (3 ветви - в правом и 2 ветви - в левом легком).

Эти крупные бронхиальные ветви разветвляются на более мелкие или сегментарные бронхи, которые, продолжая делиться, образуют бронхиальное дерево. По мере деления бронхов происходит уменьшение их калибра, уменьшение хрящевых пластин и увеличение мышечной пластинки слизистой. В мелких бронхах исчезают хрящевые пластинки и железы.

Легкие располагаются в грудной полости, по обеим сторонам сердца. Имеют вид половины усеченного конуса, разрезанного пополам от вершины до основания (рис. 9). Основание обращено вниз и прилегает к диафрагме. Закругленная верхушка легкого обращена вверх. На вогнутой поверхности, обращенной к средостению, находятся ворота легкого, куда входят бронхи, артерии и нервы и откуда выходят вены и лимфатические сосуды. Наружная выпуклая поверхность легкого прилегает к ребрам.

Правое легкое состоит из 3-х долей, отделенных междолевыми бороздами. Левое - из 2-х долей, разделенных междолевой бороздой. Доли легкого состоят из сегментов, которые образованы дольками. Морфологической и функциональной единицей легкого является ацинус (12-18 ацинусов образуют одну легочную дольку). Он начинается респираторными бронхиолами, которые переходят в разветвления конечных бронхиол. Каждая респираторная бронхиола подразделяется на альвеолярные ходы, которые заканчиваются альвеолярными мешочками. На стенках альвеолярных ходов и мешочков располагается несколько десятков *альвеол*. Альвеолы имеют вид открытого пузырька и тесно примыкают друг к другу.

Ветви легочных артерий, сопровождая бронхиальное дерево, доходят до альвеол, где образуют капиллярную сеть альвеолярные капилляры собираются в посткапиллярные *венулы*, а затем в вены, которые, сливаясь, образуют легочные вены. Такие морфологические особенности обеспечивают оптимальные условия для обмена газов между воздухом альвеол и кровью, протекающей в капиллярах.

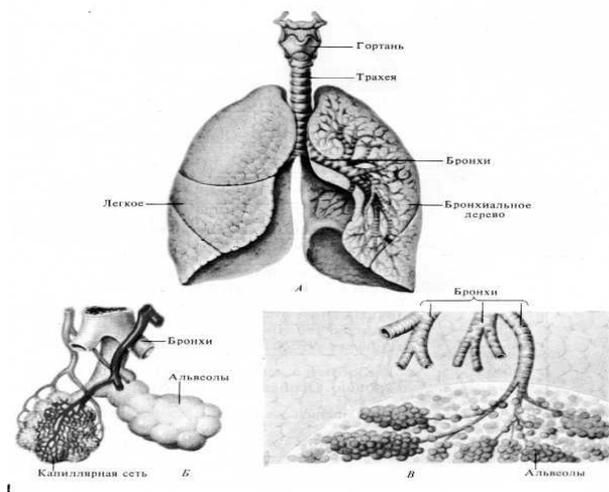


Рисунок 9 Строение легких:

А - воздухоносные пути и респираторные отделы;

Б - легочные альвеолы и их кровоснабжение;

В - дольки легкого

Дыхание включает следующие этапы:

1. Внешнее дыхание - обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких.
2. Диффузия газов в легких - газообмен между альвеолярным воздухом и кровью в легочных капиллярах.
3. Транспорт газов кровью - перенос газов кровью к тканям.

4. Диффузия газов в тканях - газообмен между кровью и тканями в тканевых капиллярах.
5. Клеточное дыхание - окисление органических веществ в клетках.

2. Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха

Внешнее дыхание предусматривает обмен воздуха между окружающей средой и легкими атмосферный воздух, насыщенный кислородом, поступает в легкие через воздухоносные пути во время вдоха (рис. 10).

При выдохе альвеолярный воздух, насыщенный углекислым газом, удаляется по тем же путям в окружающую среду.

Вдох обеспечивается сокращением дыхательной мускулатуры (межреберные мышцы и диафрагма). В результате сокращения межреберных мышц ребра поднимаются вверх, разворачиваясь вокруг оси, отходят в стороны, грудина отходит вперед. Объем грудной клетки увеличивается (фронтальное и сагиттальное направления). Диафрагма, сокращаясь, уплощается (опускается вниз) и объем грудной клетки увеличивается в вертикальном направлении. Листки плевры следуют за грудной клеткой и диафрагмой (париетальный листок плотно спаян со стенкой грудной клетки и диафрагмой, висцеральный - с тканью легкого, между ними действуют молекулярные силы сцепления, прижимающие их друг к другу). В результате легкие пассивно следуют за увеличивающейся в размерах грудной клеткой и объем легких увеличивается, внутрилегочное давление падает. Атмосферное давление становится больше внутрилегочного и по градиенту давлений происходит заполнение легких воздухом. Причем, чем больше градиент давлений (определяется степенью сокращения дыхательной мускулатуры, а, следовательно, и степенью увеличения объема грудной клетки) тем больший объем воздуха поступает в легкие.

Выдох наступает в результате расслабления дыхательной мускулатуры ребра (в силу тяжести) опускаются вниз, грудина возвращается назад, диафрагма вновь принимает куполообразную форму (под давлением брюшных органов). Объем грудной клетки уменьшается (во фронтальном, сагиттальном и вертикальном направлениях). Листки плевры следуют за грудной клеткой и диафрагмой. Объем легких уменьшается, внутрилегочное давление увеличивается, становится больше атмосферного и по градиенту давлений воздух покидает легкие.

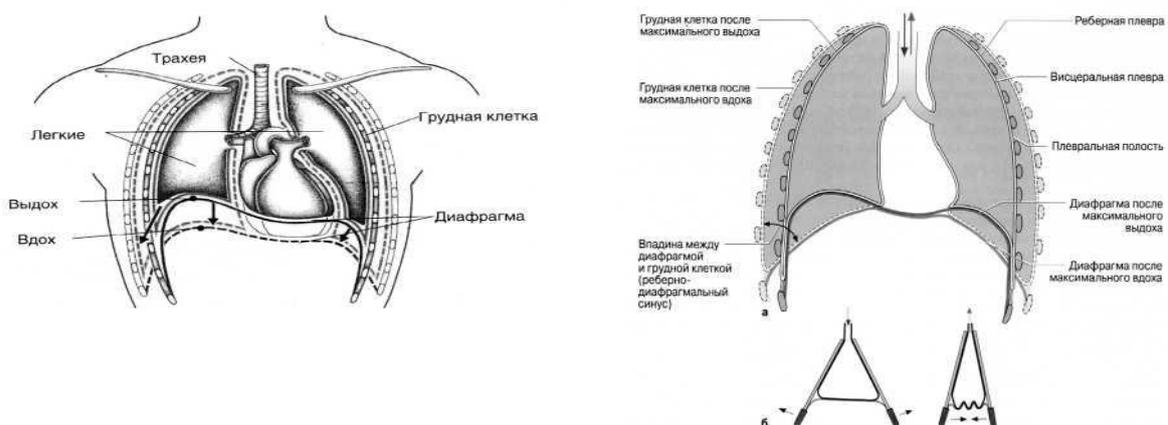


Рисунок 10 Изменение купола диафрагмы при дыхании.

Механизм дыхания: *a* - продольный разрез легкого в положении вдоха и выдоха.

Реберно-диафрагмальная впадина (синус) расширяется во время вдоха;

б - модель уравнивания легких с помощью воздуходушных мехов. При расширении пространства воздух стремится внутрь, при уменьшении - выталкивается наружу.

Движение воздуха в легких во время дыхания называют *легочной вентиляцией*. Она характеризуется минутным объемом дыхания.

Минутный объем дыхания – (МОД) это то количество воздуха, которое проходит через легкие за одну минуту. МОД зависит от величин дыхательного объема и частоты дыханий в минуту.

Дыхательный объем (ДО) - это то количество воздуха, которое поступает в легкие при одном спокойном вдохе. Его величина, в среднем, составляет 500 мл, частота дыханий за минуту равна 16-20 и, следовательно, минутный объем дыхания, в среднем, составляет 6-8 л. Величина ДО зависит от условий измерения (покой, нагрузка, положение тела).

Резервный объем вдоха ($PO_{вд}$) - максимальный объем воздуха, который способен вдохнуть испытуемый после спокойного вдоха. Величина $PO_{вд}$ составляет 1,5-1,8 л.

Резервный объем выдоха ($PO_{выд}$) - максимальный объем воздуха, который человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха, следующего за спокойным вдохом. Этот объем равен 1,0-1,4 л.

Остаточный объем (ОО) - объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха. Его величина 1-1,5 л.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) включает в себя дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха. У мужчин среднего возраста ЖЕЛ варьирует в пределах 3,5-5 л и более. Для женщин эти величины составляют 3-4 л.

Емкость вдоха ($E_{вд}$) равна сумме дыхательного объема и резервного объема вдоха и составляет 2-2,3 л

Однако, не весь воздух, поступивший в органы дыхания, принимает участие в газообмене. Часть воздуха заполняет воздухоносные пути (гортань, трахею, бронхи, бронхиолы) и не доходит до альвеол, поскольку при выдохе первым покидает организма. Этот воздух получил название - воздух *вредного пространства*. Его объем, в среднем, составляет 140-150 мл. Поэтому вводится понятие *эффективная легочная вентиляция*. Это то количество воздуха за одну минуту, которое принимает участие в газообмене.

Эффективная легочная вентиляция при одном и том же минутном объеме дыхания может быть различной. Так, чем больше дыхательный объем, тем меньше относительный объем воздуха вредного пространства. Поэтому редкое и глубокое дыхание более эффективно для снабжения организма кислородом, т.к. вентиляция альвеол увеличивается. Характеризует резервные возможности внешнего дыхания *жизненная емкость легких*. Это тот объем воздуха, который человек максимально может вдохнуть после максимального глубокого выдоха. В среднем это величина составляет 3500 мл. Чем выше жизненная емкость, тем лучше снабжается организм кислородом. Жизненная емкость легких, как правило, выше у мужчин и у физически тренированных лиц.

3. Диффузия газов в легких и тканях

В легких совершается обмен O_2 и CO_2 между воздухом и кровью. Этот обмен происходит благодаря разнице парциального давления газов в альвеолярном воздухе и в крови, протекающей в капиллярах легких.

Диффузия газов из окружающей среды в жидкость подчиняется законам движения газов (рис.11). Если над жидкостью находится смесь газов, то каждый газ растворяется в жидкости соответственно его парциальному давлению, т.е. тому давлению, которое приходится на его долю. От общего давления смеси газов парциальное давление пропорционально содержанию каждого газа в смеси. Так, при атмосферном давлении 760 мм рт.ст. и температуре 22 С парциальное давление кислорода воздуха умеренной влажности составляет 21 % от 760 мм рт.ст. и равно 159 мм рт.ст. В тех же условиях парциальное давление углекислого газа составляет 0,03 % от 760 мм рт.ст. и равно 0,23

мм рт.ст. Остальная часть атмосферного давления приходится на азот, пары воды и инертные газы.

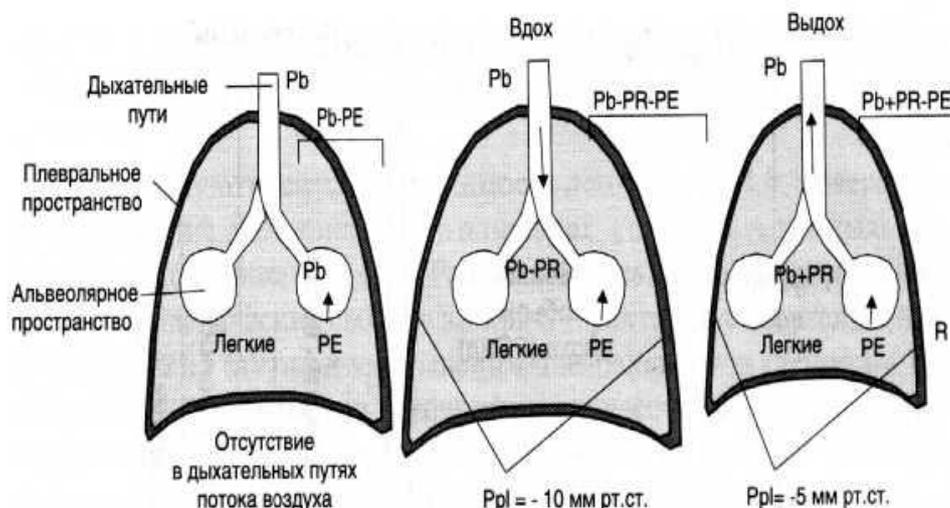


Рисунок 11. Давление в альвеолах и плевральное давление в фазу вдоха и выдоха

В альвеолярном воздухе содержится O_2 – 14 %, CO_2 – 6 % и присутствует большее количество воды. Поэтому здесь парциальное давление $O_2 = 105$, а $pCO_2 = 40$ мм рт.ст. (таблица 2).

Парциальное давление газов в крови называется их *напряжением*. Оно также пропорционально содержанию газа в крови альвеолярный воздух непосредственно не соприкасается с кровью, т.к. отделен от нее тканевыми мембранами. Однако анатомо-физиологические особенности легких создают благоприятные условия для газообмена.

В притекающей к альвеолам легких венозной крови pO_2 ниже, чем в альвеолярном воздухе, и не превышает 40 мм рт.ст., а pCO_2 , наоборот, выше и равно 46 мм рт.ст. Благодаря градиенту давлений происходит диффузия CO_2 из венозной крови в альвеолярный воздух и O_2 - наоборот, из альвеол в кровь. В оттекающей от альвеол артериальной крови парциальное напряжение O_2 составляет 100 мм рт.ст. и pCO_2 - 40 мм рт.ст. артериальная кровь направляется к тканям, где в процессе тканевого дыхания происходит утилизация O_2 и образование CO_2 . В результате pO_2 в тканях снижается до 20 мм рт.ст., а pCO_2 увеличивается до 60 мм рт.ст. Возникший градиент давлений обеспечивает переход O_2 из артериальной крови в ткани и, наоборот, CO_2 - от тканей в кровь образовавшаяся венозная кровь направляется к альвеолам легких, где она вновь отдает CO_2 и обогащается кислородом. После газообмена в альвеолах воздух проходит через воздухоносные пути и смешивается с воздухом вредного пространства, который не принимает участия в газообмене.

Поэтому выдыхаемый воздух отличается от альвеолярного большим содержанием O_2 (16%) и меньшим содержанием CO_2 (4%).

Таким образом, для парциальных напряжений как O_2 , так и CO_2 существует артерио-венозная разница, которая характеризует различия в парциальных напряжениях газов в притекающей к тканям артериальной крови и оттекающей от них венозной крови. Величина артерио-венозной разницы определяет степень утилизации O_2 тканями и образование CO_2 .

Эта величина также зависит от общего содержания O_2 и CO_2 в организме.

Таблица 2. Газовый состав вдыхаемого, альвеолярного и выдыхаемого воздуха

Газовый состав воз-	Атмосферный воздух, % (мм)	Альвеолярный воздух, % (мм)	Выдыхаемый воздух, % (мм рт.ст.)
O ₂	20,85 (160)	13,5 (104)	15,5 (120)
CO ₂	0,03 (0,2)	5,3 (40)	3,7 (27)
N ₂	78,62 (596)	74,9 (569)	74,6 (566)
H ₂ O	0,5 (3,8)	6,3 (47)	6,2 (47)
общий	100 (760)	100 (760)	100(760)

Различное содержание O₂ и CO₂ в альвеолярном и выдыхаемом из легких воздухе свидетельствует о том, что в воздухоносных путях легких от трахеи до альвеол существуют многочисленные градиенты концентрации дыхательных газов, фронт которых может динамично смещаться в ту или иную сторону в зависимости от вентиляции легких.

4. Транспорт газов кровью. Кислородная емкость крови

Поступившие из альвеолярного воздуха в кровь кислород, а из тканей углекислый газ переносятся кровью, O₂ - в ткани, а CO₂ - в легкие. После диффузии O₂ и CO₂ частично растворяются в плазме, а частично связываются с составными частями крови и в таком виде транспортируются кровью. Кислород из альвеолярного воздуха диффундирует в плазму, а из нее в эритроциты, где взаимодействует с гемоглобином, образуя непрочное, легко диссоциирующее соединение оксигемоглобин содержание оксигемоглобина в крови находится в зависимости от pO₂ и описывается кривой диссоциации гемоглобина В легких, где невысокое pCO₂, оксигемоглобин приобретает добавочную способность связывать O₂. В нормальных условиях, т.е. при pO₂ в альвеолах 105 мм рт.ст. и pCO₂ 40 мм рт.ст., 99 % гемоглобина превращается в оксигемоглобин. Такое интенсивное насыщение венозной крови кислородом обеспечивает его быстрое поступление в кровяное русло и перенос к тканям в достаточном количестве. В тканях, где pCO₂ достигает максимума (60 мм рт.ст.), а pO₂ - минимума (20 мм рт.ст.) гемоглобин теряет способность удерживать O₂, что способствует наиболее полной отдаче его тканям.

Оксигемоглобин легко отдает кислород и превращается в восстановленный гемоглобин, который вновь транспортируется к легким.

Количество поглощенного кровью кислорода зависит от количества гемоглобина, поэтому вводится понятие *кислородная емкость крови* – это максимальное количество O₂, которое может быть поглощено 100 мл крови. В среднем, она составляет 19 об. % (100 мл крови могут связывать 19 мл O₂). При парциальных давлениях O₂, имеющих в организме в нормальных условиях, кислородная емкость крови реализуется не полностью. Поэтому вводится величина - *насыщение крови кислородом*. Это отношение содержания O₂ в крови в данных условиях к ее кислородной емкости, выраженное в %.

Углекислый газ поступает в кровь из тканей. В тканевых капиллярах растворяющийся в плазме CO₂ диффундирует в эритроциты, где под влиянием фермента карбоангидразы превращается в угольную кислоту (H₂CO₃). Благодаря связыванию CO₂ все новые его количества поступают в эритроциты. Угольная кислота диссоциирует в эритроцитах на ионы H⁺ и HCO₃⁻.

Так как мембрана эритроцитов проницаема для анионов, то ионы HCO₃⁻ диффундируют в плазму, а вместо них в эритроциты поступают ионы Cl⁻. В результате в плазме освобождаются ионы Na⁺, которые соединяются с ионами HCO₃⁻, образуя NaHCO₃. Освобождающийся при этом H⁺ (ион угольной кислоты) в эритроцитах связывается с гемоглобином, и образуется восстановленный гемоглобин одновременно с поступлением CO₂ в эритроциты происходит отдача кислорода оксигемоглобином, т.к. угольная кислота вытесняет из гемоглобина ионы калия, соединяется с ним, образует бикарбонат калия и освобождает кислород. Освобожденный кислород поступает в ткани.

Кроме того, CO_2 (8-10 % от общего количества) соединяется с гемоглобином, образуя карбогемоглобин.

Таким образом, углекислый газ, поступающий в кровь из тканей, переносится кровью главным образом в виде бикарбонатов и частично в виде карбогемоглобина.

5. Дыхательный центр и его автоматия

Информация о состоянии кислородно-углекислого баланса в организме поступает в дыхательный центр, который представляет нейронную организацию ЦНС, определяющую функцию дыхания.

В анатомическом смысле *дыхательный центр* – это совокупность нейронов в локальной зоне ЦНС, без которой дыхание становится невозможным. Такой центр находится в ретикулярной формации продолговатого мозга в области дна IV желудочка. Он состоит из двух отделов: центра вдоха (инспираторный отдел) и центра выдоха (экспираторный отдел). Нейроны бульбарного центра обладают автоматией и находятся в реципрокных взаимоотношениях между собой. При этом первичное возбуждение инспираторных нейронов, с одной стороны, обеспечивает акт вдоха, а с другой, активизирует экспираторные нейроны, которые оказывают вторичное тормозное влияние на активность инспираторных нейронов.

В результате их активность подавляется, и вдох сменяется выдохом. Несовершенство координации дыхательного акта центрами продолговатого мозга была доказана методом перерезок. Так после отделения продолговатого мозга от вышележащих отделов чередование вдохов и выдохов сохраняется, но длительность и глубина дыханий становится нерегулярной.

В физиологическом смысле *дыхательный центр* – это совокупность нейронов, расположенных на различных уровнях ЦНС (от спинного мозга до коры головного мозга), которые обеспечивают координированное ритмическое дыхание, т.е. делают функцию дыхания более совершенной. В целом, регуляция активности дыхательного центра может быть представлена тремя уровнями:

1. На уровне спинного мозга располагаются центры диафрагмальных и межреберных нервов, обуславливающие сокращение дыхательных мышц. Однако этот уровень регуляции дыхания не может обеспечить ритмическую смену фаз дыхательного цикла, т.к. большое количество афферентных импульсов от дыхательного аппарата непосредственно направляются в продолговатый мозг, т.е. минуя спинной мозг;

2. На уровне продолговатого мозга и варолиева моста находится основной дыхательный центр, который перерабатывает разнообразные афферентные импульсы, идущие от дыхательного аппарата, а также от основных сосудистых рефлексогенных зон. Этот уровень регуляции обеспечивает ритмическую смену фаз дыхания и активность спинальных мотонейронов, аксоны которых иннервируют дыхательную мускулатуру;

3. На уровне верхних отделов головного мозга, включая кору головного мозга, осуществляются адекватные приспособительные реакции системы дыхания к изменяющимся условиям окружающей среды.

Ритмические импульсы от дыхательного центра продолговатого мозга поступают по нисходящим двигательным путям к мотонейронам дыхательных мышц спинного мозга.

Мотонейроны диафрагмальных нервов находятся в передних рогах серого вещества III-IV шейных сегментов. Мотонейроны межреберных нервов расположены в передних рогах грудного отдела спинного мозга. Отсюда возбуждение поступает к дыхательной мускулатуре (к диафрагме и межреберным мышцам). Мотонейроны спинного мозга получают от проприорецепторов мышц грудной клетки сигналы о степени их растяжения при вдохе. Эти сигналы могут изменять число вовлеченных в активность

мотонейронов и, т.о., определяют особенности дыхания, осуществляя регуляцию дыхания на уровне спинного мозга.

Бульбарный дыхательный центр получает афферентные импульсы от механорецепторов легких, дыхательных путей и дыхательных мышц, от хемо- и прессорецепторов сосудистых рефлексогенных зон.

Выше продолговатого мозга, в области срединных парабрахиальных ядер варолиева моста расположен пневмотаксический центр.

Он организует нормальный дыхательный ритм (регулярную смену актов вдоха и выдоха) Продолговатый и варолиев мост связаны между собой восходящими и нисходящими нервными путями и функционируют согласованно. Так, инспираторные нейроны, возбуждаясь, посылают импульсы в пневмотаксический центр, который запускает автоматическую экспираторную группу. Экспираторные нейроны тормозят инспираторные.

Для нормальной деятельности бульбо-понтинного дыхательного центра необходима постоянная информация о состоянии внутренней среды организма и самих органов дыхания. Нисходящие нервные влияния на дыхательный центр оказывают верхние отделы головного мозга, включая корковые нейроны. Так, эмоциональные возбуждения, охватывающие структуры, лимбико-ретикулярного комплекса и в первую очередь гипоталамическую область, распространяются в нисходящем направлении и вызывают изменение деятельности ДЦ.

Гипоталамус также оказывает влияния при изменениях во внешней среде, изменении метаболизма, а также как высший центр вегетативных регуляций. Речь, относящаяся к высшим мозговым функциям коры человека, возможна на основе дыхательных движений, вызывающих прохождение воздуха через голосовой аппарат. Поэтому во время речи к ДЦ приходят влияния, подстраивающие его деятельность для необходимых речевых реакций. Одновременно ДЦ управляет тем объемом легочной вентиляции, который необходим для поддержания дыхательного гомеостаза. Поэтому дыхание в условиях речи становится аperiodическим.

На роль коры в регуляции дыхания указывает возможность произвольного контроля дыхания, когда человек может сознательно изменить дыхание: сделать его более глубоким или поверхностным, частым или редким, произвести задержку дыхания на определенное время (схема 3)

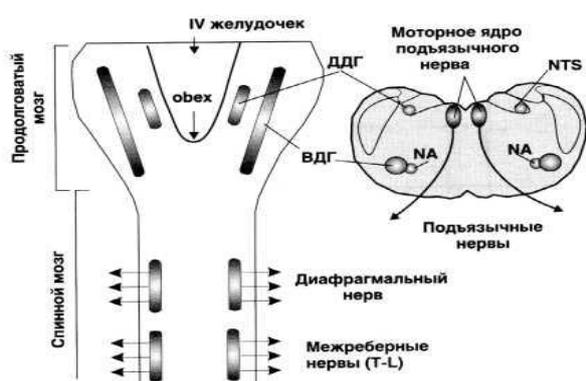


Схема 3. Расположения нейронов дорсальной (ДДГ) и вентральной (ВДГ) дыхательных групп дыхательного центра (ДЦ) продолговатого мозга. Слева - проекция отделов ДЦ на дорсальную поверхность продолговатого мозга. Справа - расположение отделов ДЦ на поперечном плане продолговатого мозга. NA - nucleus ambiguus, NST - nucleus solitarius

На примере особенностей дыхательного центра наблюдаются общие принципы организации любых нервных центров, в частности принципы изоморфизма (принципиально однотипная структурная организация), иерархичности (многоуровневое расположение центрального представительства), субординации (соподчинение нервных центров, когда высшие центры модулируют работу низших и чем выше уровень центра, тем более сложную регуляцию он обеспечивает)

6. Регуляция дыхания. Нервные и гуморальные механизмы. Роль рецепторного аппарата. Основные дыхательные рефлекссы

Регуляция дыхания осуществляется при помощи гуморальных, рефлекторных механизмов и нервных импульсов, поступающих в дыхательный центр из вышележащих отделов ЦНС.

Гуморальная регуляция осуществляется за счет изменения уровня дыхательных показателей (CO_2 , O_2 , H^+) в крови. Их избыток или недостаток оказывает опосредованное влияние на дыхательный центр. Специфическим регулятором активности нейронов дыхательного центра является углекислый газ. В ретикулярной формации продолговатого мозга, вблизи ДЦ имеются центральные хеморецепторы, чувствительные к CO_2 . При увеличении напряжения CO_2 в крови хеморецепторы возбуждаются и нервные импульсы поступают к инспираторным нейронам, что приводит к повышению их активности. Опосредованное влияние на дыхательный центр может осуществляться и рефлекторным путем, в механизме которого важное место отводится хеморецепторам сосудистого русла. В области сонных синусов и дуги аорты также находятся хеморецепторы, чувствительные к изменениям напряжения CO_2 , O_2 и H^+ ионов в крови. От них по нервным каналам связи возбуждение поступает в ДЦ и изменяет его активность.

Таким образом, повышение pCO_2 и pH , а также понижение pO_2 возбуждает, а повышение pO_2 и снижение pCO_2 и pH , наоборот, тормозит активность дыхательного центра. Благодаря усиленному дыханию ускоряется выделение CO_2 из крови в легкие и увеличивается поступление O_2 в кровь.

Среди рефлекторных механизмов выделяют постоянные и непостоянные (опосредованные). Постоянные рефлекторные влияния возникают в результате раздражения рецепторов альвеол (рефлекс Геринга-Брейера), корня легкого и плевры (пульмоторакальный рефлекс), хеморецепторов дуги аорты и сонных синусов (рефлекс Гейманса), проприорецепторов дыхательных мышц.

Рефлекс Геринга-Брейера начинается с раздражения механорецепторов альвеол (рецепторов растяжения и спадения), которые являются чувствительными нервными окончаниями блуждающего нерва. При растяжении альвеол во время вдоха нервные импульсы идут по блуждающему нерву к экспираторным нейронам, которые, возбуждаясь, тормозят активность инспираторных нейронов, что приводит к пассивному выдоху. При спадении альвеол (в патологических условиях) нервные импульсы от рецепторов растяжения не поступают к экспираторным нейронам, их активность падает и создаются условия для повышения возбудимости инспираторной части ДЦ. Следствием является активный вдох.

Пульмоторакальный рефлекс возникает при возбуждении рецепторов, заложеной в легочной ткани и плевре. Проявляется этот рефлекс при растяжении легких и плевры. Рефлекторная дуга замыкается на уровне шейных и грудных сегментов спинного мозга. Конечным эффектом рефлекса является изменение тонуса дыхательной мускулатуры, благодаря чему происходит увеличение или уменьшение среднего объема легких.

Рефлекс Гейманса возникает при изменении концентрации CO_2 , O_2 и H^+ ионов в крови. При этом раздражаются хеморецепторы крупных кровеносных сосудов, возбуждение от которых поступает в ДЦ. Повышение концентрации CO_2 и H^+ ионов способствуют проявлению вдоха.

Проприорецепторы дыхательных мышц возбуждаются во время вдоха. Нервные импульсы от них поступают в инспираторную часть ДЦ. В результате тормозится центра вдоха и наступает выдох. Непостоянные рефлекторные влияния связаны с возбуждением разнообразных экстеро- и интерорецепторов (рецепторов слизистой носа, носо-

глотки, верхних дыхательных путей, температурных и болевых рецепторов кожи, проприорецепторов скелетных мышц).

Например: при внезапном вдыхании паров аммиака, хлора, табачного дыма происходит раздражение рецепторов слизистой носа, глотки, гортани, что приводит к рефлекторному спазму голосовой щели, а иногда и мускулатуры бронхов и рефлекторной задержке дыхания.

При раздражении эпителия дыхательных путей пылью, слизью возникают защитные дыхательные рефлексы: чиханье (рецепторов слизистой носа) и кашель (рецепторов гортани, трахеи, бронхов).

Эмоциональные возбуждения, охватывающие структуры лимбико-ретикулярного комплекса и, прежде всего гипоталамическую область, распространяются в нисходящем направлении и вызывают изменение деятельности дыхательного центра. На роль коры в регуляции дыхания (нисходящие влияния на ДЦ) указывает возможность произвольного контроля дыхания. Человек по желанию может задерживать или усиливать дыхание.

7. Функциональная система поддержания газового состава крови в организме

В процессе эволюции сформировались мощные гомеостатические механизмы, обеспечивающие нормальное снабжение тканей кислородом и удаление из них углекислого газа. При этом все процессы в организме направлены на поддержание оптимального для метаболизма уровня дыхательных показателей, к которым относятся: парциальное напряжение O_2 , CO_2 , H^+ в крови.

Функциональная система поддержания газового состава крови относится к сложным функциональным системам. Она организована на основе соподчинения двух подсистем, т.е. внешнего и внутреннего звена саморегуляции. Внешнее звено обеспечивает необходимый объем легочной вентиляции в каждом дыхательном цикле. Внутреннее звено обеспечивает оптимальный для метаболизма уровень дыхательных показателей в крови и тканях. В этой обобщенной ФС изменение внешнего дыхания (частоты, глубины дыхания, жизненной емкости легких) способствует поддержанию оптимального уровня тканевого дыхания.

Полезным для организма результатом в этой системе является оптимальный для метаболизма уровень дыхательных показателей (pCO_2 , pO_2 , pH) в крови. При этом, с одной стороны, имеющийся уровень метаболической активности, определяет потребность в этих показателях. С другой стороны, имеющийся уровень этих показателей, может обеспечить определенный уровень метаболизма.

Сигнализацию о потребности определенного уровня дыхательных показателей осуществляют специальные хеморецепторы, обладающие избирательной чувствительностью к изменениям pCO_2 , pO_2 , pH . Они расположены в сосудистых хеморецепторных зонах (в дуге аорты, в области каротидного синуса и др.). По нервным каналам связи (по симпатическим нервам и афферентным волокнам блуждающего нерва) эта информация поступает в дыхательный центр продолговатого мозга. Одновременно информация о величинах дыхательных показателей тканями мозга может восприниматься гуморальным путем за счет непосредственного воздействия HCO_3^- и H^+ ионов крови, спинномозговой жидкости на центральные хеморецепторы продолговатого мозга. Центр продолговатого мозга состоит из двух отделов: центра вдоха и центра выдоха, которые находятся в реципрокных взаимоотношениях друг с другом. Кроме того, дыхательный центр связан с ниже- и вышележащими структурами ЦНС, принимающими участие в регуляции дыхания.

В спинном мозге находятся центры, влияющие на дыхательную мускулатуру (шейный отдел содержит мотонейроны диафрагмального нерва и обеспечивает диафрагмальное дыхание; грудной отдел содержит мотонейроны межреберных нервов и

обеспечивает реберный тип дыхания). В варолиевом мосту находится пневмотоксический центр, который координирует смену акта вдоха и выдоха.

Исходящие влияния инспираторного отдела ДЦ на центры спинного мозга приводят к сокращению дыхательной мускулатуры, в результате чего возникает вдох и атмосферный воздух, насыщенный O_2 , заполняет альвеолы легких, где происходит газообмен между альвеолярным воздухом и кровью. Количество поступившего воздуха определяется показателями внешнего дыхания (дыхательным объемом, частотой дыханий, жизненной емкостью легких). Пропорционально степени растяжения легких во время вдоха в волокнах блуждающего нерва нарастает импульсация, которая при определенной частоте тормозит вдох и вызывает выдох. С выдыхаемым воздухом удаляется из организма CO_2 .

На активность дыхательного центра оказывают влияние вышележащие отделы головного мозга. Гипоталамус обеспечивает дыхательные реакции, связанные с изменением эмоционального состояния организма. Кора головного мозга принимает участие в организации условных дыхательных реакций, осознанном изменении внешнего дыхания, речи, поведения в экстремальных условиях изменения газовой среды.

Кроме основного исполнительного механизма – управления объемом легочной вентиляции, существуют другие исполнительные аппараты, которые могут косвенно влиять на уровень дыхательных показателей организма через ряд функций. К их числу относятся:

1. Изменение буферных свойств крови, влияющих на рН крови и связанные с соотношением компонентов основных буферных растворов крови. Эти изменения могут возникать за счет регуляции водносолевого режима организма, перестройки выделительной функции почек, ЖКТ, особенностей питания.

2. Изменение кардиогемодинамики: частоты сердечных сокращений, ударного объема крови, скорости кровотока.

3. Изменение крови: количества гемоглобина, кислородной емкости крови, количества эритроцитов, сродства гемоглобина к кислороду, эритропоэза и эритродиереза.

К факторам, влияющим на нормальное обеспечение тканей O_2 относятся:

1. Нормальная легочная вентиляция.

2. Нормальный транспорт газов кровью.

3. Нормальное кровообращение.

4. Нормальное биологическое окисление и утилизация продуктов метаболизма.

8. Недыхательные функции легких

Мукоцилиарное очищение. Вдыхаемые в легкие микрочастицы пыли задерживаются на слизистой оболочке носа и дыхательных путей. Направленные движения ресничек мерцательного эпителия слизистых оболочек постоянно выводят в сторону глотки из легких вместе со слизью инородные частицы и инфекционные факторы, которые удаляются при кашле, чихании или проглатывании слизи.

Легкие как экзогенный защитный барьер. Защитная функция легких выполняется фагоцитирующими клетками (нейтрофилами и альвеолярными макрофагами), иммунокомпетентными клетками (Т- и В-лимфоцитами) эпителия слизистой оболочки дыхательных путей с помощью иммуноглобулинов IgG, IgA, IgM. Белки сурфактанта SP-A и SP-D участвуют в местных иммунных реакциях. Опосредуя фагоцитоз, сурфактант опсонизирует бактерии, которые легче фагоцитируются альвеолярными макрофагами. Сурфактант активирует макрофаги и влияет на скорость их миграции в альвеолы из альвеолярных перегородок. Водный раствор сурфактанта предотвращает контакт альвеолярного эпителия с частицами пыли, инфекционными факторами, которые достигают альвеол с вдыхаемым воздухом. Наконец, сурфактант обволакивает инородные частицы, которые затем транспортируются из респираторной зоны легкого в дыхательные пути, из которых удаляются в процессе мукоцилиарного очищения.

Метаболическая функция. Альвеолоциты, тучные клетки и эндотелий капилляров легких осуществляют синтез сурфактанта, гепарина, лейкотриенов, простагландинов, активацию ангиотензина II, инактивацию серотонина, простагландинов, норадреналина и биологически активных веществ. Выделительная функция заключается в удалении с выдыхаемым воздухом паров воды и молекул летучих веществ, а также некоторой части тепла (терморегуляторная функция). Дыхательные мышцы выполняют познотоническую функцию, а нервный и мышечный аппараты дыхательной системы принимают участие в речеобразовании.

Лекция. Физиология пищеварения

1. Понятие о пищеварении. Функции пищеварительной системы.
2. Пищеварение в полости рта и акт глотания.
3. Пищеварение в желудке.
4. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке.
5. Пищеварительные функции печени.
6. Пищеварение в тонком кишечнике.
7. Пищеварение в толстом кишечнике.
8. Всасывание продуктов переваривания пищи.
9. Регуляция пищеварения.
10. Влияние мышечной работы на пищеварение.

1. Понятие о пищеварении. Функции пищеварительной системы.

Пищеварительная система представляет собой извитую трубку, которая начинается ротовым и заканчивается анальным отверстием, с примыкающими к ней слюнными железами, печенью и поджелудочной железой. Выделяют также понятие *пищеварительный тракт*, в который входят ротовой отдел, глотка, пищевод, тонкая и толстая кишки (кишечник). Желудок и кишечник составляют *желудочно-кишечный тракт* (схема 4).

Пищеварение – это сложный физиологический процесс, в ходе которого пища, поступившая в пищеварительный тракт, подвергается механическим и химическим превращениям, а содержащиеся в ней питательные вещества (вода, минеральные соли, витамины и продукты расщепления белков, жиров и углеводов) после расщепления всасываются в кровь и в лимфу. Физические изменения пищи заключаются в механической обработке, размельчении, набухании и растворении. Химические - состоят из ряда последовательных этапов расщепления белков, жиров, углеводов под влиянием гидролаз.

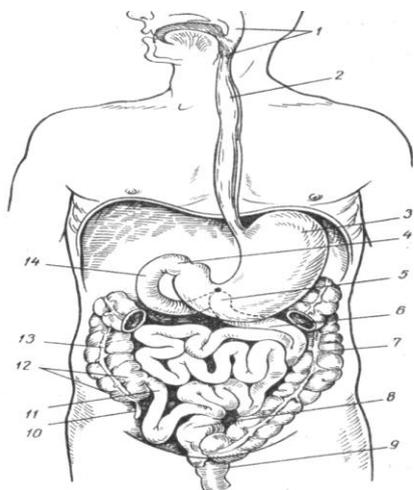


Схема 4. Пищеварительный тракт

1 - глотка; 2 - пищевод; 3- желудок; 4-место перехода желудка в двенадцатиперстную кишку, начало тонкого кишечника; 4-место перехода двенадцатиперстной кишки в тощую; 6 - тощая кишка тонкого кишечника (начало); 7- нисходящая ободочная кишка, начальный отдел толстого кишечника; 8-сигмовидная ободочная кишка; 9 - прямая кишка; 10-червеобразный отросток; 11-подвздошная кишка; 12-слепая кишка; 13-нисходящая ободочная кишка; 14-двенадцатиперстная кишка.

Железы пищеварительного тракта синтезируют 3 группы гидролитических ферментов:

1. *протеазы* - расщепляют белки до аминокислот;
2. *липазы* - расщепляют жиры и липиды до моноглицеридов и жирных кислот;
3. *карбогидразы* - расщепляют углеводы до моносахаридов.

Количество и соотношение ферментов зависят от принятой пищи.

В зависимости от происхождения гидролитических ферментов пищеварение делится на 3 типа: *аутолитическое* - за счет ферментов, входящих в состав пищевых продуктов растительного или животного происхождения; *симбиотное* - поставщиками гидролаз являются симбионты (бактерии, простейшие); *собственное* - за счет ферментов, которые синтезируются в данном макроорганизме.

По локализации: выделяют внутриклеточное и внеклеточное.

1. *внутриклеточное* – это гидролиз питательных веществ, попавших внутрь клетки путем фагоцитоза и пиноцитоза. Его роль невелика.

2. *внеклеточное* делится на *полостное* и *пристеночное*. *Полостное* - осуществляется на значительном расстоянии от места синтеза ферментов. Происходит во всех отделах пищеварительного тракта. *Пристеночное* (мембранное, контактное) - осуществляется ферментами, которые фиксированы на клеточной мембране, то есть, на мембране микроворсинок тонкого кишечника. При этом гидролиз питательных веществ сопряжен с последующим транспортом их в кровь и в лимфу.

Пищеварительная система выполняет пищеварительные и непищеварительные функции.

Пищеварительные функции:

1. *Моторная* - осуществляется мышечными волокнами пищеварительного тракта. Обеспечивает жевание, глотание, перемешивание пищи с пищевыми секретами, продвижение ее по пищеварительному тракту и выделение непереваренных остатков из организма. Это механическая обработка пищи.

2. *Секреторная* - выделение в просвет пищеварительного тракта пищеварительных соков, главными компонентами которых являются ферменты.

3. *Всасывание* - транспорт питательных веществ во внутреннюю среду организма.

Непищеварительные функции:

1. *Защитная* - пищеварительные соки обладают бактерицидным и бактериостатическим действием. Имеется местная иммунная система, которая блокирует действие микробов и вирусов (патогенных микроорганизмов). Имеются антитела. Слизистые оболочки пищеварительного тракта препятствуют также проникновению во внутреннюю среду организма непереваренной пищи, инородных веществ, бактерий.

2. *Метаболическая функция* заключается в кругообороте внутренних веществ между кровью и пищеварительным трактом, обеспечивающим возможность их повторного использования в процессах обмена веществ или пищеварительной деятельности. В условиях физиологического голода эндогенные белки периодически выделяются из крови в полость ЖКТ в составе пищеварительных соков, где они подвергаются гидролизу, а образующиеся при этом аминокислоты всасываются в кровь и включаются в метаболизм.

3. *Выделительная функция* заключается в выведении из крови с секретами желез в полость пищеварительного тракта продуктов обмена (например, мочевины, аммиака) и различных чужеродных веществ, поступающих в кровоток (соли тяжелых металлов, лекарственные вещества, изотопы, красители), вводимые в организм с диагностическими целями.

4. *Эндокринная функция* заключается в секреции гормонов, основными из которых являются: инсулин, глюкагон, гастрин, серотонин, секретин и др.

Перемешивание и продвижение пищевого комка (химуса) обеспечивается за счет сокращения гладких мышц, составляющих мышечный слой желудка и кишечника.

Основы современной физиологии пищеварения разработаны И.П. Павловым и его школой. Он внедрил и развил метод хронического опыта в исследовании функций пищеварительных желез. Благодаря вставлению фистулы в какой-либо отдел пищеварительного тракта у животных собирали чистый пищеварительный сок и изучали динамику его выделения. Фистулой называется искусственное сообщение полого органа или протока железы с внешней средой. За работы по пищеварению И.П. Павлова в 1904 году наградили Нобелевской премией.

2. Пищеварение в полости рта и акт глотания

В полости рта происходит механическая и химическая обработка пищи. Механическая обработка пищи осуществляется с помощью жевания. Процесс жевания произвольный. Тщательное измельчение пищи в процессе жевания значительно облегчает последующее переваривание и всасывание, стимулирует слюноотделение, оказывает рефлекторное стимулирующее влияние на секреторную и моторную деятельность ЖКТ, обеспечивает формирование пищевого комка (рис. 12).

Химическая обработка пищи в ротовой полости осуществляется с помощью слюны, которая вырабатывается в околоушных, подчелюстной и подъязычной слюнных железах, а также в железах языка и неба. За сутки выделяется 0,5 - 2,0 л слюны. Слюна различных желез несколько различается. Смешанная слюна на 99,5% состоит из воды, имеет рН 5,8 - 7,4. Одну треть сухого остатка составляют минеральные компоненты слюны, две трети - органические вещества. Слюна выполняет несколько функций.

1. Обеспечивает физическую обработку пищи: а) смачивание пищи, измельчение и гомогенизация при жевании; б) растворение веществ; в) ослизнение пищи в процессе жевания, что необходимо для формирования пищевого комка. Вязкость и ослизняющие свойства слюны обусловлены наличием *муцина*.

2. Химическая обработка пищи - переваривание углеводов - осуществляется ферментами слюны: *α-амилазой* (расщепляет крахмал и гликоген до мальтозы и глюкозы) и *мальтазы* расщепляет мальтозу до моносахаридов.

3. Слюна выполняет также защитную функцию. *Лизоцим* слюны обладает бактерицидным действием. Нуклеазы слюны участвуют в деградации нуклеиновых кислот вирусов. Слюна также содержит протеазы. Роль этих ферментов остается неясной, так как в ротовой полости и в желудке эти ферменты не действуют, липазы и другие ферменты. В слюнных железах вырабатывается гормон партоин. Средняя длительность пребывания пищи в полости рта 15 - 18 сек.

Состав и количество слюны зависят от характера пищи. Слюноотделение регулируется рефлекторно. Основной слюноотделительный центр расположен в продолговатом мозге.

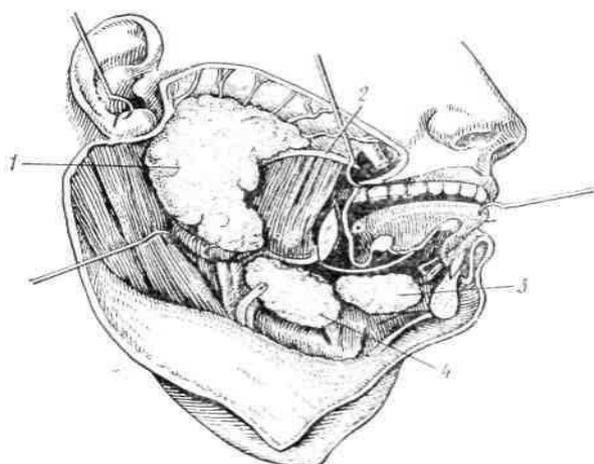


Рисунок 12. Слюнные железы человека:

- 1 – околоушная;
- 2 – проток околоушной железы;
- 3 – подъязычная;
- 4 – подчелюстная

Возбуждение парасимпатических нервов вызывает выделение жидкой слюны, а симпатических (II - V грудных сегментов) - выделение слюны, содержащей много ферментов и муцина.

Слюноотделение начинается по типу условных рефлексов в ответ на вид и запах пищи. Чувство страха угнетает секрецию слюны.

Глотание - рефлекторный акт, центр его находится в продолговатом мозге, на дне IV желудочка. В нем выделяют 3 фазы:

1. *Ротовая* (произвольная) - комок пищи перемещается на корень языка, где находится механорецепторы. Жевание прекращается. Гортань поднимается.

2. *Глоточная* (непроизвольная) перекрывает пути для пищевого комка в дыхательные и носовые пути. Заканчивается поступлением пищевого комка из глотки в пищевод. Длительность двух первых фаз - 1 сек.

3. *Пищеводная* - медленная, непроизвольная. Обеспечивает поступление пищевого комка в желудок за счет перистальтики.

Пищевод выполняет в основном транспортную функцию. Длительность прохождения воды по пищеводу - 1 сек, слизистой массы - 5 сек, твердой пищи - 9-10 сек. Регулируется блуждающим нервом.

3. Пищеварение в желудке

Пищеварительными функциями желудка являются: *депонирование пищи, ее механическая и химическая обработка, постепенная порционная эвакуация пищевого содержимого в кишечник*. Пища может задержаться в желудке от 3-х до 10-ти часов, в зависимости от химического состава и количества принятой пищи. Желудок выделяет до 2 - 2,5л желудочного сока, а вмещать может до нескольких килограмм пищи и воды. Пустой желудок периодически сокращается в течение 10 - 15 минут через каждые 1,5 - 2 часа.

Желудочный сок выделяется железами желудка. Он представляет бесцветную прозрачную жидкость с удельным весом 1,002 - 1,007. Он имеет кислую реакцию (рН 1,5 - 1,8) благодаря высокому содержанию соляной кислоты. Желудочный сок содержит небольшое количество слизи, состоит из воды (90 - 99,5%) и плотных веществ (1 - 0,5%) органического и неорганического происхождения. Неорганическими компонентами желудочного сока являются: соляная кислота, гидрокарбонаты, фосфаты, сульфаты, ионы Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} . Органические компоненты представлены азотсодержащими веществами небелковой природы, белками (в основном ферментами) и мукоидами.

Мукоиды формируют слизь. Один из них - гастромукопротеид, продуцируемый добавочными клетками желудка, связывается с витамином В₁₂, предохраняет его от разрушения, обеспечивает всасывание в тонкой кишке, поступление в кровь и участие в кроветворении. Слизь покрывает внутреннюю стенку желудка и защищает его от самопереваривания.

Основным ферментативным процессом в желудке является начальный гидролиз белков до альбумоз и пептонов с образованием небольшого количества аминокислот. *Протеазы* синтезируются *главными клетками желудочных желез* в виде нескольких *пепсиногенов*, активация которых запускается соляной кислотой, а в дальнейшем протекает под действием уже образовавшихся пепсинов.

Липаза в желудке не вырабатывается, хотя и содержится в небольшом количестве. Способна только расщеплять эмульгированные жиры (молоко). *Карбогидразы* также не секретируются в желудке, но гидролиз углеводов идет за счет карбогидраз слюны в центре содержимого желудка. В желудочном соке содержится также лизоцим, который придает соку бактерицидные свойства. *Уреаза* - фермент, расщепляющий мочевину при рН 8. образовавшийся при этом аммиак нейтрализует соляную кислоту.

Соляная кислота желудочного сока образуется в *обкладочных клетках*.

Функции соляной кислоты:

1. Вызывает денатурацию и набухание белков, что способствует их последующему расщеплению пепсинами.
2. Участвует в антибактериальном действии желудочного сока.
3. Активирует пепсиногены.
4. Создает кислую среду, которая необходима для действия пепсинов.
5. Участвует в регуляции моторной деятельности пищеварительного тракта.

Секрецию соляной кислоты в желудке стимулируют гастрин, гистамин, продукты гидролиза белков. Желудочный сок отделяется обильно только после приема пищи. На разные пищевые вещества отделяется разное количество различного по составу желудочного сока.

Регулируют функции желудка симпатические и парасимпатические нервы, а также гуморальные факторы. Симпатические нервы тормозят, а парасимпатические усиливают секреторную и моторную активность желудка. Гормон гастрин, вырабатываемый пилорическим желудком, гистамин, образующийся в слизистой желудка, и инсулин усиливают секреторную и моторную деятельность желудка, а секретин и холецистокинин - тормозят.

В секреторной деятельности желудка выделяют три фазы: 1 - сложнорефлекторная, 2 - желудочная, 3 - кишечная. *Сложнорефлекторная фаза* наступает при раздражении органов слуха, зрения, обоняния, когда пища еще не попала в рот, а также во время еды, когда пища находится в полости рта, т.е. является комплексом условных и безусловных рефлексов. Сокоотделение начинается через 10 мин. после раздражения рецепторов ("запальный сок") и продолжается в течение 2-3 часов. *Желудочная фаза* начинается при попадании пищи в желудок. Она имеет двойное происхождение и связана с механическим воздействием пищи на слизистую и стимулирующим влиянием веществ, всосавшихся в кровь при переваривании пищи в желудке. Гастрин усиливает секрецию ферментов, а гистамин - соляной кислоты. Жиры тормозят секрецию желудочного сока. *Кишечная фаза* связана со стимуляцией желез желудка химическими факторами через кровь после поступления пищи в 12-ю кишку. В слизистой 12-й кишки вырабатывается гормон энтерогастрин, стимулирующий секрецию желудочного сока. Ее также стимулируют продукты расщепления белков.

4. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке

В 12-перстной кишке пища подвергается действию сока, вырабатываемого слизистой этой кишки, сока поджелудочной железы и желчи. Вне пищеварения pH 12-й кишки слабощелочная (7,2-8,0). Поступление кислой пищи из желудка закисляет на некоторое время среду в 12-й кишке, а затем она нейтрализуется щелочными соками кишечника. Важное значение имеет сок поджелудочной железы, которого за сутки выделяется 1,5-2 л. В нем присутствуют ферменты - протеазы (*трипсин, химотрипсин, карбоксипептидазы*), *липаза, амилаза, нуклеазы*. *Трипсин* находится в виде неактивного предшественника - трипсиногена. Под влиянием энтерокиназы кишечного сока он превращается в трипсин. Трипсин превращает неактивный химотрипсиноген в химотрипсин. Трипсин и химотрипсин расщепляют белки, карбоксипептидазы - пептиды. *Амилаза* расщепляет полисахариды до моносахаридов, *липаза* - триглицериды до моноглицеридов и свободных жирных кислот. В поджелудочном соке содержится также *рибонуклеаза*, расщепляющая нуклеиновые кислоты до нуклеотидов. Раздражение парасимпатических нервов приводит к выделению небольшого количества сока, но богатого ферментами. Возбуждение симпатических волокон тормозит секрецию поджелудочной железы. Ее секреция может вызываться условнорефлекторно (при виде и запахе пищи) и безусловнорефлекторно. В 12-й кишке вырабатывается гормон *секретин*, который,

поступая в кровь, стимулирует секрецию поджелудочной железы (выделяется много сока, но бедного ферментами и богатого бикарбонатами). Холецистопанкреозимин способствует выделению сока, богатого ферментами.

5. Пищеварительные функции печени

Пищеварительные функции печени связаны с секретируемой ею желчью. Желчь вырабатывается печенью и по выводным протокам поступает в 12-ю кишку. Желчь вырабатывается непрерывно, значительная часть ее депонируется в желчном пузыре, где она концентрируется за счет всасывания воды стенкой пузыря. За сутки ее образуется около 0,5 - 1,5 л. Процесс образования идет непрерывно, а желчевыделение - поступление желчи в двенадцатиперстную кишку осуществляется периодически. В основном в связи с приемом пищи. Она представляет собой зеленовато-желтую жидкость слабощелочной реакции. Основные компоненты - *желчные кислоты* (холевая и дезоксихолевая) и *желчные пигменты* (билирубин и биливердин). Кроме того, в состав желчи входят холестерин и другие липиды, неорганические соли.

Функции желчи в пищеварении:

1. Эмульгирует жиры в двенадцатиперстной кишке.
2. Способствует омылению жирных кислот и их всасыванию.
3. Нейтрализует соляную кислоту желудочного сока.
4. Стимулирует секрецию поджелудочной железы.
5. Повышает активность ферментов, особенно липаз.
6. Инактивирует пепсины.
7. Способствует всасыванию жирорастворимых витаминов, холестерина, аминокислот и солей кальция.
8. Участвует в пристеночном пищеварении, облегчая фиксацию на энтероцитах ферментов.
9. Усиливает моторную и секреторную функции тонкой кишки.
10. Оказывает бактерицидное действие.
11. Активирует холицистокинин и тем самым усиливает моторику желчного пузыря.

Образование желчи усиливается блуждающим нервом, угнетается симпатическим. Сильными стимуляторами являются яичные желтки, желчные кислоты, мясо, молоко, хлеб. Эффективно стимулируют желчеобразование секретин, бомбезин, глюкагон. Кальцитонин, гастрин антихолицистокинин, симпатическая нервная система оказывают тормозное влияние на желчевыделение.

6. Пищеварение в тонком кишечнике

В тонком кишечнике осуществляются следующие формы пищеварения:

1. Полостное. Выделение ферментов в просвет кишечника и их взаимодействие с субстратами в просвете кишки.
2. Отторжение ферментов с клетками слизистой.
3. Пристеночное пищеварение.
4. Внутриклеточное пищеварение.

В нем продолжается переваривание пищи под влиянием пищеварительных соков, выделившихся в 12-перстной кишке. И плюс *собственный кишечный сок*, способный закончить переваривание белков, жиров и углеводов. За сутки образуется около 2,5 литра кишечного сока, принимающего участие в расщеплении белков, жиров и углеводов. Кишечный сок имеет щелочную реакцию, рН сока 7,2 - 8,6. Содержит ферменты пептидазы, расщепляющие белковые продукты до аминокислот; липазу, расщепляю-

щую жиры до глицерина и жирных кислот; амилазу, мальтазу, инвертазу, лактозу - набор ферментов, расщепляющих углеводы до глюкозы.

Функции тонкого кишечника:

1. Пищеварительные.
2. Всасывание.
3. Брожение (осуществляется с помощью многочисленных микроорганизмов).

На фоне пищеварения в кишечнике наблюдаются:

- а) маятникообразные движения;
- б) ритмическая сегментация;
- в) перистальтические волны;
- г) тонические сокращения.

1. *Маятникообразные* движения кишечника. Они совершаются благодаря ритмичным сокращениям продольных и круговых мышечных волокон. При сокращении продольных - происходит укорочение и расширение участка кишки, а круговых - сужение просвета и продвижение содержимого в сторону, противоположную сужению. Цель - перемешивание пищи с пищеварительными соками.

2. *Ритмическая сегментация* - возникает в результате одновременного сокращения в различных участках кишки. Вследствие этого содержимое кишечника то разделяется на части, то снова соединяется. Цель та же.

3. *Перистальтика* - выше пищевого комка образуется перехват за счет сокращения круговых мышц. А более дистально -- за счет сокращения продольных мышц - расширение. Цель: продвижение пищи по всему кишечнику.

4. *Тонические сокращения* – это длительные сокращения мышц кишки, которые могут иметь локальный характер или перемещаться по кишке с малой скоростью.

Ведущее значение в регуляции моторики тонкой кишки имеет интрамуральная нервная система (метасимпатическая). Интрамуральные нейроны обеспечивают координированные сокращения кишки. На интрамуральные механизмы регуляции оказывают влияние симпатические и парасимпатические нервные механизмы, а также гуморальные факторы. Парасимпатические усиливают, а симпатические - тормозят сокращения тонкой кишки. Усиливают моторику тонкой кишки: вазопрессин, брадикинин, серотонин, гистамин, гастрин, щелочи, кислоты, соли. Секретин тормозит моторику тонкой кишки.

7. Пищеварение в толстом кишечнике

В процессе переваривания пищи толстая кишка играет небольшую роль, так как пища почти полностью переваривается и всасывается в тонком кишечнике. Железы толстого кишечника выделяют небольшое количество сока, богатого слизью и бедного ферментами.

Большую роль в жизнедеятельности организма и функций пищеварительного тракта играет микрофлора толстого кишечника, где обитают миллиарды различных микроорганизмов (анаэробные и молочнокислые бактерии, кишечная палочка, стрептококки и др.). Нормальная микрофлора выполняет ряд функций:

- а) защищает организм от патогенных микробов;
- б) синтезирует витамины К и группы В (В₁, В₆, В₁₂), которые всасываются в толстой кишке и частично усваиваются организмом;
- в) инактивирует и разлагает ферменты (трипсин, амилазу, желатиназу и др.), поступившие из тонкого кишечника;
- г) сбраживает углеводы и вызывает гниение белков;
- д) продуцируют биологически активные вещества, оказывающие влияние на тонус кишечной стенки и всасывание воды и аминокислот.

В толстом кишечнике всасывается вода, содержимое сгущается, образуется кал, который состоит из остатков непереваренной пищи, слизи, желчных пигментов, бактерий. Опорожнение прямой кишки (дефекация) происходит рефлекторно. Центр этого рефлекса находится в пояснично-крестцовом отделе спинного мозга и обеспечивает непровольное опорожнение толстого кишечника. Произвольный акт дефекации происходит при участии центров продолговатого мозга, гипоталамуса и коры больших полушарий. Симпатические нервные влияния тормозят моторику прямой кишки, парасимпатические - стимулируют.

8. Всасывание продуктов переваривания пищи

Всасыванием называется транспорт в кровь и в лимфу различных веществ с поверхности, из полостей или из полых органов тела через клетки, их мембраны или межклеточные ходы.

Всасывание представляет собой сложный процесс и обеспечивается различными механизмами: *филтрацией*, связанной с разностью гидростатического давления в средах, разделенных полупроницаемой мембраной; *диффузией* веществ по градиенту концентрации; *осмосом*.

Всасывание происходит на всем протяжении пищеварительного тракта, но в разных отделах с различной интенсивностью. Способностью к всасыванию обладает эпителий слизистых оболочек всего пищеварительного тракта. Например, слизистая полости рта может всасывать в небольшом количестве эфирные масла, на чем основано применение некоторых лекарств. Невелики размеры всасывания в желудке: воды и растворимых в ней минеральных солей, слабых растворов алкоголя, глюкозы, в очень небольших количествах аминокислот. Основной процесс всасывания в тощей и подвздошной кишке. Всасывание в толстой кишке незначительно.

Углеводы всасываются в кровь в основном в виде глюкозы. Всасывание их происходит в двенадцатиперстной кишке и верхней части тощей кишки, но частично может осуществляться в желудке и толстом кишечнике.

Белки всасываются в виде аминокислот через слизистые оболочки двенадцатиперстной и тощей кишок. Некоторые аминокислоты могут всасываться в желудке и в проксимальной части толстого кишечника. После всасывания они по воротной вене поступают в печень, где происходит их дезаминирование и переаминирование.

Жиры всасываются в виде жирных кислот и глицерина только в верхней части тонкого кишечника. Жирные кислоты нерастворимы в воде, поэтому их всасывание, а также холестерина происходит только при наличии желчи. Только эмульгированные жиры могут частично всасываться без предварительного расщепления до глицерина и жирных кислот. Жирорастворимые витамины А, Д, Е и К также нуждаются в эмульгировании, чтобы быть адсорбированными. Большая часть жира всасывается в лимфу, затем через грудной проток он поступает в кровь. В кишечнике за сутки всасывается не более 150 - 160 г жира.

Вода и некоторые электролиты проходят через мембраны слизистой оболочки пищеварительного канала в обоих направлениях. Вода проходит путем диффузии. Наиболее интенсивное всасывание ее происходит в толстом кишечнике.

9. Регуляция пищеварения

Совокупность нейронов, которые определяют поведение человека и животного в отношении поиска и поедания пищи, называется *пищевым центром*. Мотивацию поиска и поедания пищи создают потребности в питательных веществах: белках, жирах и углеводах.

Ощущение голода возникает после эвакуации химуса из желудка и двенадцатиперстной кишки, мышечная стенка которых приобретает повышенный тонус и усиливается импульсация от механорецепторов пустых органов (сенсорная стадия состояния голода). При снижении питательных веществ в крови начинается метаболическая стадия состояния голода. Недостаток питательных веществ в крови воспринимается хеморецепторами сосудистого русла и непосредственно гипоталамусом. В латеральном гипоталамусе располагается центр голода. Раздражение электрическим током центра голода у животных вызывает гиперфагию - непрерывное поедание пищи, а его разрушение - афагию (отказ от пищи). Центр голода латерального гипоталамуса находится в реципрокных отношениях с центром насыщения вентромедиального гипоталамуса. При стимуляции этого центра наблюдается афагия, а при его разрушении - гиперфагия.

Нейроны этого пищевого центра находятся также в коре больших полушарий, лимбической системе, ретикулярной формации, гипоталамусе.

После приема достаточного количества пищи для удовлетворения пищевой потребности наступает стадия сенсорного насыщения. Стадия истинного насыщения наступает значительно позднее - через 1,5 - 2 ч с момента приема пищи, когда в кровь начинают поступать питательные вещества.

10. Влияние мышечной работы на пищеварение

Мышечная деятельность, повышая обмен веществ и энергии, увеличивает потребность организма в питательных веществах и, тем самым, стимулирует пищеварение. Однако, при интенсивных мышечных нагрузках пищеварение угнетается (торможение пищевых центров), сосуды кишечника и пищеварительных желез суживаются, обеспечивая усиление кровотока в работающих органах. После еды также снижается эффективность физической работы вследствие оттока крови от мышц к органам брюшной полости. Наполненный желудок приподнимает купол диафрагмы, что затрудняет работу органов дыхания и кровообращения. Поэтому сразу после еды не рекомендуется приступать к физической работе, а только через 2-2,5 часа. Умеренные физические упражнения активизируют деятельность толстого кишечника.

Лекция. Обмен веществ и энергии. Питание

1. Этапы образования энергии.
2. Методы измерения энергетических затрат.
3. Основной обмен. Должный основной обмен.
4. Принципы составления пищевых рационов.
5. Характеристика продуктов питания. Пищевые вещества и дополнительные компоненты пищи. Витамины.
6. Обмен белков, жиров и углеводов. Нормы потребления.

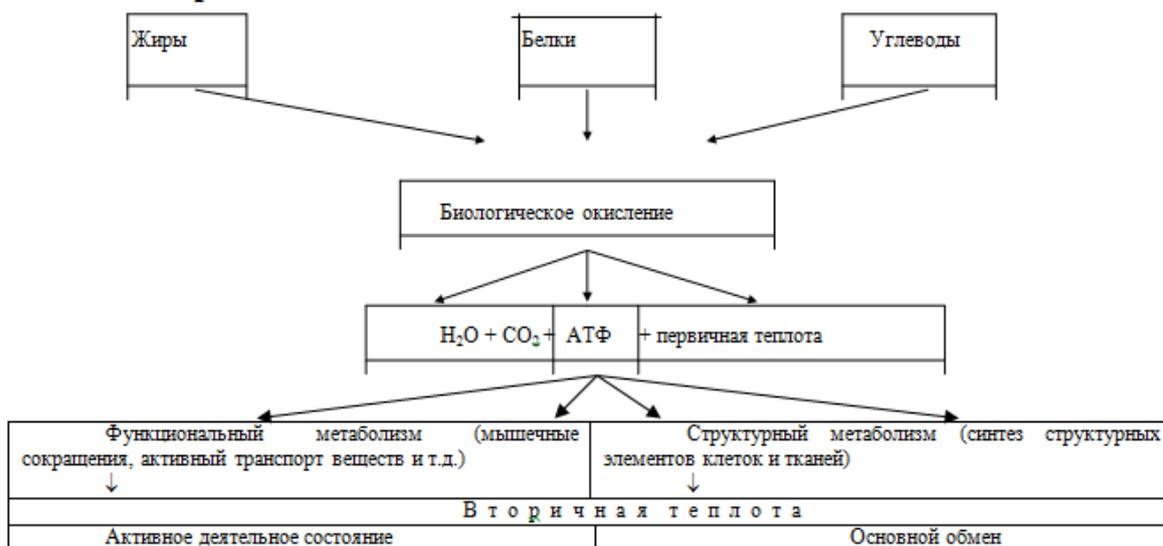
1. Этапы образования энергии

Обязательным условием существования организма человека, как и всех живых организмов, является постоянный обмен веществ и энергии с внешней средой. В ходе обмена веществ питательные вещества, богатые энергией, подвергаются химическим превращениям с выделением энергии, используемой организмом для обеспечения жизнедеятельности, а конечные продукты обмена веществ с низким содержанием энергии удаляются из клетки.

Обмен веществ, или метаболизм, делится на две основные группы процессов: ассимиляцию и диссимиляцию. *Ассимиляция, или анаболизм*, – это процессы усвоения веществ, поступающих в организм из внешней среды, образование более сложных ор-

ганических соединений из простых с запасанием энергии в макроэргических связях молекул АТФ. *Диссимиляция, или катаболизм*, – это распад сложных органических веществ, входящих в состав клеточных структур, до более простых веществ, сопровождающееся выделением энергии. Метаболизм жиров и углеводов служит главным образом для обеспечения физиологических функций (функциональный метаболизм), а метаболизм белков – для поддержания и изменения структуры организма (структурный метаболизм) (схему 4).

Схема. Энергия и обмен веществ



Этапы высвобождения и запасаания энергии в организме. Общая продукция энергии в организме включает выделенную энергию, израсходованную на внешнюю работу (мышечные сокращения, активный транспорт веществ, работа сердца и т.д.), теплопродукцию и запасенную энергию (в химических связях молекул, в первую очередь в связях молекул АТФ). Свободная энергия для организма поступает лишь с пищей. Она аккумулирована в сложных химических связях белков, жиров и углеводов. Чтобы освободить эту энергию (в ходе реакций катаболизма), питательные вещества вначале подвергаются гидролизу, а потом окислению в аэробных и анаэробных процессах.

I этап – гидролиз в желудочно-кишечном тракте: выделяется не более 0,5 % свободной энергии, в результате чего образуется небольшое количество тепла, используемое организмом для поддержания температуры тела.

II этап – процесс анаэробного окисления глюкозы до пировиноградной кислоты, в котором до 5 % свободной энергии аккумулируется в виде АТФ.

III этап – основной – процесс аэробного окисления глюкозы до CO_2 и воды в цикле трикарбоновых кислот или цикле Кребса. В нем происходит утилизация 94,5 % всей энергии. При этом 52 – 54 % энергии накапливается в АТФ, остальная часть выделяется в виде первичной теплоты. Образовавшаяся АТФ используется для совершения полезной работы, и ее энергия выделяется в виде вторичной теплоты.

Цикл Кребса связывает между собой катаболические и анаболические стадии метаболизма, т.к. промежуточные продукты цикла Кребса используются для синтеза мономеров в ходе реакций анаболизма. Из этих мономеров синтезируются клеточные полимеры – белки, жиры, углеводы – и используется энергия, запасенная в связях молекул АТФ.

Таким образом, часть аккумулированной в химических связях молекул жиров, белков и углеводов энергии в процессе биологического окисления используется для синтеза АТФ, а другая часть этой энергии сразу превращается в теплоту – так называемая *первичная теплота*. В результате же функционального и структурного метаболизма происходят расходование запасенной энергии и выделение ее в виде *вторичной теплоты*, то есть вся свободная энергия в конечном итоге превращается в тепловую энергию. Поэтому, измеряя количество тепловой энергии, выделяемой организмом, можно определить его *энергозатраты*.

2. Методы измерения энергетических затрат

Если измерить все количество тепла, образовавшегося в организме за час или сутки, то это будет мерой суммарной энергии химических связей питательных веществ, подвергшихся за это время биологическому окислению. Так как в процессе биологического окисления используется кислород, то по его потребленному количеству можно судить о величине энергозатрат организма. Количество выделенного тепла определяют с помощью прямой или непрямой калориметрии.

Прямая калориметрия заключается в прямом измерении количества тепла, непосредственно выделенного организмом в теплоизолированной камере. Однако из-за громоздкости и сложности используемого при этом оборудования данный метод применяется редко.

Непрямая калориметрия основана на измерении количества потребленного кислорода и выделенного CO_2 . Зная эти величины, вычисляют дыхательный коэффициент. *Дыхательный коэффициент* – это отношение объема выделенного CO_2 к объему поглощенного O_2 . Величина дыхательного коэффициента зависит от того, какие органические вещества подвергаются окислению. При окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, так как при полном окисления одной молекулы глюкозы используется одна молекула кислорода и выделяется одна молекула CO_2 . При окислении одной молекулы белков или одной молекулы жиров образуется меньше молекул CO_2 в расчете на одну потребленную молекулу кислорода, поэтому дыхательный коэффициент белков составляет 0,8, а жиров – 0,7. Когда в организме одновременно окисляются белки, жиры и углеводы, то дыхательный коэффициент колеблется от 0,7 (окисление только жиров) до 1 (окисление одних углеводов), и составляет в среднем 0,85.

Потребление кислорода сопровождается выделением тепла. *Калорический эквивалент кислорода* – это количество тепла, образующегося в организме при потреблении им 1 л кислорода. Подсчитав дыхательный коэффициент на основе измерения количества потребленного кислорода и выделенного CO_2 , можно определить калорический эквивалент кислорода.

Дыхательный коэффициент	Калорический эквивалент кислорода (ккал/л O_2)
0,71	4,7
0,75	4,73
0,8	4,8
0,85	4,86
0,9	4,92
0,91	4,98
1,0	5,05

Таблица 2. Зависимость калорического эквивалента кислорода (ккал/л) от дыхательного коэффициента

Затем величину калорического эквивалента кислорода умножают на количество потребленного кислорода и находят общее количество выделенного тепла или энергетические затраты организма в единицу времени. Так как при этом измеряют количество потребленного кислорода и выделенного CO_2 , то метод непрямой калориметрии носит также название *метода полного газового анализа*.

3. Основной обмен. Должный основной обмен

Основной обмен – это минимальный уровень энергозатрат, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма в условиях физического и эмоционального покоя. Эта энергия затрачивается на осуществление функций нервной системы, синтез веществ, работу ионных насосов, поддержание температуры тела, работу дыхательной мускулатуры, сердца и почек. Основной обмен определяют утром в состоянии лежа, при максимальном расслаблении мышц, в состоянии бодрствования, при температуре $20 - 22^\circ\text{C}$, натощак.

Величина основного обмена зависит от пола, возраста, роста, массы и площади поверхности тела, интенсивности метаболизма. Для взрослого человека основной обмен составляет примерно 1 ккал на 1 кг массы тела в час. У мужчин основной обмен в пересчете на единицу массы тела на 10 % больше, чем у женщин. Это связано с тем, что мужские половые гормоны оказывают стимулирующее действие на обменные процессы, а также с тем, что у мужчин относительно больше мышечной ткани и меньше жировой, чем у женщин. В среднем у мужчин основной обмен равен 1600 – 1700 ккал/сутки, у женщин – 1400 – 1500 ккал/сутки.

У детей процессы анаболизма преобладают над процессами катаболизма, поэтому у них значения основного обмена больше, чем у взрослых (в среднем 1,8 ккал/кг/ч в 7 лет и 1,3 ккал/кг/ч в 12 лет).

Интенсивность основного обмена примерно на 50 % обусловлена расходами энергии на поддержание работы печени и покоящейся скелетной мускулатуры.

Должный основной обмен отражает норму основного обмена для конкретного индивидуума с учетом пола, возраста, роста и массы тела. Он определяется по специальным таблицам. Особенно сильно величина основного обмена зависит от площади поверхности тела.

Закон Рубнера – закон поверхности тела: энергетические затраты теплокровного организма в покое прямо пропорциональны величине поверхности тела. Реальная величина основного обмена может отличаться от должного основного обмена не более чем на 15 %. При гиперфункции щитовидной железы основной обмен может превышать норму на 20 % и более.

Общий обмен энергии включает в себя энергозатраты организма в условиях активной деятельности и состоит из основного обмена, рабочей прибавки и специфического динамического действия пищи.

Специфическое динамическое действие пищи включает в себя усиление интенсивности обмена веществ и увеличение энергозатрат под влиянием приема пищи. Проявляется в течение 1 – 3 часов после приема пищи.

Рабочая прибавка – это энергозатраты на выполнение любых видов работ, производимых организмом. Величина рабочей прибавки зависит от вида деятельности человека. Например, при тяжелой мышечной работе энергозатраты могут быть во много раз больше, чем в состоянии физического покоя, при легкой физической работе и умственном труде расходы энергии увеличиваются на 20 – 30 %.

Величина общего обмена энергии отражает степень физической активности человека. Если она низкая, то это свидетельствует о гипокинезии или гиподинамии: на этом фоне возрастает риск развития атеросклероза, ишемической болезни сердца, яз-

венной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки и т.д. По данным ВОЗ, для поддержания высокой работоспособности каждому человеку необходимо ежедневно не менее 20 мин заниматься какой-либо физически активной деятельностью.

По международной классификации, предельно допустимая по тяжести работа не должна превышать по энергозатратам уровень основного обмена больше, чем в 3 раза (таблица 3)

Таблица 3 Энергозатраты различных профессиональных групп населения (по классификации ВОЗ)

Пол	Легкий труд	Средний труд	Тяжелый труд
Мужчины	1,7 основного обмена	2,7 основного обмена	3,8 основного обмена
Женщины	1,7 основного обмена	2,2 основного обмена	2,8 основного обмена

Например, энергозатраты организма увеличиваются при умственной работе в сочетании с легкой мышечной деятельностью и психоэмоциональным напряжением на 15 – 19 % и более, исходя из чего у работников умственного труда средние суточные затраты энергии составляют 2400 – 2800 ккал/сутки. В то же время у студентов, учитывая более интенсивный метаболизм и высокий уровень психоэмоциональной нагрузки, среднесуточные затраты, как правило, превышают этот уровень (около 3000 ккал/сутки). Соответственно по энергозатратам выделяют следующие категории труда: легкий труд (2200 – 3300 ккал/сутки), средний (2350 – 3500), тяжелый (2500 – 3700) и очень тяжелый труд (более 3500 ккал/сутки).

4. Принципы составления пищевых рационов

Под питанием понимают поступление, переваривание, всасывание и усвоение в организме веществ, необходимых для обеспечения жизнедеятельности, роста и развития организма. Поставщиками энергии являются жиры, углеводы и в меньшей степени белки. Количество энергии, выделяющейся при окислении 1 г углеводов или 1 г белков, равно 4,1 ккал, 1 г жиров – 9,3 ккал. Поэтому с точки зрения калорической ценности белки, жиры и углеводы могут быть взаимно заменены (2,3 г углеводов могут заменить по калориям 1 г жиров).

При расчете пищевых рационов необходимо учитывать степень усвояемости питательных веществ. Пища животного происхождения усваивается в среднем на 95 %, растительная пища – не более чем на 90 %.

Принципы составления пищевых рационов:

1. Полное обеспечение энергетических затрат организма. При соблюдении этого принципа масса тела поддерживается на стабильном уровне.

Должная, или идеальная, масса тела – это та, которая способствует поддержанию здоровья и максимальной продолжительности жизни.

Определение должной массы тела производят по специальным таблицам, или с помощью метода Брока, или на основе индекса Кетле.

По методу Брока массу рассчитывают, исходя из роста, однако при этом не учитываются пол, возраст и конституция:

Масса (кг) = рост – 100 (при росте до 165 см).

При росте 166 – 175 см: масса (кг) = рост – 105.

При росте больше 175 см: масса (кг) = рост – 110.

Индекс Кетле рассчитывают по формуле:

Индекс Кетле = Масса тела (кг)/рост (м²)

В норме индекс Кетле составляет 18,5 – 25.

2. Полное обеспечение потребностей организма в белках, жирах, углеводах, витаминах, минеральных элементах, воде и т.д. Обязательно должны присутствовать достаточные количества незаменимых аминокислот и ненасыщенных жирных кислот. Согласно теории адекватного питания (А.М. Уголев):

1) питание поддерживает молекулярный состав и возмещает энергетические и пластические расходы организма на основной обмен, внешнюю работу и рост;

2) необходимыми компонентами пищи служат не только нутриенты, но и балластные вещества;

3) нормальное питание обеспечивается не только за счет потока питательных веществ из желудочно-кишечного тракта, но и наличием биологически активных веществ в организме, регулирующих метаболизм.

4) в процессах усвоения питательных веществ и образования некоторых биологически активных веществ важную роль играет микрофлора кишечника.

С точки зрения теории адекватного питания, идеальная пища – это та пища, которая полезна данному человеку в данных условиях и адекватна состоянию человека.

3. Соблюдение регулярности и дробности питания. Наиболее оптимальным считается четырехразовое питание, однако в обычных условиях вполне приемлемо трехразовое питание: на завтрак 30 % калорийности, на обед 45 %, на ужин 25 %. Желательно, чтобы ужин был не позднее, чем за 2 – 3 часа до сна. Для того чтобы пищеварительная система работала наиболее эффективно, необходимо придерживаться режима питания, не спешить во время еды и тщательно пережевывать пищу. При склонности к излишней полноте рекомендуется питание небольшими порциями 5 – 6 раз в день.

5. Характеристика продуктов питания. Пищевые вещества и дополнительные компоненты пищи. Витамины

Организация правильного питания – это, как правило, компромисс между желаниями индивидуума, привычками, рекомендациями и возможностями удовлетворения потребностей в продуктах питания.

Основные компоненты пищи – это *нутриенты* (пищевые вещества). В их число входят белки, пептиды, незаменимые и заменимые аминокислоты, углеводы, липиды (жиры, жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды), водо- и жирорастворимые витамины и витаминоподобные вещества.

Витамины – это необходимые для жизнедеятельности низкомолекулярные органические соединения, синтез которых у организма данного вида отсутствует или ограничен (за исключением витамина D, который может синтезироваться в коже человека). Впервые понятие о витаминах сформулировал Н. Лунин.

В отличие от других пищевых веществ, витамины не являются пластическим материалом или источником энергии, поэтому потребность в этих веществах измеряется в очень малых количествах: от 200 мг (фолиевая кислота), до 2 мкг (цианкобаламин). Витамины делят на две основные группы: водорастворимые и жирорастворимые витамины. Почти все водорастворимые витамины, а также жирорастворимый витамин К являются коферментами или кофакторами биохимических реакций. Витамины А и D действуют не как кофакторы, а как индукторы синтеза белка (подобно стероидным гормонам). Все жирорастворимые витамины входят в состав клеточных мембран и проявляют антиоксидантное действие. Витамины-антиоксиданты – Е, С, Р, полифенолы защищают организм от действия свободнорадикальных продуктов, образующихся при окислительном стрессе. Все это делает витамины незаменимыми в жизнедеятельности клетки (см табл.).

Кроме водо- и жирорастворимых витаминов, есть еще витаминоподобные вещества: биофлавоноиды, пангамовая кислота (B^{15}), холин, метилметионин-сульфоний (витамин U), липоевая кислота, карнитин и др. Биофлавоноиды повышают проницаемость стенки капилляров, снижают интенсивность перекисного окисления липидов. Холин регулирует обмен жиров, карнитин необходим для усиления процессов образования энергии.

Гипервитаминозы. Для водорастворимых витаминов гипервитаминозы невозможны, т.к. они не накапливаются в организме. Что касается жирорастворимых витаминов, то в литературе описаны редкие случаи передозировки витаминов А и D, например, в случае потребления печени акулы или белого медведя.

Гиповитаминозы. В принципе авитаминоз невозможен, т.к. полное отсутствие какого-либо витамина приводит организм к гибели, тогда как гиповитаминозы наблюдаются в настоящее время достаточно часто. Водорастворимые витамины не накапливаются в тканях (кроме витамина B^{12}), поэтому они должны поступать в организм ежедневно. Жирорастворимые витамины способны накапливаться в тканях. Их недостаточность встречается реже.

Изменившиеся в конце XX века условия жизни и характер питания привели к изменениям наших представлений о потребности человека в витаминах. В рационе человека в начале XXI века значительную долю составляют рафинированные (т.е. высокоочищенные) и консервированные продукты, в которых зачастую содержание витаминов значительно ниже, чем в естественных источниках. Например, при изготовлении муки высших сортов теряется с отрубями до 80 – 90 % всех витаминов. При экстрагировании, дезодорировании и осветлении растительных масел разрушаются жирорастворимые витамины, то же происходит и при хранении масла на свету. Легко разрушается при хранении на свету и при тепловой обработке аскорбиновая кислота. Витамины А, Е и К устойчивы при нагревании и при варке пищи, но очень чувствительны к свету и кислороду воздуха.

Кроме того, у большинства современных людей значительно снизились физические нагрузки, что привело к уменьшению энергозатрат и, соответственно, уменьшению объемов потребляемой пищи, а это сопровождается уменьшением поступления в организм содержащихся в пище витаминов.

Другими причинами гиповитаминозов могут быть заболевания пищеварительной системы и изменения состава нормальной кишечной микрофлоры, увеличение потребности в витаминах при физических нагрузках, умственном напряжении, беременности, в период усиленного роста организма, при старении (из-за ухудшения их усвоения). К тому же недостаток одного витамина может привести к ухудшению усвоения другого витамина.

Особенности витаминного дефицита в современных условиях:

- выявляемый дефицит касается не одного витамина, а носит характер полигиповитаминоза;
- дефицит витаминов выявляется не только зимой и весной, но практически круглый год;
- у значительной части детей, беременных и кормящих матерей полигиповитаминоз сочетается с недостатком железа, что приводит к развитию витаминно-железодефицитных анемий;
- полигиповитаминоз часто сочетается с недостаточным поступлением йода, селена, кальция, фтора и некоторых других макро- и микроэлементов;
- полигиповитаминозы выявляются практически у всех групп населения;
- недостаточное потребление витаминов B^6 , B^9 и B^{12} является причиной увеличения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, а недостаток антиоксидантов

усиливает повреждающее действие ионизирующей радиации и усиливает риск развития опухолей.

Кроме нутриентов, в состав пищи входят также *дополнительные компоненты пищи*, к которым относятся:

– балластные соединения (пищевые волокна целлюлоза и пектин), которые стимулируют моторику и секрецию кишечника, уменьшают риск развития запоров и геморроя;

– защитные компоненты пищевых продуктов (вещества, участвующие в обеспечении функции барьерных тканей; вещества, улучшающие обезвреживающую функцию печени; факторы защиты против микроорганизмов и вирусов (фитонциды); факторы, проявляющие антиканцерогенный эффект);

– вкусовые и ароматические вещества, улучшающие вкусовые качества и повышающие аппетит;

– антипищевые компоненты, которые не обладают токсичностью, но блокируют или тормозят усвоение нутриентов. Например, антиферменты и авитамины, содержащиеся в сырых бобовых, сырой рыбе, сырых яйцах и разрушающиеся при термической обработке);

– компоненты пищи, неблагоприятно влияющие на организм, в том числе канцерогенные вещества (полициклические ароматические углеводороды содержатся в обугленных участках пищевых продуктов, в перегретых жирах, в продуктах копчения), природные токсические соединения (лектины, нарушающие всасывание в тонком кишечнике, содержатся в бобовых, арахисе, проростках растений, икре рыб; разрушаются при термической обработке; цианогенные амины содержатся в ядрах косточек миндаля, абрикосов, вишен).

6. Обмен белков, жиров и углеводов. Нормы потребления

Нормы питания основаны на данных научных исследований об обмене белков, жиров, углеводов и т.д. и их потребности для организма, исходя из возможности или невозможности их синтеза в организме. Так, незаменимые аминокислоты, незаменимые жирные кислоты, все минеральные вещества и витамины должны поступать с пищей.

Белки находятся в состоянии непрерывного обмена и обновления. Количество белка, распавшегося за сутки в организме взрослого здорового человека, равно количеству образовавшегося. Животные существа могут усваивать азот только в составе аминокислот, поступающих в организм с белками пищи. В состав белков входят более 20 аминокислот. Незаменимые аминокислоты – это те, которые не могут синтезироваться в организме: валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, триптофан, треонин, фенилаланин, аргинин и гистидин.

Энергетическая ценность белков невелика. Пластическая роль белков заключается в том, что из аминокислот происходит синтез структурных белковых молекул клетки, пептидных гормонов, ферментов, которые нужны организму. Скорость распада и обновления белков различна. Период полураспада белков-гормонов равен минутам или часам, тогда как белки мышц обновляются в течение примерно 180 суток. В среднем белки организма обновляются за 80 суток. В белке содержится около 16 % азота, следовательно, выделение организмом 1 г азота соответствует распаду 6,25 г белка. За сутки из организма выделяется 3,7 г азота, т.е. распадается примерно 23 г белка.

При азотистом равновесии количество поступившего с пищей азота равно количеству азота, выведенному из организма. Положительный азотистый баланс (задержка азота) наблюдается при увеличении массы мышечной ткани, в период роста организма, беременности, выздоровления после тяжелого заболевания. Отрицательный азотистый баланс может быть при питании неполноценными белками (например, в растительных

белках не хватает лизина для полноценного синтеза животных белков), при белковом голодании и т.д.

Нормы потребления белков. Белки составляют 20 % сухой массы клеток, не откладываются про запас. Белки животного происхождения усваиваются примерно на 90 %, белки растительного происхождения – на 50 – 60 %, поэтому 55 % белков в сутки должно потребляться из пищи животного происхождения. ВОЗ рекомендует употреблять в сутки не менее 0,75 г/кг или при массе 70 кг примерно 52,5 г белка/сутки. Всего в суточном рационе должно быть 55 – 60 г белка, а желательнее – 85 – 90 г (не менее 1 г/кг в сутки). У детей потребность в белках составляет 1,5 – 4 г /кг/сутки, у беременных женщин может достигать 3 – 4 г/кг/сутки.

Углеводы организм получает, главным образом, в виде растительного полисахарида крахмала и немного в виде животного полисахарида гликогена. В желудочно-кишечном тракте они расщепляются до моносахаридов. Основной из них – глюкоза. При повышении ее содержания в крови происходит усиление превращения ее в гликоген печени. У взрослого человека запасы гликогена составляют 150 – 200 г. По мере уменьшения содержания глюкозы в крови происходит увеличение распада гликогена, а также активируется глюконеогенез – образование глюкозы из молочной кислоты и аминокислот.

Глюкоза является источником энергии для большинства клеток организма, а для клеток головного мозга это единственный источник энергии.

Нормы потребления углеводов. 55 % суточной энергии образуется при катаболизме углеводов. Основным источником углеводов – растения, которые содержат до 80 – 90 % углеводов (крахмал, клетчатка). В сутки человеку необходимо потреблять 400 – 500 г углеводов, в том числе крахмала – 350 – 400 г, моно- и дисахаридов – 50 – 70 г, балластных веществ – 25 г.

Липиды – в организме человека это, главным образом, нейтральные сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот. Высшие жирные кислоты, входящие в состав липидов, бывают насыщенные и ненасыщенные. Липиды играют в организме энергетическую и пластическую роль. При окислении липидов образуется больше АТФ и тепла, чем при окислении белков и углеводов. За счет окисления жиров обеспечивается более 30 % всей потребности в энергии. Жиры могут откладываться в жировых депо, составляя 10 – 20 % массы тела. Основным источником синтеза жиров в организме являются углеводы. Жировые депо находятся в подкожно-жировой клетчатке, в большом сальнике, околопочечной клетчатке. При действии на организм холода, в состоянии голода, при физической или психоэмоциональной нагрузке происходит интенсивное расходование жиров (липолиз).

Особый вид жира – бурый жир, находится в межлопаточной области, вдоль крупных сосудов грудной и брюшной полостей, в затылочной области шеи. У взрослого человека масса бурой жировой ткани достигает 0,1 % массы тела. В митохондриях бурой жировой ткани имеется специальный механизм, благодаря которому в ходе метаболизма образующаяся энергия в меньшей степени запасается в виде АТФ, а в большей – выделяется в виде тепла.

В плазме крови липиды содержатся в виде особых частиц – липопротеидов. У них снаружи находятся белковые и фосфолипидные окончания, которые образуют полярную, гидрофильную поверхность, а внутри «запрятаны» нейтральные молекулы триглицеридов и холестерина.

Все липиды и их компоненты могут синтезироваться в организме, кроме полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой), поэтому они являются незаменимыми. Из них образуются такие биологически активные вещества,

как простагландины, простаглицлины и др. Недостаток незаменимых жирных кислот может приводить к задержке роста, нарушению функции почек, заболеваниям кожи.

Нормы потребления жиров. Жиры должны обеспечивать не более 30 % суточной потребности в энергии. Избыточное питание, гиподинамия, снижение функции половых желез и щитовидной железы способствуют отложению жиров. Пищевой жир растительного происхождения содержит ненасыщенные жирные кислоты, а также фосфатиды, которые необходимы для нормальной функции ЦНС. При недостатке фосфатидов происходит откладывание нейтральных жиров в клетках печени, что ведет к ее жировому перерождению. Они содержатся в нерафинированных растительных маслах. Нормы потребления жиров: всего 80 – 100 г в сутки, из них 25 – 30 г составляют растительные масла, 30 – 35 г – сливочное масло.

При ожирении повышается риск заболевания ишемической болезнью сердца, развития нарушений липидного обмена и гормонального статуса.

Лекция. Физиология выделения

1. Функции выделения. Функции почек.
2. Процесс мочеобразования: фильтрация, реабсорбция, секреция.
3. Регуляция мочеобразования.
4. Мочеотделение и мочевыведение.
5. Влияние мышечной работы на функцию выделения.

1. Функции выделения. Функции почек

Выделение – это процесс освобождения организма от продуктов обмена, которые не могут использоваться организмом, чужеродных и токсических веществ, избытка воды, солей, органических соединений. К органам выделения относят: почки, легкие, сальные железы, потовые железы, желудочно-кишечный тракт, слизистые оболочки, слюнные железы.

Легкие выделяют углекислый газ, пары воды, некоторые летучие вещества: пары эфира, алкоголь, газы автотранспорта и промышленных предприятий.

Слюнные железы, железы желудка и кишечника - соли тяжелых металлов, лекарственные вещества, небольшое количество мочевины и мочевой кислоты. С помощью печени через желудочно-кишечный тракт удаляются из крови гормоны и продукты их превращений, продукты обмена гемоглобина, конечные продукты обмена холестерина - желчные кислоты.

Потовые железы выделяют воду, соли натрия, калия, кальция, креатинин, мочевую кислоту, мочевины.

Выделение воды различными органами распределяется следующим образом: около 1,5 л выводится с мочой, 100 мл - с калом и примерно по 500 мл удаляется в виде паров с поверхности кожи и через легкие. Таким образом, многие органы участвуют в процессах выделения, они взаимодействуют между собой, образуя систему выделения. Однако, истинным органом выделения является почка.

Функции почки:

1. Выводит из организма конечные продукты азотистого обмена и чужеродные вещества: мочевины, мочевую кислоту, креатинин, аммиак.
2. Осуществляет экскрецию (выделение) лекарственных и избытка органических веществ.
3. Регулирует объемы циркулирующей крови, внутри- и внеклеточной воды, постоянно осмотического давления, ионный состав плазмы, регулирует кислотно-щелочное равновесие.

4. В эпителии проксимальных канальцев из профильтрованных белков происходит их гидролиз и образование аминокислот.

5. При голодании в почках за счет глюконеогенеза образуется до 50% глюкозы. Почка участвует также в обмене липидов.

6. Выработка биологически активных веществ: ренин, тромбопластин, серотонина, ряда веществ, обладающих свойствами гормонов. Ренин является компонентом ренин-ангиотензиновой системы. Он определяет скорость продукции высокоактивного пептида ангиотензина-II из ангиотензина-I. Основным результатом действия ангиотензина-II является увеличение давления крови и задержка натрия в организме.

7. Продуцируются простагландины, брадикинин - участвуют в регуляции мозгового кровотока почки.

8. В почках образуется эритропоэтин, который стимулирует продукцию эритроцитов костным мозгом. Стимулом к секреции эритропоэтина является снижение напряжения кислорода в крови, что возникает при артериальной гипоксии, при анемии, неадекватном почечном кровотоке.

9. Завершается процесс конверсии витамина Д₃, регулирует процесс реабсорбции Ca₂₊ в кишечнике и в почках.

Таким образом, за счет продукции биологически активных веществ и гормонов почка участвует в регуляции системного артериального давления, эритропоэза, гемостаза и тем самым обеспечивает поддержание постоянства состава внутренней среды организма.

2. Процесс мочеобразования: фильтрация, реабсорбция, секреция

Почки расположены вне брюшной полости, по одной с каждой стороны позвоночного столба, вблизи аорты. Почечная артерия короткая, отходит от аорты под острым углом, поэтому почки интенсивно снабжаются кровью. Медиальная граница почки имеет углубление (ворота почки), через которое проходят сосуды и нервы почки, здесь же располагается лоханка - воронкообразное продолжение верхней части мочеточника. Паренхима почки имеет сложное строение, в ней можно выделить две зоны: корковое (наружное) и мозговое (внутреннее) вещество.

Структурной и функциональной единицей почки является *нефрон*. В каждой почке человека содержится до 1,3 млн. нефронов, а по некоторым данным - до 4 млн.

Нефрон начинается с почечного тельца (*мальпигиево тельце*), которое содержит клубочек кровеносных капилляров, окруженный двустенной капсулой *Шумлянского-Боумена*. Затем идет *проксимальный извитой каналец*, *петля Генле* и *дистальный извитой каналец*, *впадающий в собирательную трубку*.

Почечный клубочек представляет собой скопление капилляров, в которое кровь поступает по приносящей артериоле и оттекает по выносящей. Диаметр *приносящей артериолы* значительно больше, чем выносящей. Мышечная стенка *приносящей артериолы* выражена лучше, чем у выносящей. Это указывает на возможность регуляции просвета приносящей артериолы.

Вблизи от приносящей и выносящей артериолы располагается дистальный извитой каналец. Эта часть нефрона очень плотно прилегает к корню клубочка и получила название *плотного пятна*. Оно очень тесно контактирует с приносящей артериолой. В стенке приносящей артериолы располагаются особые гладкомышечные клетки - *юкстагломерулярные*. Они продуцируют *ренин*. Эти клетки реагируют на изменение кровяного давления в приносящей артериоле. Если давление в приносящей артериоле возрастает, то продукция ренина снижается, а при уменьшении давления - наоборот, продукция ренина увеличивается. Ренин вызывает образование *ангиотензина II*, кото-

рый повышает системное кровяное давление, и тем самым увеличивает кровоток через почечные клубочки.

В почке самый большой удельный (на единицу массы) кровоток: две почки составляют 0,4% от общей массы тела, а количество крови, проходящее через них, составляет около 25% от минутного объема крови, т.е. удельный кровоток в почке в 60 раз больше, чем во всем теле.

Образование конечной мочи является результатом 3 процессов: *фльтрации, реабсорбции и секреции*.

Фльтрация воды и низкомолекулярных компонентов плазмы через клубочковый фильтр обусловлена разностью между гидростатическим давлением крови в капиллярах клубочка (70 мм рт ст), онкотическим давлением белков плазмы крови (около 30 мм рт ст) и гидростатическим давлением ультрафильтрата плазмы крови в капсуле клубочка (около 20 мм рт ст). Этот фильтрат, называемый первичной мочой, стекает в полость Боуменовской капсулы.

Первичная моча – это плазма крови, лишенная белка: содержит: глюкозу, мочевину, мочевую кислоту, креатинин, соли, ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Q , бикарбонаты, фосфаты, аминокислоты.

В почках человека за сутки образуется до 180 л первичной мочи, а выделяется 1 - 1,5 л мочи. Остальная жидкость *реабсорбируется* в канальцах (всасывается – это возврат веществ из канальцев в интерстиций и в кровь).

В проксимальном канальце полностью реабсорбируются аминокислоты, глюкоза, витамины, микроэлементы, значительные количества Na , бикарбоната, хлора и других. *Реабсорбция* обеспечивает сохранность необходимых организму веществ. Обеспечивается с помощью диффузии, осмоса, с помощью Na -зависимого транспорта. В последующих отделах нефрона всасываются только ионы и вода.

Эпителий почечных канальцев обладает способностью к избирательной реабсорбции.

Вещества, которые не подвергаются обратному всасыванию и полностью выводятся в окончательной моче, получили название *непороговых веществ* (мочевина, креатинин, сульфаты и другие).

Вещества, которые при недостатке их в крови всасываются в канальцах обратно и начинают выделяться из организма только при достижении концентрации их в крови известного порога, названы *пороговыми веществами* (сахар, NaCl , бикарбонаты и др).

Канальцевая секреция состоит в том, что клетки эпителия нефрона захватывают некоторые вещества из крови и межклеточной жидкости и переносят их в просвет канальца.

Другой вариант *канальцевой секреции* заключается в выделении в просвет канальца новых органических веществ, синтезированных в клетках нефрона, а также аммиака и ионов водорода. Ее назначение - выведение из организма ненужных токсичных веществ.

3. Регуляция мочеобразования

Образование мочи зависит, с одной стороны, от функционального состояния самой почки, с другой - от давления в сосудах клубочков, проницаемости капилляров, количества действующих клубочков. Также зависит: от общего состояния кровообращения, уровня давления белков плазмы, интенсивности работы потовых желез.

Деятельность почек регулируется *нервным и гуморальным путем*. Нервная регуляция деятельности почек осуществляется вегетативной нервной системой. Активация симпатической нервной системы вызывает сужение сосудов почки, уменьшение фильтрации и снижение диуреза. Увеличивается канальцевая реабсорбция натрия и воды. В отдельных случаях активация симпатической нервной системы может вызвать временное прекращение диуреза, например, на фоне психоэмоционального стресса.

Раздражение волокон блуждающих нервов вызывает усиление реабсорбции глюкозы и секреции органических кислот.

Работа почек, как и других органов, регулируется корой больших полушарий. Условно-рефлекторно можно вызвать как увеличение, так и уменьшение мочеобразования. Болевые реакции прекращают мочеобразование. Почки могут работать после полного устранения нервных связей (денервации).

Для почек большое значение имеет гуморальная регуляция. Одним из важнейших гормонов, влияющих на функции почек, является антидиуретический гормон (АДГ). АДГ уменьшает диурез, сберегает воду в организме и повышает концентрацию мочи. Повышает также реабсорбцию мочи в дистальных отделах нефронов и собирательных трубочек. В отсутствие АДГ образуется большое количество гипотонической мочи. Максимальный диурез в этом случае может достигнуть 25 л/сут. Это наблюдается у больных несхарным мочеизнурением, характеризующимся недостаточностью АДГ.

Деятельность почки находится под контролем минералокортикоидов и глюкокортикоидов коры надпочечников. Одним из наиболее эффективных минералокортикоидов является альдостерон. Этот гормон регулирует реабсорбцию натрия, секрецию калия и ионов водорода в канальцах почек. Под его влиянием происходит задержка натрия и воды в организме. Альдостерон также уменьшает реабсорбцию кальция и магния в проксимальных канальцах. Гормоны коры надпочечников влияют на выделение продуктов белкового обмена.

Паратгормон увеличивает реабсорбцию кальция и тормозит реабсорбцию фосфатов. Паратгормон угнетает реабсорбцию ионов Na^+ и HCO_3^- в проксимальных канальцах и активирует реабсорбцию магния в восходящем колоне петли Генле. Тиреокальцитонин способствует экскреции кальция и фосфата почками.

Натрийретический гормон усиливает выделение ионов натрия и воды с мочой.

Адреналин оказывает двойное влияние на объем фильтрации. Высокие его концентрации уменьшают фильтрацию и снижают мочеобразование вплоть до анурии. Низкие концентрации адреналина увеличивают фильтрацию и диурез. Адренкортикотропный гормон передней доли гипофиза усиливает отделение мочи. Тироксин угнетает реабсорбцию и усиливает выведение воды из организма.

4. Мочеотделение и мочевыведение

Непрерывно образующаяся в почках моча по мочеточникам поступает в мочевой пузырь. Выделяют фазу накопления мочи. Она продолжается от 2 - 3 до 5 часов и больше. В норме за сутки осуществляется 5 - 6 опорожнений.

Мочевой пузырь имеет сильно развитые мышечные стенки, которые при сокращении выжимают мочу из пузыря через мочеиспускательный канал наружу. Всю массу мышечных волокон стенок мочевого пузыря называют детрузор.

В мочеиспускательном канале в месте его выхода из пузыря имеется внутренний произвольный сфинктер. Он закрывает выход из пузыря. Несколько ниже в мочеиспускательном канале расположен второй, произвольный сфинктер. Таким образом, выход из пузыря закрыт двумя сфинктерами.

Тонус мускулатуры мочевого пузыря регулируется симпатической и парасимпатической нервными системами. Парасимпатическая нервная система вызывает сокращение детрузора и расслабление сфинктера и тем самым обуславливает выход мочи из пузыря.

Симпатическая нервная система действует наоборот: расслабляет детрузор и сокращает сфинктер, то есть, способствует накоплению мочи в пузыре.

При достижении нормальной емкости пузыря - 150 - 250 мл, усиливается поток импульсов от баро- и механорецепторов расположенных в стенке пузыря в спинальные центры мочеиспускания, а также к центру мочеиспускания в гипоталамусе и коре больших полушарий.

Возникает позыв к мочеиспусканию и мочеиспускательный рефлекс. В физиологических условиях рефлекс может быть произвольно вызван или подавлен. Акт мочеиспускания идет благодаря сокращению детрузора.

Когда мочеиспускание начинается, давление в мочевом пузыре снижается, и поток импульсов в центральную нервную систему уменьшается, но опорожнение продолжается, так как, идя по уретре, моча (как электролит) возбуждает имеющиеся здесь рецепторы, которые поддерживают сокращение детрузора. После опорожнения мочевой пузырь пуст. Произвольная задержка мочеиспускания отсутствует у новорожденных и появляется к концу первого года жизни и обусловлена развитием условнорефлекторных влияний.

5. Влияние мышечной работы на функцию выделения

При мышечной работе в организме возникает ряд изменений, которые отражаются как на деятельности почек, так и потовых желез.

В кровь поступает ряд продуктов обмена: молочная кислота, углекислый газ, фосфорная кислота, креатинин и другие, которые выделяются почками и потовыми железами.

При мышечной работе повышается системное артериальное давление, кровоснабжение почек при этом может снизиться за счет перераспределения крови и резкого сужения почечных артерий. Если в мальпигиевых клубочках давление падает до 30 -35 мм рт.ст. и меньше, образование мочи прекращается. В связи с этим, у спортсменов при выполнении физических упражнений наблюдается снижение, а иногда и полное прекращение мочеобразования. Уменьшение диуреза сопровождается повышением в моче содержания различных веществ: молочной кислоты, конечных продуктов белкового обмена.

Деятельность потовых желез при мышечной работе усиливается вследствие повышения температуры тела.

Концентрация в моче молочной кислоты после мышечной работы максимальной и субмаксимальной интенсивности может достигать 0,22 - 0,24%. При работе умеренной интенсивности до 0,005 - 0,06%.

После напряженной работы и при недостаточном снабжении тканей кислородом иногда в моче появляются продукты неполного расщепления жирных кислот.

После мышечных напряжений и эмоциональных переживаний в некоторых случаях у спортсменов в моче появляется белок. Появлению в моче белка способствует повышение в крови концентрации молочной кислоты и недостаточное снабжение почек кислородом.

Белок в моче после мышечной нагрузки у нетренированных лиц встречается чаще и в большем количестве, чем у тренированных. Однако он может встречаться у высококвалифицированных, в особенности при незначительном или полном отсутствии потоотделения. Количество белка при этом колеблется от следов до 1,0% и длится до суток. Это явление физиологическое и расценивается у взрослых лиц как показатель тяжести работы.

Лекция. Терморегуляция

1. Понятие о теплообмене.
2. Температура «ядра» и «оболочки» тела. Температура тела человека. Кожная температура.
3. Механизм теплопродукции.
4. Механизм теплоотдачи.
5. Гипотермия и гипертермия.
6. Нейрогуморальные механизмы терморегуляции.
7. Регуляция температуры тела при мышечной работе.

1. Понятие о теплообмене

Живой организм продуцирует тепло, которое идет на нагревание тела. Количество тепла, необходимое для нагревания ткани на 1°C, называется удельной теплоемкостью тела человека. И равна в среднем 0,83 ккал 1 кг на 1°C (для воды ккал/кг/градус).

Накопление тепла в организме могло бы повысить температуру тела и привести к нарушению жизнедеятельности. Однако такого не происходит, так как в норме в условиях покоя скорость продукции тепла равна скорости ее потери. Это носит название теплового баланса.

Совокупность процессов, обеспечивающих поддержание стабильной внутренней температуры тела, несмотря на значительные колебания внешней температуры, называется *терморегуляцией*.

У большинства животных температура тела не регулируется и зависит в основном от температуры среды. Такое состояние температуры тела получило название *пойкилотермия*, а животные - *пойкилотермные (холоднокровные)*.

Млекопитающие относятся к *гомойотермным* организмам (теплокровным), у которых имеет место постоянство температуры тела (изотермия).

Оптимальная температура тела у человека составляет 37°C. Верхняя летальная температура - 43,4°C. При более высокой температуре начинается внутриклеточная денатурация белка и необратимая гибель; нижняя летальная температура 24°C. Температура влияет на процессы возбуждения, скорость и интенсивность сокращения мышц, процессы секреции, всасывания, ассимиляции и диссимиляции, защитные реакции клеток и тканей. Определяет такие физико-химические процессы, как вязкость, набухание коллоидов, поверхностное натяжение.

2. Температура «ядра» и «оболочки» тела. Температура тела человека. Кожная температура

Температура «оболочки» тела – это температура тканей, расположенных не глубже 3-х сантиметров от поверхности тела (кожа, подкожная клетчатка, поверхностные мышцы). Температура «оболочки» тела во многом зависит от внешней температуры. Амплитуда колебаний температуры оболочки составляет 10 - 15°C. Температура кожи лба, шеи при комнатной температуре равна 33-34°C, температура кожи кистей и пальцев рук -28-30°C, стоп и пальцев ног -24 - 35°C.

Температура тела человека и животных определяется соотношением процессов теплообразования в ядре и отдачей тепла оболочкой. Для определения среднего значения температуры кожи, обычно измеряют температуру в 7 стандартных участках - в области лба, стопы, голени и бедра (ноги), груди, плеча, спины с учетом удельного веса соответствующей поверхности и рассчитывают среднее значение, используя формулу Вите.

$$T = 0,07 t \text{ стопы} + 0,32 \text{ ноги} + 0,18 \text{ груди} + 0,17 \text{ спины} + 0,14 \text{ плеча} + 0,05 \text{ кисти} + 0,71 \text{ лба.}$$

По данным Шмидта и Тевса (1996) средняя температура кожи обнаженного человека в условиях комфортной температуры составляет 33 - 34°C.

Температура «ядра» тела – это температура тканей, расположенных глубже 3-х сантиметров от поверхности тела. «Ядро» характеризуется относительной стабильностью температуры (37-38°C), ее колебания не превышают 2°C. К «ядру» относятся головной мозг, органы брюшной и грудной полостей, глубоко расположенные мышцы. Температура печени, мозга, почек несколько выше, чем других внутренних органов. Таким образом, теплокровные имеют *пойкилотермную оболочку и гомойотермное ядро*.

Температура «ядра» - синоним понятия температуры тела. Лучше всего температура «ядра» отражает температура крови в правых отделах сердца, куда сливается кровь от многих участков тела.

О температуре «ядра» тела можно судить на основании ее измерения в подмышечной впадине (аксиллярная температура), прямой кишке (ректальная температура), ротовой полости под языком (оральная температура) или в наружном слуховом проходе у барабанной перепонки. У грудных детей измеряют также температуру в паховой области.

Границы нормы аксиллярной температуры составляют 35,1 - 36,9°C. Величина ректальной температуры составляет 37 - 37,8°C. Подъязычная температура на 0,2 - 0,5°C ниже ректальной и приближается к аксиллярной.

Существуют циркадные, то есть, околосуточные колебания температуры тела - амплитуда колебания 1 градус. Температура тела минимальна в предутренние часы (3 - 4 часа), а максимальна в дневное время (16 до 18 часов). В 50% случаев температура тела в левой подмышечной впадине несколько выше, чем в правой. Превышение асимметрии на 0,5 градусов свидетельствует о патологии.

У женщин имеется также месячный ритм температуры тела. В первую фазу месячного цикла температура «ядра» тела несколько ниже, а с момента выхода яйцеклетки и формирования желтого тела повышается на 0,5 - 0,7 °C.

Зона температурного комфорта для обнаженного человека находится в пределах 27- 28°C, для легко одетого человека - в пределах 20 - 26°C. Эти границы зависят от влажности и подвижности воздуха, а также от температуры окружающих предметов. В обычных бытовых условиях для находящегося в помещении человека в обычной рабочей одежде температура комфорта составляет 18 - 22°C.

Наиболее распространено измерение температуры тела с помощью медицинского термометра. Электротермометры позволяют измерять не только температуру в замкнутых полостях, но и температуру поверхности кожи. Метод тепловидения позволяет просматривать и получать печатное изображение температуры относительно больших площадей кожи, выявлять наличие асимметрий левой и правой сторон тела. Применяется также термометрия, основанная на использовании пленок с жидкокристаллическим слоем, изменяющим свою окраску в зависимости от температуры поверхности тела.

Полезную информацию для врача несет кожно-температурный градиент – это градиент температуры, который отражает разность температуры кожи, измеренной над подвздошной (или подмышечной) артерией и первым пальцем стопы или IV пальцем кисти. В норме его величина составляет 3,8 - 4°C для верхних конечностей, и 4,9 - 5,2 для нижних конечностей. В случае патологии, например, при ухудшении кровотока конечности, градиент возрастает.

Температура тела «ядра» определяется двумя потоками - теплообразованием (теплопродукцией) и теплоотдачей (тепловыделением). Рассмотрим их механизмы.

3. Механизм теплопродукции

Источником тепла в организме являются экзотермические реакции окисления белков, жиров и углеводов, а также гидролиза АТФ.

При гидролизе питательных веществ часть освобожденной энергии аккумулируется в АТФ, а часть рассеивается в виде теплоты (первичная теплота).

При использовании энергии, аккумулируемой в АТФ, часть энергии идет на выполнение полезной работы, часть рассеивается в виде тепла (вторичная теплота). Таким образом, 2 потока теплоты - первичной и вторичной - является теплопродукцией.

При высокой температуре среды или соприкосновении человека с горячим телом, часть тепла организм может получать извне (экзогенное тепло).

При необходимости повысить теплопродукцию (в условиях низкой температуры среды), в организме существуют механизмы, повышающие продукцию тепла. Это называют терморегуляторной теплопродукцией (термогенезом). Термогенез подразделяется на сократительный и несократительный.

Сократительный термогенез - продукция тепла в результате сокращения скелетных мышц. При сокращении мышц возрастает гидролиз АТФ, и поэтому возрастает поток вторичной теплоты. Их сокращения могут вызываться произвольно и непроизвольно.

Непроизвольный сократительный термогенез подразделяют на терморегуляционный тонус и холодовую мышечную дрожь.

Терморегуляционный тонус проявляется в повышении тонуса мышц, вызванного переохлаждением, повышается электрическая активность мышц. Терморегуляционный тонус представляет собой микровибрацию. При его появлении теплопродукция возрастает на 20 - 45% от исходного уровня.

При более значительном переохлаждении терморегуляционный тонус переходит в *мышечную холодовую дрожь*. Но он экономнее, чем мышечная дрожь. Дрожь представляет собой непроизвольную ритмическую активность поверхностно расположенных мышц (теплопродукция возрастает в 2 - 3 раза). Вначале возникает дрожь в мышцах головы и шеи, затем - туловища, и, наконец, в конечностях.

Произвольная мышечная активность возникает под влиянием коры больших полушарий. Опыт человека показывает, что в условиях низкой температуры среды необходимо движение. Произвольная двигательная активность может увеличить теплопродукцию организма в 3 - 5 раз.

Несократительный термогенез (недрожательный - продукция тепла в результате активизации гликолиза, гликогенолиза, липолиза):

- а) в скелетных мышцах;
- б) в печени;
- в) в буром жире;
- г) за счет специфико-динамического действия пищи.

Он осуществляется путем повышения процессов окисления и снижения эффективности сопряжения окислительного фосфорилирования. Основным местом продукции тепла являются скелетные мышцы, печень, бурый жир. Теплопродукция возрастает в 3 раза.

В скелетных мышцах: уменьшение эффективности окислительного фосфорилирования в печени - путем активации гликогенолиза. *Бурый жир* - повышает теплопродукцию за счет липолиза. Бурый жир расположен в затылочной области, между лопатками, в средостении по ходу крупных сосудов, в подмышечных впадинах. При охлаждении роль бурого жира резко повышается.

4. Механизм теплоотдачи

Основная масса тепла образуется во внутренних органах. Поэтому для удаления внутренней теплоты должен подойти к коже. Перенос тепла от внутренних органов осуществляется за счет теплопроводения и конвекции, то есть, тепломассопереноса. Кровь, в силу своей высокой теплоемкости, является хорошим проводником тепла.

Второй поток тепла - от кожи в среду осуществляется с помощью 4 основных механизмов: *теплопроводения, теплоизлучения, конвекции, испарения*.

В условиях температурного комфорта основная масса тепла отдается за счет теплопроводения, теплоизлучения и конвекции и лишь 19 - 20% -- с помощью испарения. При высокой температуре среды до 75 - 90% тепла отдается за счет испарения.

Теплопроводение – это способ отдачи тепла телу, которое непосредственно контактирует с телом человека. Обычно этот способ отдачи тепла ограничен одеждой и воздушной прослойкой. В условиях температурного комфорта отдает до 5%.

Теплоизлучение - отдача тепла с участков кожи, не прикрытых одеждой. Происходит путем длинноволнового инфракрасного излучения, поэтому такой вид теплоотдачи называют радиационной теплоотдачей. В условиях температурного комфорта отдает до 60% тепла.

Конвекция. Теплоотдача конвекцией идет при наличии перемещения воздуха или жидкости, соприкасающихся поверхностью тела. Воздух, соприкасающийся с кожей, нагревается и поднимается, его место занимает «холодная» порция воздуха и т. д. Скорость теплоотдачи конвекцией резко возрастает при наличии ветра. В условиях температурного комфорта отдает до 15% тепла.

Во всех перечисленных механизмах большую роль играет кожный кровоток. Когда его интенсивность возрастает за счет снижения тонуса гладкомышечных клеток артериол и закрытых артериовенозных шунтов - отдача тепла существенно возрастает.

Испарение. Отдача тепла происходит за счет траты энергии (0,58 ккал на 1 мл воды) на испарение воды.

Различают два вида испарения, или перспирации: неоощущаемая перспирация и оощущаемая перспирация.

1. *Неоощущаемая* – это испарение воды со слизистых дыхательных путей и воды, которая просачивается через эпителий кожного покрова. За сутки через дыхательные пути испаряется в норме до 400 мл воды. Через эпидермис просачивается около 240 мл воды.

2. *Оощущаемая перспирация*, или отдача тепла путем испарения пота.

В среднем, за сутки при комфортной температуре среды выделяется 400–500 мл пота, отдается до 300 ккал. Однако при необходимости объем потоотделения может возрасти до 12 литров в сутки, то есть, путем потоотделения можно отдать до 7000 ккал в сутки.

Эффективность испарения во многом зависит от среды, чем выше температура и ниже влажность воздуха, тем выше эффективность потоотделения. При 100% насыщении воздуха парами воды испарение невозможно.

5. Гипотермия и гипертермия

Гипотермия – это переохлаждение, при котором температура тела становится ниже 35°C.

Наиболее быстро гипотермия возникает при погружении организма в холодную воду. Происходит возбуждение симпатического отдела ВНС, рефлекторно ограничивается теплоотдача и усиливается теплопродукция за счет мышечной дрожи.

Если человек находится в воде в неподвижном состоянии, то через некоторое время температура тела начинает падать: снижается интенсивность обмена веществ, замедляется дыхание, урежаются сердечные сокращения, снижается сердечный выброс, понижается артериальное давление.

Если же человек плавает, то в результате работы скелетных мышц включается механизм сократительного термогенеза, который компенсирует усиленную теплоотдачу в холодной воде.

В клинической практике с целью уменьшения метаболизма тканей, например, при проведении операции на сердце, используется *искусственная гипотермия*. Различают умеренную гипотермию - снижение до 32 - 28°C, и глубокую - 20 - 15°C и ниже.

При гипотермии снижается метаболизм и потребление кислорода. Это позволяет выключить сердце из кровообращения на 6 - 10 минут. При глубокой гипотермии сердце может быть выключено на 60 минут при 12,5°C, на 80 минут - при 6°C. (Выключа-

ются механизмы, направленные на поддержание температуры тела (телопродукции). Падение температуры ниже 28 - 30 градусов вызывает смерть.

Гипертермия – это состояние, при котором температура тела поднимается выше 37 градусов.

Легко развивается в условиях действия на организм внешней температуры, превышающей 37°C при 100% влажности воздуха, когда испарение пота или влаги с поверхности тела становится невозможным. В случае продолжительной гипертермии может развиваться «*тепловой удар*». Это состояние организма характеризуется покраснением кожи в результате расширения периферических сосудов, отсутствием потоотделения, признаками нарушения функций центральной нервной системы (нарушение ориентации, бред, судороги).

В более легких случаях гипертермия может проявиться в виде теплового обморока, когда в результате расширения периферических кожных сосудов происходит резкое падение артериального давления.

Различают экзогенные и эндогенные механизмы гипертермии. *Экзогенные* возникают в тех случаях, когда температура в среде очень высокая, влажность тоже, а возможность отдачи тепла резко ограничена. В этом случае, несмотря на попытки повысить отдачу тепла, теплопродукция преобладает, и температура тела возрастает. Такое состояние часто называют *тепловым или солнечным ударом*.

Эндогенные - под влиянием некоторых эндогенных факторов, усиливающих в организме теплообразование (тироксин, жирные кислоты).

От гипертермии следует отмечать изменение температуры, когда внешние условия не изменены, но нарушается сам процесс терморегуляции под влиянием микроорганизмов (инфекционная лихорадка).

6. Нейрогуморальные механизмы терморегуляции

В поддержании температурного гомеостаза участвуют почти все функциональные системы организма (сердечно - сосудистая, дыхательная, выделительная, пищеварительная, гормональная и др.) под непосредственным контролем нервных центров терморегуляции, расположенных в гипоталамусе. Центр теплопродукции расположен в задней части гипоталамуса. При его раздражении возбуждается симпатический отдел вегетативной нервной системы, увеличивается выработка тепла (дрожь, увеличение скорости метаболизма), уменьшается теплоотдача вследствие сужения кожных сосудов.

Усиление теплопродукции в основном в ответ на сигналы от периферических холодовых рецепторов.

Центр теплоотдачи расположен в передней части гипоталамуса, действует через возбуждение парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Активация его приводит к расширению кожных капилляров, усилению потоотделения, возникновению тепловой одышки, а также к снижению теплообразования. Усиление теплоотдачи - прямое восприятие тепла центральными терморепцепторами. Чем выше температура, тем выше частота генерации потенциала действия.

Восприятие и анализ температуры окружающей среды осуществляется с помощью терморепцепторов. Терморепцепторы имеются в коже, мышцах, сосудах, во внутренних органах, дыхательных путях, спинном и среднем мозге.

Терморепцепторы делятся на центральные и периферические. *Центральные* терморепцепторы расположены в передней части гипоталамуса. Они чувствительны к изменению температуры артериальной крови, омывающей гипоталамус. Импульсация от центральных рецепторов идет к различным частям гипоталамуса, регулируя теплопродукцию и теплоотдачу.

Периферические делятся на *холодовые и тепловые*. Это свободные нервные окончания. Больше всего их на коже головы и шеи. *Холодовые* подразделяются на *собственно холодовые и тактильно холодовые* (реагируют на изменение температуры и на давление). Чем ниже температура, тем выше частота импульсации. Оптимальная чувствительность в диапазоне от -15°C до -30°C . Всего их 250 000. Они располагаются на глубине 0,17 мм от поверхности кожи.

Тепловые залегают глубже, на расстоянии 0,3 мм от поверхности кожи. Реагируют на изменение температуры линейно в диапазоне от 20 до 50 градусов. Чем выше температура, тем выше генерации потенциала действия. Всего их около 30 000.

Терморепто́ры центральные и периферические связаны как с терморегуляторным центром в гипоталамусе, так и с корой больших полушарий, что обеспечивает осознаваемые ощущения тепла или холода.

В условиях холода возникает *импульсация* в периферических холодовых рецепторах, по афферентным нервным волокнам передается в спинной мозг, а затем к гипоталамусу. Возбуждается симпатический отдел вегетативной нервной системы, это ведет к уменьшению кожного кровотока и снижению теплоотдачи, а также к активации скорости метаболизма в тканях (усиливается теплообразование). Одновременно уменьшается потоотделение.

Уровень теплопродукции регулируется гормонами желез внутренней секреции. При охлаждении организма увеличивается образование ТТГ и АКТГ. Под их влиянием стимулируется секреция тироксина, увеличивающего образование тепла путем разобщения окисления и фосфорилирования в метаболических реакциях. Гормоны надпочечников адреналин и норадреналин ускоряют окисление глюкозы, жиров и белков, что приводит к повышению продукции тепла, суживают кожные сосуды, уменьшая теплоотдачу.

Центры терморегуляции обнаружены в различных областях центральной нервной системы; в коре больших полушарий, лимбической системе, таламусе, гипоталамусе, среднем, продолговатом и спинном мозге. Кора, лимбическая система, таламус обеспечивают контроль за деятельностью гипоталамических центров и спинномозговых структур, формируют адекватное поведение человека в различных температурных условиях среды и ощущение тепла, холода или комфорта.

С помощью коры больших полушарий осуществляется заблаговременная терморегуляция - формируются условные рефлексы. Например, у человека, собирающегося выйти зимой на улицу, заблаговременно возникает теплопродукция.

7. Регуляция температуры тела при мышечной работе

Согласно данным Я.М. Коца (1982), при физической нагрузке разной мощности температура ядра тела на протяжении первых 15 - 30 минут длительной работы довольно быстро повышается до некоторого стационарного уровня, а затем сохраняется на этом уровне или продолжает медленно возрастать. Даже в комфортных условиях окружающей среды температура ядра тела может достигать 41°C . Например, при марафонском беге ректальная температура поднимается до 41°C .

В работающих мышцах повышается теплопродукция (только 30 - 35% энергозатрат переходит в энергию мышечного сокращения, остальное выделяется в виде тепла). В зависимости от мощности выполняемой работы теплопродукция может возрастать в 2 - 3 раза (при умеренной работе) и даже в 15 - 20 раз (при тяжелой работе). Температура тела во время работы умеренной мощности стабилизируется на уровне, превышающем обычный на 2 - 3°C . Это достигается усиленной работой механизмов теплоотдачи. Компенсаторное перераспределение кровотока приводит к расширению кожных капилляров, облегчая теплоотдачу, и к снижению кровотока в органах брюшной полости,

уменьшая теплообразование. При недостаточности теплоотдачи путем теплопроводения особое значение приобретает испарительное охлаждение с поверхности тела, достигаемое путем увеличения потоотделения (до 75% выводимого тепла уносится с испаряющимся потом). При физической работе в условиях высокой влажности воздуха испарение пота замедляется и потоотделение становится неэффективным, что ведет к опасности перегревания организма, а также к нарушению водно-солевого баланса. При занятиях различными видами спорта терморегуляторные реакции имеют свои особенности. Например, занятия фехтованием, лыжным и конькобежным спортом в связи с необходимостью надевания специальных костюмов характеризуются затруднением теплоотдачи. В водных видах спорта создаются условия для значительных тепловых потерь благодаря большой теплоемкости воды, что снижает нагрузку на механизм физической терморегуляции. При систематических занятиях спортом происходит специфическая перестройка физиологических механизмов терморегуляции, предохраняющая организм спортсмена от нарушения теплового баланса.

Хотя при мышечной работе срабатывают различные механизмы теплоотдачи, однако, все-таки имеет место рабочая гипертермия. Природа ее остается неясной. Возможно, снижается установка гипоталамусом уровня регуляции.

Лекция. Эндокринная система

1. Понятие о железах внутренней и внешней секреции.
2. Биологические свойства гормонов.
3. Метаболизм гормонов, регуляция их секреции.
4. Молекулярно-клеточные механизмы действия гормонов.
5. Методы исследования желез внутренней секреции.
6. Функции гипофиза.
7. Функции эпифиза.
8. Функции тимуса.
9. Функции щитовидной железы.
10. Функции паращитовидных желез.
11. Функции поджелудочной железы.
12. Функции надпочечников.
13. Функции половых желез.
14. Общий адаптационный синдром.
15. Адаптация к физической нагрузке.

1. Понятие о железах внутренней и внешней секреции

В организме человека наряду с сердцем, желудком, легкими, почками и др. органами существуют особые органы - железы, которые вырабатывают и выделяют специальные соки, называемые секретами. Например, слюнная железа снабжает ротовую полость слюной, которая воздействует на пищу, участвуя, таким образом, в процессе пищеварения. Секреты желудка, печени способствуют более тщательной обработке пищевых продуктов. Слизистые оболочки дыхательных путей выделяют секреты, предохраняющие альвеолы и бронхи от вредоносного действия пыли, микробов и других инородных частиц. Все перечисленные железы отдают свой секрет во внешнюю среду или в полость организма. Поэтому, их называют железами *внешней секреции*, или *экзокринными*.

Железы внешней секреции (экзокринные) - все пищеварительные железы (печень, поджелудочная железа, молочные, потовые, сальные, слезные). Они имеют протоки, а свой секрет выделяют в полость или во внешнюю среду.

Железы внутренней секреции не имеют протоков, а секрет выделяют непосредственно в кровь или лимфу. Секреты желез внутренней секреции - гормоны.

Понятие о железах внутренней секреции сформулировано И. Мюллером (1830г.).

Немецкий физиолог Адольф Бертольд в 1849г. впервые установил, что пересадка кастрированному петуху семенников другого петуха приводит к восстановлению исходных свойств у кастрата. Эту дату считают датой рождения эндокринологии (греч «endon» -внутри, «kriuo» - выделять).

Эндокринология – это наука, которая изучает развитие, строение и функции желез внутренней секреции и клеток продуцентов гормонов, биосинтез, механизм действия и особенности гормонов, их секрецию в норме и при патологии, а также болезни, возникающие в результате нарушения продукции гормонов. К железам внутренней секреции относятся:

Центральные - расположенные в пределах ЦНС: эпифиз; гипофиз.

Периферические:

гипофиз-зависимые - синтез и секреция ими гормонов регулируется гормонами гипофиза: щитовидная железа, надпочечники (корковое вещество), половые железы (яички, яичники);

гипофиз-независимые синтез и секреция ими гормонов регулируются вегетативной нервной системой и негормональными влияниями: поджелудочная железа; мозговое вещество надпочечников; паращитовидные железы; тимус.

Кроме того, гормоны выделяются некоторыми органами и тканями, такими как: почки, пищеварительный тракт, плацента, слюнные железы, сердце и другие.

Характерными морфофункциональными особенностями желез внутренней секреции являются:

1. Высокая степень специализации рабочих клеток по выработке гормонов;
2. Имеют сравнительно небольшие размеры. Общий вес - меньше 100 г (от 0,5 до 10 - 20 г вес отдельных желез);
3. Отсутствие выводных протоков для синтезируемых веществ;
4. Богато иннервируются и кровоснабжаются. С кровью доставляются вещества, из которых синтезируются гормоны, и с током крови гормоны распространяются по организму;
5. Интенсивный метаболизм;
6. Многочисленный и разнообразный рецепторный аппарат;
7. Избирательная химическая чувствительность к эндогенным веществам;
8. Выделяют свой секрет во внутреннюю среду организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость, ликвор).

2. Биологические свойства гормонов

Гормоны - биологически активные вещества, синтезируемые в эндокринных железах или других тканях организма, и осуществляющие функции передачи информации между клетками. Гормоны принимают участие в регуляции практически всех физиологических функций. Регулируя активность ферментов, гормоны изменяют проницаемость клеточных мембран, влияют на клеточный метаболизм, контролируют генетический аппарат, обеспечивают рост, дифференцировку тканей и развитие организма. Гормоны участвуют в поддержании гомеостаза, адаптации организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды, определяют ритмы физиологических функций, синхронизируют суточные ритмы метаболических процессов, психическую деятельность, интеллект, размножение и вскармливание потомства.

Гомоны обратимо активируют такие клеточные процессы, как изменение мембранного потенциала, внутриклеточный обмен кальция, сокращение, секрецию и энергетический обмен.

Свойства гормонов.

1. Высокая биологическая активность. Она проявляется в том, что гормоны вызывают физиологическое действие в ничтожно малых концентрациях. Выделяются в количествах 10^{-7} - 10^{-12} моль/л. Например, 1г адреналина может усилить работу 100 млн. изолированных лягушечьих сердец, 1г инсулина снижает уровень глюкозы в крови у 125 тыс. кроликов. Суточная потребность всех лиц земного шара в инсулине - 20г.

2. Строгая специфичность (избирательность) действия, то есть влияет только на клетки, чувствительные к данному гормону и имеющие соответствующие рецепторы.

3. Дистантный характер действия гормонов. Оказывает влияние на органы и ткани, расположенные вдали от места своего образования. Например: гормоны гипофиза действуют на щитовидную, половые железы, надпочечники на значительном расстоянии от места своего образования.

4. Полиморфное действие - один и тот же гормон в разных тканях может воспроизводить разные эффекты; один и тот же гормон может оказывать разное действие на одну и ту же клетку в зависимости от концентрации гормона и функционального состояния клетки.

5. Быстрое разрушение гормонов (например, период полураспада в крови адреналина и норадреналина колеблется от 10сек до 2,5мин, большей части гормонов гипофиза 10 – 15 мин.).

Классификация гормонов:

По химической структуре выделяют 3 группы гормонов:

1. Стероидные гормоны - половые гормоны и кортикостероидные гормоны надпочечников.

2. Аминокислоты и их производные - гормоны мозгового вещества надпочечников, щитовидной железы.

3. Полипептиды и белки - гормоны гипофиза, поджелудочной железы, околощитовидных желез, а также гипоталамические нейропептиды.

По эффекту - возбуждающие и тормозящие.

По месту действия на органы-мишени или другие железы: а) эффекторные; б) тропные.

Типы взаимодействия гормонов в организме:

1. *Антагонизм* - разнонаправленное действие гормонов по отношению к регулируемому процессу. Например, паратгормон и кальцитонин - антагонисты кальциевого обмена, инсулин и глюкагон - углеводного и липидного.

2. *Синергизм* проявляется в однонаправленном действии гормонов: в результате действия одного гормона усиливается влияние другого. Например, соматотропин, инсулин и тироксин синергичны в стимуляции ростовых процессов; лютропин, эстрогены и глюкокортикоиды - в отношении секреции молочной железы. ФСГ (фолликулостимулирующий) и ЛГ (лютеинизирующий гормон) - стимулируют оогенез, влияют на созревание яйцеклеток.

3. *Пермиссивные эффекты* реализуются на уровне подпороговых концентраций одного гормона, разрешающего действие другого. Необходимы малые дозы одного гормона для проявления эффекта другого гормона. Например, для эффекта соматотропина, усиливающего синтез белка в клетках, необходимо наличие углеводов и инсулина.

4. «±» (*плюс-минус взаимодействие, введенное Завадским*): увеличение содержания одного ведет к снижению другого. Пример: ТТГ и Т₄. Если в организме мало Т₄,

то стимулируется выработка ТТГ, а ТТГ стимулирует выработку Т₄. Но когда Т₄ много, то это является сигналом для уменьшения выработки ТТГ.

Гормоны транспортируются к органам и тканям в основном (около 80%) в неактивном состоянии в форме обратимых комплексов с белками плазмы и форменными элементами крови, а также в свободном состоянии (около 20%).

3. Метаболизм гормонов, регуляция их секреции

Жизненный цикл гормона включает следующие этапы: 1. Синтез 2. Секреция 3. Транспорт к клеткам-мишеням 4. Взаимодействие с клеткой-мишенью. 5. Инактивация.

Секреция гормона происходит при действии на секреторную (нейросекреторную) клетку одного из следующих стимулов: нервный стимул; гормональный стимул - действие на секреторную клетку другого гормона; негормональный стимул - действие на клетку растворимых факторов негормональной природы: ионы, глюкозы и т.п.

В системе эндокринной регуляции рассматривают 3 подсистемы:

- гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система,
- гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная система,
- гипоталамо-гипофизарно-гонадная система.

Регуляция секреции гормонов в этих системах происходит с участием прямых и обратных связей. В гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системе тиреотропин-рилизинг гормон (ТРГ) активирует секрецию тиреотропного гормона (ТТГ) в гипофизе (положительная прямая связь). ТТГ, в свою очередь, активирует секрецию Т₃ и Т₄ щитовидной железой (положительная прямая связь) и ингибирует секрецию ТРГ в гипоталамусе (отрицательная обратная связь). Гормоны Т₃ и Т₄ по механизму отрицательной обратной связи угнетают секрецию ТРГ и ТТГ. Функциональное значение обратных связей заключается в предупреждении избыточной секреции гормонов.

Транспорт гормонов - гормоны переносятся в организме в свободном или связанном с белками виде. Часть гормонов адсорбируется на поверхности клеток крови. Биологически активны только свободные гормоны.

Взаимодействие с клеткой мишенью

Гормоны действуют только на те клетки, которые имеют к ним соответствующие рецепторы. Рецептор гормона - специальная белковая молекула для связывания гормона. Гормональные рецепторы специфичны - для каждого гормона существуют собственные рецепторы. Одна клетка может нести рецепторы ко многим гормонам.

Инактивация гормонов

Период полураспада гормонов варьирует от 10 секунд (адреналин) до 7 суток (тироксин). Инактивация гормонов осуществляется ферментативным путем. Гормоны, действующие на внутриклеточные рецепторы, инактивируются в лизосомах клеток-мишеней. Гормоны, действующие внеклеточно, инактивируются в крови и в некоторых органах (печень, почки, легкие).

4. Молекулярно-клеточные механизмы действия гормонов

Выделяют 3 вида действия гормонов:

- *Аутокринное* - гормон выделяется в межклеточную жидкость и действует на ту же клетку, в которой он образовался.
- *Паракринное* - гормон выделяется в межклеточную жидкость, диффундирует к соседним клеткам и действует на них.
- *Телекринное* или дистантное - гормон из межклеточной жидкости диффундирует в кровь, с током крови разносится по организму, затем диффундирует в межклеточную жидкость и действует на клетки-мишени.

В зависимости от расположения рецептора выделяют 2 механизма действия гормонов:

Мембранная рецепция. Рецепторы пептидных гормонов и некоторых производных аминокислот (адреналин, норадреналин и др.) расположены на поверхности клеточной мембраны. В результате присоединения гормона молекула рецептора изменяет свою конформацию и активирует один из механизмов внутриклеточной трансдукции сигнала. Ключевым моментом в работе этого механизма является образование в клетке (или поступление в клетку) *вторичного посредника*, функцию которого наиболее часто выполняют ионы Са, цАМФ, цГМФ. Вторичные посредники активируют внутриклеточные протеинкиназы, которые фосфорилируют другие ферменты и переводят их в активное состояние.

Цитоплазматическая рецепция. Рецепторы тиреоидных и стероидных гормонов находятся в цитоплазме клетки. Липофильная молекула гормона диффундирует через клеточную мембрану и связывается с рецептором. Образовавшиеся комплексы действуют на цитоплазматические структуры (рибосомы, митохондрии) или транспортируются в ядро, где связываются с компонентами хроматина и активируют экспрессию генов.

Для мембранной рецепции характерно явление *усиления сигнала*. Присоединение 1 молекулы гормона к рецептору приводит к активации примерно 10 молекул протеинкиназ, действие которых переводит в активное состояние более значительное количество молекул других ферментов.

В клетках-мишенях имеются *механизмы саморегуляции* чувствительности к гормональным воздействиям. При избытке молекул гормона уменьшается число рецепторов к нему в клетке и, тем самым, снижается чувствительность клетки к действию гормона. При недостатке гормона, наоборот, увеличивается число клеточных рецепторов для повышения эффективности его действия.

5. Методы исследования желез внутренней секреции

Методами изучения желез внутренней секреции являются традиционные методы удаления или разрушения (у человека при заболеваниях или у животных в эксперименте), введение определенного гормона в организм, а также наблюдение в клинике за больными с патологией эндокринной системы.

В современных условиях концентрацию гормонов в железах, крови или моче изучают биологическими и химическими методами, используют ультразвуковое исследование, применяют радиоиммунологический метод.

6. Функции гипофиза

Гипофиз расположен в гипофизарной ямке турецкого седла основной кости. При помощи ножки он связан с основанием мозга. Масса 0,5 - 0,7г. Состоит из 3-х отделов: *передний (аденогипофиз), промежуточный, задний (нейрогипофиз)*. Портальная (воротная) система кровеносных сосудов связывает его с гипоталамусом. Гипофиз называют «центральной» эндокринной железой, поскольку он за счет своих тропных гормонов регулирует деятельность «периферических» желез.

В передней доле гипофиза вырабатываются тропные и эффекторные гормоны.

Тропные гормоны передней доли гипофиза:

1. *Адренокортикотропный гормон (АКТГ);* стимулирует синтез и секрецию гормонов в большей степени пучковой зоны коры надпочечников. Усиливает освобождение жира из жировой ткани. При его избытке - усиление пигментации кожи. Увеличивает секрецию инсулина и соматотропина. Стимулируют выделение АКТГ различные стрессовые раздражители: сильная боль, холод, значительные физические нагрузки, является адаптативным гормоном. Способствуя усилению белкового, жирового и

углеводного обмена в стрессовых ситуациях он обеспечивает повышение сопротивляемости организма действию неблагоприятных факторов.

2. *Тиреотропный гормон (ТТГ)* стимулирует рост и развитие щитовидной железы, регулирует выработку и выделение гормонов Т₃ - трийодтиранина и Т₄ - тироксина. Образование ТТГ увеличивается при снижении внешней температуры среды и тормозится травмами, болевыми ощущениями.

3. *Гонадотропные гормоны (ГТГ) - фолликулостимулирующий (ФСГ)* стимулируют развитие везикулярного фолликула в яичнике. Влияние на образование эстрогенов небольшое. Этот гормон имеется как у женщин, так и у мужчин. У мужчин под его влиянием происходит образование половых клеток. *Лютеинизирующий гормон* участвует в овуляции, образовании желтого тела, стимулирует секрецию эстрогенов у женщин и андрогенов у мужчин. Стимулирует выработку прогестерона желтым телом.

Эффекторные гормоны передней доли гипофиза:

1. *Соматотропин (СТГ)* ускоряет рост мышц и костей, рост тела, стимулирует синтез белка, нуклеиновых кислот, оказывает влияние на обмен углеводов, минеральный обмен и жиров. При недостатке в детском возрасте развивается гипофизарный нанизм или карликовость. Сохраняются правильные пропорции тела и относительно нормальный уровень психического развития. Но рост не превышает 1м. Избыточная продукция этого гормона у детей вызывает чрезмерный рост (гигантизм - до 2,5м). *Гиперсекреция СТГ* у взрослого человека вызывает *акромегалию* - рост конечностей, внутренних органов, снижение половой функции, то есть, непропорциональное увеличение размеров дистальных частей тела (пальцев, рук, стоп, костей лицевого черепа (челюстей, носа), печени, селезенки).

2. *Пролактин (ПРЛ)* влияет на водно-солевой обмен, жировой обмен, репродуктивные функции, стимулирует образование молока в молочных железах, рост молочных желез, вызывает послеродовое ожирение, регулирует «материнский инстинкт», поддерживает секрецию эстрогенов и прогестерона в яичниках. Акт сосания стимулирует образование и выделение пролактина.

Мышечная работа усиливает продукцию СТГ, АКТГ, ТТГ и угнетает синтез ГТГ.

Промежуточная доля гипофиза почти не развита у человека. Имеется лишь небольшая группа клеток. В средней доле продуцируется *меланоцитостимулирующий гормон (МСГ)*, который стимулирует биосинтез кожного пигмента меланина, а также увеличение размеров и количества пигментных пятен (интермедин). В основном эту функцию у человека выполняет АКТГ.

Задняя доля (нейрогипофиз) выделяет 2 гормона: вазопрессин (антидиуретический гормон -- АДГ) и окситоцин. Местом образования этих двух гормонов являются нейросекреторные клетки гипоталамуса. Эти гормоны по аксонам гипоталамо-гипофизарного тракта переходят в заднюю долю, где хранятся и откуда поступают в кровь.

1. *АДГ (вазопрессин)* облегчает обратное всасывание воды в почечных канальцах, предназначен для регуляции осмотического давления крови. Он вызывает сужение кровеносных сосудов и повышает артериальное давление. При недостатке АДГ развивается несахарное мочеизнурение или несахарный диабет. Объем мочи за сутки может достигать 20 литров. Мышечная работа увеличивает секрецию АДГ. При употреблении алкоголя угнетается секреция АДГ, увеличивается выведение мочи и возникает обезвоживание организма.

2. *Окситоцин* способствует родовой деятельности, вызывает ритмические сокращения мускулатуры матки, участвует в процессах лактации. Во время беременности окситоцин не влияет на матку, так как под влиянием прогестерона она становится нечувствительной к окситоцину. Механическое раздражение шейки матки вызывает отделение окситоцина рефлекторно. Окситоцин стимулирует также выделение молока.

7. Функции эпифиза

Эпифиз (шишковидная железа) – это верхний мозговой придаток. Относится к промежуточному мозгу. Масса железы 0,2г. Определяет длительность овариально-менструального цикла женского организма. Выделяет *мелатонин* под влиянием импульсов от сетчатки глаза. На свету выработка его снижается, а в темноте - повышается. Он обладает антигонадотропным действием и тормозит развитие гонад, предотвращая раннее половое созревание, обеспечивает суточный ритм, участвует в регуляции обмена электролитов. Предполагают, что мелатонин обладает способностью тормозить развитие опухоли, является антагонистом меланоцитостимулирующего гормона, вызывает посветление кожи.

Обеспечивает развитие парадоксальной фазы сна: закапывание в нос добровольцам нескольких капель 0,85% мелатонина вызывает глубокий сон длительностью 70 - 100 минут у 70% испытуемых. С 7 - 8 лет она атрофируется.

8. Функции вилочковой железы (тимуса)

Вилочковая железа - парный дольчатый орган, расположенный в верхнем отделе переднего средостения, образует несколько гормонов: тимозин, тимопоэтин I, тимопоэтин II и др. Все они являются полипептидами. Гормоны вилочковой железы стимулируют образование антител, обеспечивает процессы проведения возбуждения в синапсах. Тимус контролирует развитие и распределение лимфоцитов, участвующих в иммунологических реакциях. Оказывает влияние на рост и развитие организма и на обмен Са, приспособление к вредным воздействиям. Задерживает до определенного возраста развитие половых желез. Достигает максимального развития в детском возрасте. После наступления полового созревания она останавливается в развитии и начинает атрофироваться. Тимус содержит большое количество витамина С, уступая в этом отношении только надпочечникам.

9. Функции щитовидной железы

Щитовидная железа самая крупная. Состоит из двух долей, расположенных на шее по обеим сторонам от трахеи ниже щитовидного хряща. Ее вес у взрослого человека составляет около 20г. Основной особенностью щитовидной железы является способность ее клеток поглощать йод из окружающей среды и в комбинации с аминокислотой тирозином синтезировать тиреоидные гормоны. В *щитовидной железе* вырабатываются три гормона: тироксин (T_4); трийодтиранин (T_3) и кальцитонин. Для синтеза T_3 и T_4 необходимо поступление в организм йода.

T_3 и T_4 стимулируют синтез белка, повышают возбудимость ЦНС, тонус симпатической нервной системы, улучшают образование рефлексов, усиливают теплообразование, повышают уровень основного обмена, увеличивают артериальное давление, частоту сердечных сокращений, частоту дыхания, усиливают все виды обмена веществ, физическую и умственную работоспособность, повышают потоотделение. Под их влиянием заметно уменьшаются запасы жира и гликогена в печени, повышается потребление тканями глюкозы.

При избытке T_3 и T_4 основной обмен увеличивается, усиливается выведение из организма Na, K, P; происходит обезвоживание организма, человек худеет, то есть, усиливается сгорание белков, усиливается их распад и тормозится ресинтез, усиливается всасывание углеводов в кишечнике; гликоген печени и мышц поступает в кровь, повышается теплообразование. Избыток гормонов оказывает токсичное действие на организм. Развивается тиреотоксикоз (Базедова болезнь). Наблюдается зоб, тахикардия (100-150 уд/мин), экзофтальм (до 30 мм), изменение возбудимости ЦНС, общая раздражительность, эмоциональная возбудимость и слезливость, быстрая утомляемость и

слабость, атрофия произвольной мускулатуры. Усиливается основной обмен на 40 - 50%, повышается температура тела, усиленное потоотделение, дрожание рук и др.

При недостатке T_3 и T_4 основной обмен уменьшается, Na, K, P задерживаются в организме, вода задерживается (слизистый оттек), человек полнеет, теплообразование понижается. Развивается *микседема* (слизистый оттек). Подкожная клетчатка пропитывается слизеподобным содержимым, усиливается возбудимость ЦНС, притупляется умственная деятельность, развивается общая вялость, резко уменьшается основной обмен, наступает ожирение, может развиваться глухота, нарушается речь и др. Это редкое заболевание встречается преимущественно у женщин в климактерическом периоде, у стариков.

При недостаточности функций щитовидной железы в детском возрасте возникает *кретинизм* - характерна карликовость, нарушение пропорций тела, крайняя умственная отсталость, возможно также развитие микседемы.

Для щитовидной железы характерен *эндемический зоб* (разрастание ткани щитовидной железы). Возникает в местности с недостатком йода. Суточная потребность в йоде - 200 - 220 мкг. Но зоб не увеличивает и не уменьшает продукцию гормона.

Щитовидная железа выделяет также *кальцитонин*, который регулирует обмен Ca (уменьшает концентрация Ca_{2+} в крови, тормозит выведение Ca из костной ткани и увеличивает его отложение в костях, способствует поглощению его костной тканью).

10. Функции паращитовидных желез

Паращитовидные железы (их 4) прилегают к задней поверхности щитовидной железы. Удаление их вызывает через 2 - 5 дней приступ судорог и даже смерть. Организм погибает из-за нарушения содержания Ca_{2+} и P+ в организме. В крови 9 - 11 мг% Ca_{2+} , и 4 - 3 мг% P. Они выделяют *паратгормон*. Гормон увеличивает содержание Ca_{2+} в крови за счет реабсорбции в почечных канальцах и за счет вымывания из кости. Паратгормон уменьшает обратное всасывание фосфатов в канальцах почек, что приводит к большому выделению с мочой и понижению концентрации в крови. Паратгормон увеличивает всасывание ионов кальция и неорганического фосфата из кишечника, т.е. эффекты действия паратгормона в основном противоположны таковым кальцитонина.

При *гипофункции*: уменьшается реабсорбция Ca_{2+} в почках или уменьшается всасывание в кишечнике. Возникает резкое повышение возбудимости нервных центров, судороги в различных группах мышц, сужение голосовых связок и смерть в результате тетанического сокращения дыхательных мышц.

При *гиперфункции* костная ткань теряет Ca_{2+} и P. Происходит деминерализация костей. Кости деформируются. Изменяются пропорции тела, замедляется рост. Выходящий из костей Ca_{2+} образует камни в почках, печени, легких, сердце и в головном мозге. Уменьшается возбудимость ЦНС, развивается слабость, утомление, ухудшение процессов внимания и памяти. Кости, лишенные Ca_{2+} , становятся податливыми и даже при незначительных нагрузках могут подвергаться переломам.

11. Функции поджелудочной железы

Поджелудочная железа – это смешанная железа массой 70-80г. Большая часть выполняет внешнесекреторную функцию - выделяет поджелудочный (панкреатический) сок в 12-типерстную кишку.

Эндокринная функция поджелудочной железы связана с секреторной активностью *островков Лангерганса*, бета-клетки которых выделяют *инсулин*, альфа-клетки – *глюкагон*. Оба гормона участвуют в регуляции углеводного обмена, действуя антагонистически. Под влиянием *инсулина* повышается проницаемость клеточных мембран для глюкозы, аминокислот, что ускоряет их использование в энергетических процессах, стимулируется синтез гликогена в печени, мышцах, усиливается образование жира,

белков, уменьшается уровень сахара в крови. В начале мышечной работы содержание инсулина в крови возрастает, но при длительной физической нагрузке падает. Снижение уровня инсулина в крови во время мышечной работы способствует мобилизации свободных жирных кислот из жировой ткани.

Глюкагон действует противоположно инсулину: усиливает расщепление гликогена в печени, повышая уровень глюкозы в крови, стимулирует расщепление жира в жировой ткани, образование глюкозы из неуглеводных источников (глюконеогенез). При мышечной деятельности, когда уровень глюкозы в крови понижается, секреция глюкагона увеличивается.

Дефицит инсулина вызывает тяжелое заболевание – сахарный диабет. При этом нарушается утилизация в клетках глюкозы, резко повышается ее концентрация в крови и моче, что сопровождается значительными потерями воды с мочой (до 12-15 л в сутки) и сильной жаждой с большим потреблением воды.

Секреция *инсулина и глюкагона* зависит от содержания глюкозы в крови. Повышение концентрации глюкозы приводит к увеличению секреции инсулина, а снижение концентрации глюкозы - к увеличению секреции глюкагона.

В последнее время определены дельта-клетки, которые вырабатывают соматостатин, есть РР клетки - вырабатывают панкреатический полипептид и G клетки - вырабатывают гастрин.

Соматостатин - угнетает секрецию и глюкагона и инсулина. Ингибирует процессы всасывания в кишечнике, тормозит активность желчного пузыря.

12. Надпочечники

Расположены на верхнем полюсе почек, каждый надпочечник весит около 3-5г и состоит из двух слоев: наружного (коркового) и внутреннего (мозгового).

Кора надпочечников регулируется *адренокортикотропным гормоном гипофиза*. Кора надпочечников состоит из трех зон:

1. *Клубочковая* (наружная) - вырабатывает гормоны минералокортикоиды (главный - альдостерон).
2. *Пучковая* (средняя) - вырабатывает глюкокортикоиды, преимущественно (кортизон, гидрокортизон и кортикостерон).
3. *Сетчатая* (внутренняя) - вырабатывает половые гормоны (андрогены, эстрогены, прогестерон).

Гормоны коры надпочечников называются кортикостероидами. Делятся на 3 группы соответственно слоям коры.

Основной минералокортикоид - альдостерон - усиливает обратное всасывание Na^+ из первичной мочи. Тем самым Na^+ задерживается в организме вместе с водой, что ведет к повышению артериального давления. Кроме того, он тормозит реабсорбцию K^+ , способствуя выведению его из организма. Обладает противовоспалительным действием, увеличивает тонус гладких мышц сосудистой стенки, в результате чего происходит повышение артериального давления. При его недостатке может развиваться гипотония. При мышечной работе продукция альдостерона возрастает.

Глюкокортикоиды усиливают процесс образования глюкозы из белков (глюконеогенез), являются антагонистами инсулина в регуляции углеводного обмена: тормозят утилизацию глюкозы в тканях и при передозировке могут привести к повышению концентрации глюкозы в крови и появлению ее в моче; повышают отложение гликогена в печени. Глюкокортикоиды оказывают катаболическое влияние на белковый обмен - вызывают распад тканевого белка и задерживают включение аминокислот в белки. Угнетают воспалительные процессы, подавляют синтез антител. Глюкокортикоиды вызы-

вают обратное развитие вилочковой железы и лимфоидной ткани, что приводит к понижению количества лимфоцитов и эозинофилов.

При мышечной работе их синтез возрастает, благодаря чему мобилизуются белковые ресурсы организма. Усиливая распад жира, глюкокортикоиды создают необходимые энергоресурсы для активной деятельности организма. Усиливают действие адреналина и норадреналина, повышают артериальное давление, возбудимость ЦНС, в больших дозах (при стрессе) подавляют иммунитет.

При недостатке, например, кортизола больной худеет, тормозится превращение глюкозы в жиры, снижается артериальное давление, на 50% снижается сила сердечных сокращений, развиваются психические расстройства. Снижается устойчивость к инфекционным заболеваниям.

При избытке - перераспределение жира в организме: ожирение, отеки, распад белков, повышается АД. Кортизол подавляет аллергические реакции в организме.

Половые гормоны надпочечников имеют большое значение в росте и развитии половых органов и вторичных половых признаков в детском возрасте, когда внутрисекреторная функция половых желез еще незначительна. Активны также в пожилом возрасте, после снижения активности половых желез. Они стимулируют синтез белка в организме.

Мозговое вещество надпочечников вырабатывает гормоны: *адреналин и норадреналин*. Функции их сходны, но пороги их действия на различные процессы различны.

Адреналин суживает сосуды кожи, почек, органов пищеварительного тракта, в то же время сосуды мозга, сердца, работающих мышц под действием адреналина расширяются, что повышает в них интенсивность окислительных процессов и способствует повышению физической работоспособности. Под влиянием адреналина частота сердечных сокращений увеличивается, кровяное давление повышается, селезенка сжимается и выталкивает в сосудистую систему резервную (депонированную) кровь. Адреналин усиливает анаэробное расщепление гликогена в печени и мышцах, в результате чего концентрация глюкозы в крови возрастает. Под действием адреналина ускоряется распад жира. Под его влиянием повышается возбудимость симпатической нервной системы, происходит расширение зрачков.

Действие норадреналина аналогично адреналину, при этом более сильно суживаются сосуды. В мозговом слое надпочечников адреналина в шесть раз больше образуется, чем норадреналина. Но в плазме крови норадреналина в четыре раза больше за счет дополнительного его поступления из окончаний симпатических нервов. Норадреналин, кроме мозгового слоя надпочечников, синтезируется также в нервных окончаниях симпатической нервной системы, где выполняет функцию медиатора. *Активация выброса адреналина и норадреналина в кровь обеспечивается симпатической нервной системой*, вместе с которой эти адаптивные гормоны составляют единую симпатoadrenalовую систему, обеспечивающую приспособительные реакции организма к любым изменениям во внешней среде.

13. Половые железы

К *половым железам* относят семенники и яичники. Они осуществляют две функции: участвуют в образовании половых клеток (в семенниках - сперматозоидов; в яичниках - яйцеклеток); синтез и выделение гормонов. Как в мужском так, и в женском организме вырабатываются и андрогены и эстрогены.

Мужские половые гормоны - андрогены (от греч. andros - мужчина). Основной гормон *тестостерон* (от лат. тестис -- семенники). Секреция тестостерона осуществляется клетками Лейдига, которые расположены в промежуточной ткани яичек. Небольшое количество тестостерона секретируется корой надпочечников. Функции яичек

находятся под контролем ГТГ передней доли гипофиза. ФСГ стимулирует сперматогенез, а ЛГ - секрецию тестостерона.

Функции тестостерона: определяет формирование вторичных половых признаков (оволосение на лице, в подмышечных впадинах, рост гениталий и т.д.); обеспечивает половое влечение и потенцию; обладает анаболической активностью; способствует гипертрофии скелетных мышц; стимулирует рост скелета и всех тканей организма.

Он начинает действовать еще в стадии внутриутробного развития, формируя организм по мужскому типу. Ежедневная потребность человека в андрогенах составляет около 5 мг. Они необходимы для нормального созревания мужских половых клеток - сперматозоидов - и их подвижности.

Женские половые гормоны (эстрогены) образуются в фолликулах яичника. Важнейшие из них эстрадиол, эстрон и прогестерон.

Эстрогены регулируют процессы формирования женского организма, развитие первичных и вторичных половых признаков, рост матки и молочных желез, становление цикличности половых функций. Обладают анаболическим действием, но в меньшей степени. Усиливают синтез белка, в первую очередь, в матке.

Кроме эстрогенов в женском организме и немного в мужском вырабатывается *прогестерон*. Он подавляет половое влечение, подготавливает слизистую оболочку матки к имплантации оплодотворенной яйцеклетки и способствует дальнейшему развитию плода и нормальному течению беременности, тормозит в период беременности овуляцию, уменьшает чувствительность матки к окситоцину, усиливает основной обмен.

Большие физические нагрузки угнетают синтез эстрогенов (при хорошей тренированности угнетение почти отсутствует).

Силовые упражнения приводят к повышению продукции андрогенов. Раскрытие значений андрогенов в развитии мышечной гипертрофии привело к созданию синтетических препаратов, так называемых анаболических стероидов. Длительное применение этих препаратов в больших дозах приводит к поражению печени, иногда и почек. У женщин нарушается овариально-менструальный цикл. У мужчин угнетается активность половых желез и может развиваться атрофия семенников.

Половые гормоны влияют на рост костей. При недостатке в детском возрасте андрогенов, гормон роста продолжает влиять на неокостеневшие эпифизы, усиливая рост, что приводит к развитию евнухоидного гигантизма.

14. Общий адаптационный синдром

Комплекс неспецифических реакций, возникающих при действии сильных раздражителей, был назван канадским физиологом Г. Селье общим адаптационным синдромом или стресс-реакцией, а действующие раздражители, вызывающие стресс - стрессорами. Стрессоры - все факторы внешней и внутренней среды опасные для здоровья и целостности организма.

К таким раздражителям относят:

- 1) вредные стимулы окружающей среды (загазованность, высокий уровень радиации, неблагоприятный микроклимат).
- 2) нарушение физиологических процессов в организме, н-р, при заболеваниях.
- 3) работа в условиях дефицита времени.
- 4) осознаваемая угроза жизни.
- 5) изоляция и заключение.
- 6) изгнание, гонение, групповое давление.
- 7) отсутствие цели в жизни.

Стресс всегда есть и на организм в любых условиях воздействуют стрессоры. Он одновременно является и способом тренировки защитных сил организма.

Стрессовая реакция протекает в три стадии. Первая стадия носит название «реакция тревоги», она характеризуется активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (выброс АКТГ и глюкокортикоидов), уменьшением массы тимуса, селезенки, лимфатических узлов, лейкоцитозом. появляются язвы желудка и 12-перстной. Эта стадия длится 6-48 часов. Если раздражитель продолжает действовать, то наступает вторая стадия.

Вторая стадия – «устойчивости или резистентности», характеризуется увеличением массы коры надпочечников, повышением образования и секреции глюкокортикоидов, повышенной сопротивляемостью организма к вредным воздействиям.

Третья стадия – «истощения», наблюдается при продолжительном действии стрессовых факторов, связана со снижением защитных сил организма, истощением коры надпочечников, снижается продукция глюкокортикоидов, функциональные резервы организма исчерпываются, может наступить смерть. Стрессовые реакции могут развиваться при больших мышечных нагрузках. При этом состояние тренированности соответствует наступлению стадии устойчивости, перетренированности – стадии истощения.

Стресс-реализующие системы – это симпатическая нервная система, мозговой и корковый слой надпочечников, аденогипофиз и щитовидная железа.

При этом происходит вовлечение 2-ух основных систем активации. Активация симпатической и парасимпатической системы – это 1-ый этап в стресс-реакции.

2-ой этап - активация мозгового слоя надпочечников, в ответ выброс адреналина и норадреналина, в результате чего возрастает АД, увеличивается сердечный выброс, снижается кровоток в нерабочих мышцах и органах, возрастает уровень свободных жирных кислот, триглицерида, холестерина, глюкозы, если стрессор продолжает действовать, то наступает активация других эндокринных механизмов: адреноркортикотропный, соматотропный, тиреоидный.

Адреноркортикотропный механизм представляет центральное звено стресс-реакции. Этот механизм включается в том случае, если активация симпатической нервной системы и мозгового вещества надпочечников оказывается неэффективной.

Цепь событий в этом случае такова:

Адреналин - ядра гипоталамуса - стимулируется активность гипоталамо-гипофизарно - надпочечниковой системы - передний гипофиз - через 2,5 мин выделяется АКТГ - через 10мин увеличивается выброс глюкокортикоидов и альдостерона.

Для оценки интенсивности стрессового состояния рекомендуют использовать ЭМГ. Особенно ценна информация в отношении ЭМГ лба (чем выше интенсивность стресса, тем выше активность этих мышц), определение величины артериального давления при стрессе повышается.

15. Гормоны и физическая работоспособность

В скоростно-силовых видах спорта (спринтерский бег, тяжелая атлетика, прыжки, метание) необходима быстрая мобилизация энергетических ресурсов в анаэробных условиях. Это достигается выбросом адреналина уже в предстартовом состоянии. Увеличивается частота сердечных сокращений, расширяются сосуды в сердце и мышцах, выбрасываются в кровь депонированные эритроциты, что приводит к усилению кислородного обмена, распаду гликогена в печени. При длительных физических нагрузках повышенный уровень глюкозы поддерживается - глюкагоном. В дальнейшем нарастает концентрация в крови инсулина, СТГ, глюкагона, обеспечивающих мобилизацию энергетических ресурсов. При длительной мышечной работе под влиянием кортизола и тироксина используются неуглеводные ресурсы – аминокислоты и жиры. Выделение повышенных количеств кальцитонина и паратгормона создает условия для напряженного функционирования кальцийзависимых тканей (сердечной и скелетной мускулатуры,

крови). Увеличивается выброс гормонов – регуляторов водносолевого обмена (альдостерона и АДГ). Под действием АДГ снижается выделение мочи. Особое значение для формирования и поддержания состояния повышенной работоспособности имеет секреция половых гормонов, стимулирующих биосинтез белка в мышцах.

Лекция. Физиология нервной системы

1. Понятие о высшей нервной деятельности. (И.П. Павлов).
2. Характеристика безусловных и условных рефлексов.
3. Условия и механизм образования условных рефлексов.
4. Классификация условных рефлексов.
5. Первая и вторая сигнальные системы.
6. Торможение условных рефлексов.
7. Типы высшей нервной деятельности.
8. Динамический стереотип.

1. Понятие о высшей нервной деятельности. (И.П. Павлов)

Все функции, выполняемые нервной системой, условно можно подразделить на 2 группы: *низшую и высшую нервную деятельность*.

Высшая нервная деятельность – это совокупность нейрофизиологических процессов, обеспечивающих сознание, подсознательное усвоение информации и приспособительное поведение организма в окружающей среде.

Сознание - идеальное, субъективное отражение с помощью мозга реальной действительности.

Впервые представление о рефлекторном принципе работы высших отделов центральной нервной системы было выдвинуто и обосновано И.М. Сеченовым в книге «Рефлексы головного мозга» (1863). Идеи Сеченова были развиты И.П. Павловым (1849-1936). Он создал экспериментальный метод исследования функций коры больших полушарий - метод условных рефлексов.

Все рефлекторные реакции организма на различные раздражители Павлов разделил на 2 группы: *условные и безусловные*.

Как известно, Павлов работал с фистульными животными и обнаружил, что у собаки с фистулой слюнной железы начинает выделяться слюна еще до появления пищи - на звук шагов служителя, который приносит эту пищу. Это явление привлекло внимание Павлова и привело его к изучению условных рефлексов.

Возникла специфическая терминология: *условный раздражитель* – это сигнал, избранный экспериментатором и включаемый до предъявления безусловного раздражителя - *подкрепление*. Например, *сигнал* - свет, *подкрепление* - пища, *реакция* - слюноотделение. Опыт, в котором используют сигнал и подкрепление, был назван сочетанием. Оказалось, что после ряда сочетаний образуется условный рефлекс.

2. Характеристика безусловных и условных рефлексов

Условный рефлекс – это приобретенная в онтогенезе реакция организма на раздражитель, ранее индифферентный для этой реакции.

В условном рефлексе Павлов увидел высшую форму рефлекторной деятельности - реакцию не на раздражитель, а на сигнал, который предшествует раздражителю (реакция человека и животного на сигнал имеет то преимущество, что позволяет избежать действие раздражителя, если он отрицателен (опасен) или поспешить навстречу этому раздражителю, если он положителен).

Врожденная деятельность организма осуществляется с помощью безусловных рефлексов и инстинктов, характеризующихся видовыми особенностями. *Инстинкты* – это врожденная приспособительная стереотипная деятельность организма, побуждаемая основными биологическими потребностями и внешними раздражителями. Инстинкты осуществляются с участием промежуточного и конечного мозга.

Безусловные рефлексы передаются по наследству и являются основой для адаптации организма к окружающей среде (таблица 4).

Таблица 4. Различия условных и безусловных рефлексов

Безусловный рефлекс	Условный рефлекс
Врожденная форма деятельности. Отражают видовые особенности организма.	Приобретаются в течение жизни. Отражают индивидуальные особенности организма.
Относительно постоянны в течение жизни особи.	Образуются, изменяются и исчезают, когда они становятся неадекватными условиям жизни особи.
Имеют фиксированную рефлекторную дугу.	Формируются на основе временной связи между центрами условного и безусловного раздражителя.
Могут осуществляться с участием разных структур центральной нервной системы.	Осуществляются с обязательным участием высшего отдела центральной нервной системы (у человека - коры больших полушарий).
Имеют свое специфическое рецептивное поле и специфические раздражители.	Могут образовываться с любого рецептивного поля на самые разные раздражители.
Возникают на действие наличного раздражителя, которого уже нельзя избежать.	Приспосабливают организм к действию стимула, которое еще предстоит испытать (то есть имеют предупредительное значение).

3. Условия и механизм образования условных рефлексов

Основные правила выработки условных рефлексов:

1. Необходимо неоднократное совпадение во времени действия индифферентного раздражителя с безусловным.
2. Условный стимул должен предшествовать безусловному.
3. Условный рефлекс образуется на базе безусловного.

Образованию условных рефлексов способствуют следующие факторы:

1. Оптимальное состояние организма (здоровья), в первую очередь, состояние коры больших полушарий.
2. Функциональное состояние нервных центров безусловного рефлекса (для пищевых рефлексов - наличие пищевой потребности).
3. Отсутствие посторонних сигналов, как из внешней среды, так и от внутренних органов (кишечник, мочевой пузырь и другие).
4. Оптимальное соотношение силы условного и безусловного раздражителей. Условный сигнал должен быть слабее.

Механизм образования условных рефлексов

Согласно И.П. Павлову (1903) *временная связь* образуется между *корковым центром безусловного рефлекса* и *корковым центром анализатора*, на рецепторы которого действует условный раздражитель, то есть, связь замыкается в коре больших полушарий.

Первоначально условный раздражитель (например, свет) вызывает лишь возбуждение зрительного центра, являющегося для животного нейтральным. Если после условного сигнала подается пищевое подкрепление, то пища, раздражая рецепторы языка, вызывает возбуждение пищевого центра (центра слюноотделения) и по эффектной части рефлекторной дуги безусловного рефлекса начинается выделение слюны. Так как пищевой центр безусловного раздражителя возбужден сильнее и более зна-

чим для организма, он становится доминирующим, то есть подавляет менее возбужденные центры и за их счет усиливает свое возбуждение.

Иррадиация возбуждений из этих центров способствует установлению связи между ними, потому что следовые процессы облегчают эту связь между данными центрами. Многократное повторение возбуждения этих двух центров приводит к образованию временных связей между ними.

В дальнейшем подача условного раздражителя вызывает реализацию безусловного рефлекса, то есть, афферентная часть условного рефлекса соединяется с эфферентной частью безусловного рефлекса и включение лампочки вызывает выделение слюны.

Стадии образования условного рефлекса

1. *Генерализация* (всеобщности), в этой стадии возбуждение с центра условного раздражителя распространяется на другие нервные центры и поэтому рефлекторный ответ отличается избыточностью.

Движения на этой стадии неточные, много ошибок, человек реагирует на посторонние раздражители, особенно близкие к условному раздражителю.

2. *Концентрации*. Процессы иррадиации затухают. Возбуждение локализуется в ограниченных участках коры, ответная реакция более точная, ошибок мало или совсем нет, но исполнение рефлекса контролируется сознанием.

3. *Стабилизации*. После многократного повторения рефлекторные дуги хорошо отработаны или закрепились. Рефлекс реализуется безошибочно с наивысшей скоростью без контроля сознания.

4. Классификация условных рефлексов

В настоящее время не существует общепринятой научно обоснованной классификации условных рефлексов. Предлагается один из вариантов.

1. *Натуральные условные рефлексы*. Формируются в ответ на качество самого безусловного раздражителя, воспринимается не вкусовым, а другими анализаторами (на вид, запах пищи). Они легко образуются при одном, двух сочетаниях.

2. *Искусственные условные рефлексы*. Вырабатываются на посторонние по отношению к безусловному раздражителю сигналы, например, слюноотделение на звук метронома.

3. *Положительные*, которые проявляются в активной деятельности организма в виде двигательных или секреторных реакций.

4. *Отрицательные* - не сопровождаются внешним двигательным или секреторным эффектом, то есть проявляются торможением ответной реакции.

5. *Классический условный рефлекс I типа*. Это такой рефлекс, когда совершенно посторонний раздражитель (свет лампочки) при нескольких сочетаниях с подачей пищи животному запускает точно такую же ответную реакцию, как сама пища (выделение слюны, желудочного сока и т.д.).

6. *Условные рефлексы II типа, или инструментальные*. Когда условный раздражитель подключается самим животным как бы совершенно случайно. (К примеру, крыса обследует клетку, нажала на рычажок, а в это время ей подали пищу). Несколько аналогичных совпадений приведут к формированию условных рефлексов.

Если условные рефлексы I типа по отношению к самому животному являются пассивными, то II типа - активными.

Условные рефлексы II типа возникают в процессе образования классического проприоцептивного условного рефлекса, в котором движение выполняет роль условного сигнала любой деятельности организма (пищеварительной, выделительной и другой).

Если в условных рефлексах I типа новым является условный раздражитель, который вызывает ответную реакцию, то при выработке условного рефлекса II типа новым является не только условный раздражитель, но и ответная реакция. Подкрепление возможно только при условии, если животное или человек выполняют определенные движения.

7. *По сложности различают:*

а) *Условные рефлексы I порядка*, когда условный раздражитель (свет) подкрепляется безусловным раздражителем (пищей).

б) *Условные рефлексы II порядка*. Условный раздражитель подкрепляется условным рефлексом I порядка. Для его выработки применяют дополнительно новый, предшествующий сигнал, например, звук. У собак вырабатываются, в основном, рефлексы третьего порядка, у обезьян - четвертого, у грудного ребенка 5 - 6 порядка, у взрослого человека - двадцатого и более порядков.

8. *По соотношению времени действия условных и безусловных раздражителей различают рефлексы наличные и следовые*. Для выработки условных наличных рефлексов характерно совпадение действия условных и безусловных раздражителей. Последний включается несколько позже. *Следовые* вырабатываются на след от сигнального стимула.

5. Первая и вторая сигнальные системы

Все раздражители, которые воспринимаются любыми анализаторами организма, И.П. Павлов относил к *первой сигнальной системе*. Она является общей для человека и животных.

Вторая сигнальная система – это система кодирования сигналов, система словесных раздражителей, оказывающих воздействие через слуховую или зрительную сенсорные системы, смысл которых заключен в словах. Это вербальные (словесные) сигналы, на основе которых мир воспринимается через рассуждения и создание абстрактных понятий.

Содержание понятий во 2-ой сигнальной системе фиксируется в словах, математических символах, образах художественных произведений.

Если условные рефлексы 1-ой сигнальной системы имеют субстрат в разных зонах коры, в зависимости от характера раздражителей, то 2-ая сигнальная система имеет в коре вполне определенную локализацию.

В височных долях мозга мы имеем сенсорный *центр речи (центр Вернике)*. При разрушении этой зоны человек слышит, но не понимает значение того, что слышит'. Кроме того, в коре имеется моторный центр речи - он локализуется в лобной доле левого полушария (*центр Брокка*). Центр Брокка является эфферентным, он несет импульсы к речедвигательным органам: человек может произносить слова, а также писать. У праворуких развит моторный центр в левом полушарии, у левшей - в правом. При повреждении зоны этого центра человек теряет способность говорить, хотя и понимает, когда к нему обращаются устно или письменно.

Обе сигнальные системы имеют общие черты: в основе их деятельности лежат рефлекторные механизмы. Вся кора больших полушарий имеет отношение к обеим сигнальным системам.

6. Торможение условных рефлексов. Типы высшей нервной деятельности

Имеется два вида торможения условных рефлексов: *врожденное и приобретенное*. Врожденное подразделяется на внешнее и запредельное.

1. *Внешнее торможение* – это торможение, которое проявляется в ослаблении или прекращении протекающего в данный момент условного рефлекса при действии какого-либо постороннего раздражителя. Примером служит любой ориентировочный рефлекс, характерный для нового сильного внезапного раздражителя, напри-

мер, внезапное появление директора в классе, в котором школьники пишут контрольную работу, приводит к тому, что все бросают писать и все головы поворачиваются к вновь пришедшему. «Что такое?» так и назвал И.П. Павлов.

Важным фактором внешнего торможения является, помимо силы, его новизна. При повторном действии раздражающий фактор утрачивает свою силу, так как уже не вызывает достаточно сильного возбуждения.

Явление внешнего торможения встречается в практике физкультуры и спорта. Например, условнорефлекторные связи, обеспечивающие в обычной обстановке на тренировочном занятии отличное выполнение гимнастических комбинаций, могут нарушаться под влиянием различных посторонних раздражителей (резкие замечания тренера).

2. *Запредельное торможение* возникает при действии чрезвычайно сильного условного сигнала.

Оно названо охранительным, так как защищает нервные структуры от чрезмерных раздражителей, от истощения. И.П. Павлов считал, что его можно вызвать также действием раздражителя небольшой силы, но большой длительности, однообразного по своему характеру. Это раздражение, действуя на одни и те же корковые элементы, приводит их к истощению, а следовательно, к охранительному торможению. Считается, например, что однообразное убаюкивание ребенка является причиной возникновения запредельного торможения.

Между силой условного раздражителя и величиной ответной реакции имеется определенное соответствие - «закон силы»: чем сильнее условный сигнал, тем сильнее условнорефлекторная реакция. Однако, закон силы сохраняется до определенной величины, выше которой эффект начинает уменьшаться, несмотря на увеличение силы условного сигнала. Это торможение, как и внешнее, является безусловным.

Внутреннее торможение требует своей выработки, как и сам рефлекс. Оно локализовано внутри (в пределах нервных центров) данного условного рефлекса, поэтому называется внутренним.

Различают следующие виды внутреннего торможения:

- а) угасательное;
- б) запаздывательное;
- в) дифференцировочное;
- г) условный тормоз.

Угасательное возникает при повторном применении условного сигнала и не подкреплении его.

Например, одним из принципов тренировок является систематичность. Угасание возникает при прекращении систематических тренировок, когда условный рефлекс (двигательные навыки) перестают подкрепляться безусловным раздражителем (работой, тренировкой). В этом случае условный рефлекс тормозится, угасает. Общая структура движения остается на всю жизнь, а угасает техника выполнения, ухудшаются физические качества (сила, скорость, гибкость). Этот процесс связан с забыванием полученной ранее информации, если она длительно не повторяется.

Запаздывательное возникает при отставании подкрепления на 1-3 минуты относительно начала действия условного сигнала. Постепенно появление условной реакции сдвигается к моменту подкрепления (перенос сроков соревнования). Играет большую роль для точной координации рефлекторной деятельности во времени.

Дифференцировочное (различительное) вырабатывается при дополнительном включении раздражителя, близкого к условному, и не подкреплении его. Например, если у собаки тон 500 Гц подкреплять пищей, а тон 1000 Гц не подкреплять и чередовать их в течение каждого опыта, то через некоторое время животное начинает различать оба сигнала : на тон 500 Гц будет возникать условный рефлекс в виде движения к кор-

мушке, поедания корма, а на тон 1000 Гц животное будет отворачиваться от кормушки с пищей. Спортивная техника и ее совершенствование связана с выработкой тонких дифференцировок. Этот вид торможения позволяет животному и человеку адекватно ориентироваться в окружающем мире.

Условный тормоз возникает при добавлении к условному сигналу другого раздражителя и не подкреплении этой комбинации. Например, опыт, поставленный так: свет + пища ^ слюноотделение, чередовать с опытом свет + звук без подкрепления ^ торможение, то есть, отсутствие слюноотделения.

Значение всех видов условного торможения условных рефлексов заключается в устранении ненужной в данное время деятельности - тонком приспособлении организма к окружающей среде.

Степень выраженности процессов торможения в центральной нервной системе является одним из критериев типологических особенностей.

7. Типы высшей нервной деятельности

Тип высшей нервной деятельности – это совокупность врожденных (генотип) и приобретенных свойств нервной системы, определяющих характер взаимодействия организма с окружающей средой и находящих свое отражение во всех функциях организма. Согласно И.П. Павлову, критериями типологических свойств нервной системы являются: *сила процессов возбуждения и торможения, их уравновешенность и подвижность.*

Типы высшей нервной деятельности животных, описанные и научно обоснованные И.П. Павловым, оказались очень близки по свойствам к «темпераментам», описанным Гиппократом. Древнегреческий врач, основатель медицины Гиппократ (460-370 гг. до н.э.) объяснял неодинаковое течение одной и той же болезни у разных людей за счет разного состояния «соков тела» в организме человека: крови, слизи, желчи, черной желчи. Согласно Гиппократу, различают 4 темперамента: сангвиник (от лат sanguis -- кровь), холерик (от греч. chole - желчь), флегматик (от греч phlegma - слизь), меланхолик (от греч melanos + chole - черная желчь).

С учетом этих свойств им были выделены следующие 4 типа высшей нервной деятельности.

I тип сильный, подвижный, неуравновешенный (холерик) характеризуется сильным процессом возбуждения и более слабым процессом торможения, поэтому легко возбуждается и с трудом затормаживает свои реакции.

II тип сильный, уравновешенный, подвижный, быстрая смена процессов возбуждения и торможения. Легко переключается с одной формы деятельности на другую, быстро адаптируется к новой реакции (*сангвиник*).

III тип сильный, уравновешенный, инертный (флегматик). Имеет сильные и уравновешенные процессы возбуждения и торможения, но малоподвижный. С трудом переходит от одного вида деятельности к другому.

IV тип слабый, мнительный, тоскливый (меланхолик). Характеризуется слабыми процессами возбуждения и торможения, с некоторым преобладанием тормозного процесса. Зато обладает высокой чувствительностью к слабым раздражениям и может их легко дифференцировать.

Типы высшей нервной деятельности, о которых говорилось выше, являются общими у животных и человека.

Однако можно выделить особые, присущие только человеку, типологические черты. И.П. Павлов положил в основу этой классификации степень развития первой и второй сигнальных систем.

I тип людей включает в себя личности с одинаково выраженными свойствами I-ой и II-ой сигнальной системы.

II тип людей - художественный - отличается особенностью развития I-ой сигнальной системы. Это люди, для которых характерны яркость зрительных и слуховых восприятий картины мира (к их числу относятся большей частью художники и музыканты).

III тип - мыслительный - выделяется особенностью развития II-ой сигнальной системы. Их отличает способность к логическому построению, отвлеченному мышлению. Это ученые, философы.

IV тип - те редкие представители человеческого общества, которые имеют особое развитие одновременно и I,-ой и II-ой сигнальных систем. Сюда И.П. Павлов относит гениальных личностей, типа Леонардо да Винчи, способных одновременно и к художественному, и к научному творчеству.

8. Динамический стереотип

Отдельные условные рефлексы в определенной ситуации могут связываться между собой в комплексы. Например, если воспроизводить ряд условных рефлексов в строго определенном порядке с четкими временными интервалами и весь комплекс сочетаний многократно повторять, то в мозге сформируется единая система, характерная своей специфической последовательностью рефлекторных реакций. Например: рассмотрим ряд рефлексов: 1. свет + пища ^ слюноотделение. 2. звук метронома + электрический ток ^ сгибание конечности. 3. звук + пища ^ слюноотделение.

При многократном повторении животное как бы связывает эти, ранее разрозненные рефлексы, в единый комплекс. В дальнейшем, если применять только первый раздражитель, то в ответ будут развиваться последовательно все 3 реакции: на первое применение - слюноотделение, на второе - сгибание конечности, на третье - опять слюноотделение. При повторении ряда условных рефлексов друг за другом в одной и той же последовательности формируется система нервных процессов, которая обеспечивает как бы автоматическое проявление данных условных рефлексов. То есть, каждый условный рефлекс проявляется под влиянием завершения предыдущего условного рефлекса. Такие системы нервных процессов названы динамическими стереотипами. Эти процессы лежат в основе привычек.

Динамический стереотип - характерная особенность психической деятельности человека. Все наши навыки (игра на рояле, гимнастические упражнения) - автоматическая цепь поступков, которая сопровождает поведение после просыпания или при отхождении ко сну и так далее, представляет собой динамический стереотип.

Биологический смысл сводится к тому, чтобы освободить корковые центры для решения сложных задач, которые требуют эвристического мышления (догадываться, соображать).

Лекция. Вегетативная нервная система

1. Физиологические особенности вегетативной нервной системы.
2. Симпатический отдел вегетативной нервной системы.
3. Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы.
4. Метасимпатическая нервная система.
5. Уровни регуляции вегетативных функций.

1. Физиологические особенности вегетативной нервной системы

Вегетативная нервная система – отдел нервной системы организма, регулирующий деятельность внутренних органов, желез внутренней и внешней секреции, кровеносных и лимфатических сосудов.

Вегетативная нервная система подразделяется на два отдела – симпатический и парасимпатический (рис. 13).

Особенности строения вегетативной нервной системы:

- очаговость локализации вегетативных ядер в центральной нервной системе;
- скопление тел эффекторных нейронов в виде узлов (ганглиев) на периферии в составе вегетативных сплетений (поэтому спинной мозг лишь косвенно управляет их импульсами);
- двухнейронность нервного пути от вегетативного ядра в центральной нервной системе к иннервируемому органу;
- волокна в автономной нервной системе выходят не сегментарно, как в соматической нервной системе, а из трёх отстоящих друг от друга ограниченных участков мозга: черепного, груднопоясничного и крестцового.

Общее значение вегетативной нервной системы:

- приспособливает работу внутренних органов к изменениям окружающей среды,
- обеспечивает гомеостаз (постоянство внутренней среды организма),
- участвует во многих поведенческих актах, осуществляемых под управлением головного мозга, влияя на физическую и психическую деятельность человека.

Отделы вегетативной нервной системы

1. Центральный отдел:

- парасимпатические ядра 3, 7, 9 и 10 пар черепных нервов, лежащие в мозговом стволе (краниобульбарный отдел),
- ядра, залегающие в сером веществе трёх крестцовых сегментов спинного мозга (сакральный отдел);
- симпатические ядра, расположенные в боковых рогах груднопоясничных сегментов спинного мозга (тораколюмбальный отдел).

2. Периферический отдел:

- автономные нервы, ветви и нервные волокна, выходящие из головного и спинного мозга;
- автономные сплетения;
- узлы (ганглии) автономных сплетений;
- симпатический ствол (правый и левый) с его узлами, межузловыми и соединительными ветвями и симпатическими нервами;
- концевые узлы парасимпатической части автономной нервной системы.

Расположение ганглиев и строение проводящих путей вегетативной нервной системы

Нейроны ядер центрального отдела вегетативной нервной системы – *первые эфферентные нейроны* на пути от центральной нервной системы к иннервируемому органу.

Нервные волокна, образованные отростками первых эфферентных нейронов, – *предузловые (преганглионарные) волокна*: идут до узлов периферической части вегетативной нервной системы и заканчиваются синапсами на клетках этих узлов, имеют миелиновую оболочку белого цвета, выходят из мозга в составе корешков соответствующих черепных нервов и передних корешков спинномозговых нервов.

Вегетативные узлы (ганглии):

- входят в состав симпатических стволов (есть у большинства позвоночных, кроме круглоротых и хрящевых рыб),
- входят в состав крупных вегетативных сплетений брюшной полости и таза,
- располагаются в области головы,

– располагаются в толще или возле органов пищеварительной и дыхательной систем, а также мочеполового аппарата, которые иннервируются вегетативной нервной системой,

– содержат тела вторых (эфферентных) нейронов, их отростки – *послеузловые (постганглионарные) нервные волокна*.

Постганглионарные нервные волокна: безмиелиновые (серого цвета), медленно проводят возбуждение и характеризуются большим рефрактерным периодом и большей хронаксией.



Рисунок 13. Вегетативная нервная система

Слева – область выхода волокон: парасимпатической (черный цвет) и симпатической (заштриховано) систем.

Справа – строение эфферентной части рефлекторной дуги вегетативных рефлексов.

Слева – схема среднего, продолговатого и спинного мозга.

Арабские цифры – номера грудных сегментов, римские – номера поясничных сегментов.

2. Симпатический отдел вегетативной нервной системы

Симпатическая нервная система (с греч. - чувствительный, сочувственный) - часть автономной нервной системы, ганглии которой расположены на значительном расстоянии от иннервируемых органов. Активируется при стрессовых реакциях, для неё характерно генерализованное влияние.

Название «симпатическая нервная система» впервые было употреблено в 1732 г, и использовалось для обозначения всей автономной нервной системы. Впоследствии этим термином стали называть только её часть нервной.

Делится на *центральную*, расположенную в спинном мозге, и *периферическую*, включающую многочисленные соединённые друг с другом нервные ветви и узлы.

Центры симпатической системы находятся в боковых рогах грудного и поясничного сегментов.

Симпатические волокна выходят из спинного мозга на протяжении от 1- 11 грудного до 2-4 поясничного участка. По своему ходу симпатические волокна отделяются от двигательных соматических и далее в виде белых соединительных ветвей вступают в узлы пограничного симпатического ствола. Периферическая часть образована нейронами с их отростками, располагающимися в окологривных и удаленных от спинного мозга предпозвоночных узлах. Основным медиатором выделяемым преганглионарными волокнами является ацетилхолин, а постганглионарными волокнами – норадреналин. Симпатические волокна иннервируют все органы.

Эфферентные пути симпатической нервной системы начинаются в грудном и поясничном отделах спинного мозга от нейронов его боковых рогов. Передача возбуждения с предузловых симпатических волокон на послеузловые происходит с участием

медиатора ацетилхолина, а с послеузловых волокон на иннервируемые органы – с участием медиатора норадреналина. Исключением являются волокна, иннервирующие потовые железы и расширяющие сосуды скелетных мышц, где возбуждение передается с помощью ацетилхолина.

С участием симпатической нервной системы протекают многие важные рефлексы в организме, направленные на обеспечение его деятельного состояния, в том числе – его двигательной активности. К ним относятся рефлексы расширения бронхов, учащения и усиления сердечных сокращений, расширения сосудов сердца и легких при одновременном сужении сосудов кожи и органов брюшной полости (обеспечение перераспределения крови), выброс депонированной крови из печени и селезенки, расщепление гликогена до глюкозы в печени (мобилизация углеводных источников энергии), усиление деятельности желез внутренней секреции и потовых желез. Симпатическая нервная система снижает деятельность ряда внутренних органов: в результате сужения сосудов в почках уменьшаются процессы мочеобразования, угнетается секреторная и моторная деятельность органов желудочно-кишечного тракта; предотвращается акт мочеиспускания – расслабляется мышца стенки мочевого пузыря и сокращается его сфинктер.

Повышенная активность организма сопровождается симпатическим рефлексом расширения зрачка. Огромное значение для двигательной деятельности организма имеет трофическое влияние симпатических нервов на скелетные мышцы, улучшающее их обмен веществ и функциональное состояние, снимающее утомление.

Симпатический отдел нервной системы не только повышает уровень функционирования организма, но и мобилизует его скрытые функциональные резервы, активизирует деятельность мозга, повышает защитные реакции (иммунные реакции, барьерные механизмы и др.), запускает гормональные реакции. Особое значение имеет симпатическая нервная система при развитии стрессовых состояний, в наиболее сложных условиях жизнедеятельности. Л. А. Орбели подчеркивал важнейшее значение симпатических влияний для приспособления (адаптации) организма к напряженной работе, к различным условиям внешней среды. Эта функция была им названа адаптационно – трофической.

3. Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы

Парасимпатическая нервная система - часть вегетативной нервной системы, связанная с симпатической нервной системой и функционально ей противопоставляемая.

Термин предложен Д.Ленгли в конце XIX - начале XX века. Означает «около-симпатическая».

Ганглии мелкие, диффузно расположены в толще или на поверхности внутренних органов или на подходах к ним.

Преганглионарные волокна длинные, а постганглионарные короткие.

Центральный отдел включает ядра головного мозга и крестцового отдела спинного мозга. Головной отдел подразделяют на среднемозговую и продолговатомозговую части.

Среднемозговая часть представлена ядром Якубовича-Эдингера-Вестфalia, расположенным вблизи передних бугров четверохолмия на дне Сильвиева водопровода. Преганглионарные волокна от ядра Эдингера- Вестфalia выходят в составе глазодвигательного нерва, и заканчиваются на эффекторных клетках ресничного ганглия (*gangl. ciliare*). Постганглионарные волокна вступают в глазное яблоко и идут к аккомодационной мышце и сфинктеру зрачка.

В продолговатомозговую часть входят ядра VII, IX, X черепно- мозговых нервов:

– VII (лицевой) нерв через поднижнечелюстной ганглий иннервирует подчелюстную и подъязычную слюнные железы, а переключаясь в крылонебном ганглии слезные железы и слизистую носа;

– IX (языкоглоточный) нерв через околоушную ганглию иннервирует околоушные слюнные железы;

– X (блуждающий) нерв с афферентными и эфферентными парасимпатическими волокнами включает чувствительные и двигательные соматические, и эфферентные симпатические волокна, иннервирует практически все внутренние органы до ободочной кишки.

Ядра спинномозгового центра располагаются в боковых рогах серого вещества в области II-IV крестцовых сегментов спинного мозга. Отвечают за иннервацию ободочной кишки и органов малого таза.

Эфферентные пути парасимпатической нервной системы начинаются в головном мозге – от некоторых ядер среднего и продолговатого мозга, и в спинном мозге – от нейронов крестцового отдела. Проведение возбуждения в синапсах парасимпатического пути происходит с участием медиатора ацетилхолина. Второй эфферентный нейрон находится в иннервируемом органе или вблизи от него.

Парасимпатическая нервная система осуществляет сужение бронхов, замедление и ослабление сердечных сокращений; сужение сосудов сердца; пополнение энергоресурсов (синтез гликогена в печени и усиление процессов пищеварения); усиление процессов мочеобразования в почках и обеспечение акта мочеиспускания (сокращение мышц мочевого пузыря и расслабление его сфинктера) и др. Парасимпатическая нервная система преимущественно оказывает пусковые влияния: сужение зрачка, бронхов, включение деятельности пищеварительных желез и т. п.

Деятельность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы направлена на текущую регуляцию функционального состояния, на поддержание постоянства внутренней среды – гомеостаза. Парасимпатический отдел обеспечивает восстановление различных физиологических показателей, резко измененных после напряженной мышечной работы, пополнение израсходованных энергоресурсов. Медиатор парасимпатической системы – ацетилхолин, снижая чувствительность адренорецепторов к действию адреналина и норадреналина, оказывает определенное антистрессорное влияние.

4. Метасимпатическая нервная система

Метасимпатическая нервная система - комплекс микроганглионарных образований (интрамуральных ганглиев) и соединяющих их нервов, а также отдельные нейроны и их отростки, расположенные в стенках внутренних органов, которые обладают сократительной активностью. Термин предложен А.Д. Ноздрачевым в конце XX века.

Метасимпатическая нервная система характеризуется высокой степенью относительной независимости от центральной нервной системы и отсутствием ядерной структуры.

Регулирует работу эффекторных аппаратов стенок полых висцеральных органов: гладкие мышцы; секреторный, всасывающий и экскреторный эпителий; капиллярная сеть; местные эндокринные образования; местные иммунные образования.

С точки зрения органной принадлежности выделяют энтеро-метасимпатическую, кардио-метасимпатическую, уретро-метасимпатическую, везикуло-метасимпатическую и метасимпатическую систему матки (в области шейки).

Функции метасимпатической нервной системы:

– передаёт влияния центральной нервной системы на объекты управления (за счёт того, что с ней могут контактировать симпатические и парасимпатические волокна);

– обеспечивает передачу возбуждения с экстраорганной нервной системы на ткань органа и является посредником между симпатической и парасимпатической нервными отделами и тканью органа;

- регулирует органный кровоток;
- имеет непосредственное отношение к организации регулирующих влияний на мембранное пищеварение;
- благодаря наличию в системе всех компонентов рефлекторных дуг, внутренние органы могут работать без участия центральной нервной системы.

5. Уровни регуляции вегетативных функций

Выделяют несколько уровней регуляции вегетативных функций, в которых наблюдается подчинение низших уровней выше расположенным.

Спинальный уровень. На уровне последнего шейного и двух верхних грудных сегментов спинного мозга находится спинно-цилиарный центр. Его волокна заканчиваются на мышцах глаза. При раздражении этих нейронов наблюдается расширение зрачка (мидриаз) и расширение глазной щели, выпячивание глаза (экзофтальм). При поражении этого отдела отмечается синдром Горнера – сужение зрачка (миоз), сужение глазной щели и западение глаза (эндофтальм).

Пять верхних сегментов грудного отдела спинного мозга иннервируют сердце, бронхи. Поражение отдельных сегментов грудного отдела и верхних поясничных вызывает исчезновение тонуса сосудов.

В крестцовом отделе локализованы центры с участием, которых регулируются рефлексы мочеполовой системы, дефекации. При разрыве спинного мозга выше сакрального отдела эти функции нарушаются.

В продолговатом мозге расположен вазомоторный центр, который координирует деятельность симпатических нервов, расположенных в грудопоясничном отделе спинного мозга. Также в продолговатом мозге располагаются центры, затормаживающие работу сердца и активизирующие ЖКТ. Таким образом, продолговатый мозг содержит центры дыхания, кровообращения, пищеварения, связанные с ретикулярной формацией.

В среднем мозге локализован центр зрачкового рефлекса и аккомодации глаза.

Высшим подкорковым центром регуляции всех вегетативных функций является *гипоталамус*. Объединяет вегетативные, соматические и эндокринные механизмы регуляции. Чувствительная информация от внутренних органов и поверхности тела поступает в гипоталамус по восходящим путям. Одни из них проходят через таламус, другие - через лимбическую область среднего мозга, третьи - по полисинаптическим путям. Гипоталамус реагирует на концентрацию глюкозы, аминокислот и жирных кислот в крови, осмотическое давление, температуру крови. Клетки гипоталамуса чувствительны к содержанию в крови кислорода, углекислого газа, ионов калия, натрия, половых гормонов. Эфферентные пути гипоталамуса связывают его с ретикулярной формацией ствола мозга, ядрами спинного мозга. Многочисленные связи гипоталамуса обеспечивают генерализованное возбуждение. Оно распространяется на лимбическую систему, а через ядра таламуса на передние отделы коры больших полушарий. Гипоталамус формирует поведенческие реакции организма, необходимые для сохранения гомеостаза, кроме них - реакции поведения: пищевого, оборонительного, полового и т.д., является местом формирования мотиваций. Гипоталамус выделяет либерины и статины, регулирующие выделение гормонов гипофизом. Разрушение ядер или удаление гипоталамуса сопровождается нарушением гомеостаза организма. Страдает метаболизм (белков, жиров, углеводов, водный, солевой, энергетический), нарушается температурный баланс, деятельность сердечно-сосудистой системы, пищеварительной, выделительной и дыхательной систем, функция эндокринной системы.

Стимуляция задних ядер гипоталамуса сопровождается эффектами, аналогичными раздражению СНС: расширением зрачков и глазной щели, тахикардией, повышением кровяного давления, мобилизацией энергии, повышением выносливости к физической нагрузке. Эти реакции получили название эрготропных. Задняя область гипоталамуса тормозит половое созревание, ее повреждение приводит к гипергликемии, иногда к ожирению. Разрушение заднего гипоталамуса сопровождается нарушением терморегуляции.

Стимуляция группы передних ядер гипоталамуса характеризуется реакциями, подобными раздражению парасимпатической нервной системы: сужением зрачков и глазной щели, брадикардией, гипотонией, усилением моторной и секреторной активности ЖКТ, возрастанием секреции инсулина и снижением глюкозы в крови. Увеличивается теплоотдача, при разрушении передних ядер этот процесс нарушается и наступает перегревание организма. В целом передняя группа ядер гипоталамуса оказывает на организм трофотропное действие. Активация латерального гипоталамуса (центр голода) усиливает потребление пищи, а его двустороннее разрушение сопровождается полным отказом животного от пищи, истощением и гибелью. При разрушении вентромедиальных ядер повышается потребление пищи, наступает ожирение. Гипоталамус обеспечивает формирование эмоционального состояния организма: страх, ярость, радость, удовлетворение и т.д. Гипоталамус находится под регулирующим влиянием коры головного мозга, которая регулирует его возбудимость. Кортиковые нейроны подавляют многие эмоции и первичные возбуждения, формирующиеся с участием гипоталамуса. Удаление коры нередко приводит к развитию мнимой ярости, что сопровождается расширением зрачков, пилоэрекцией, тахикардией, подъемом артериального давления и т.д.

Лобные доли коры являются высшим центром автономной иннервации. Стимуляция коры изменяет состояние автономной нервной системы во всех ее отделах. В двигательных областях коры находится представительство тех висцеральных органов и процессов, которые связаны с мышечной деятельностью. Стимуляция двигательной зоны коры, наряду с сокращениями мышц, вызывает реакции, сопряженные с мышечной деятельностью, - увеличение минутного объема сердца, расширение кровеносных сосудов мышц, изменение терморегуляции, мышечный кровоток возрастает аналогично, как и при мышечной деятельности. Норадренэргические нейроны голубого пятна иннервируют артериолы и капилляры коры и влияют на ее кровоснабжение.

Мозжечок реализует свое влияние через СНС и эндокринную. Раздражение вызывает сужение кровеносных сосудов, расширение зрачка, учащение сердцебиения, дыхания. Удаление нарушает гомеостаз, деятельность ЖКТ.

Лекция. Физиология сенсорных систем

1. Общий план строения сенсорных систем (анализаторов). Функции сенсорных систем, их классификация.
2. Характеристика рецепторов и основных систем их классификации.
3. Механизм возбуждения рецепторов.
4. Адаптация рецепторов.
5. Кортиковый уровень сенсорных систем
6. Взаимодействие различных сенсорных систем.
7. Особенности рецепторов зрительных сенсорных систем.
8. Особенности рецепторов вестибулярных сенсорных систем.
9. Особенности рецепторов двигательных сенсорных систем.
10. Значение этих систем в управлении движениями.

1. Общий план строения сенсорных систем. Функции сенсорных систем, их классификация

Сенсорные системы – это специализированные части нервной системы, включающие периферические рецепторы (сенсорные органы, или органы чувств), отходящие от них нервные волокна (проводящие пути) и клетки центральной нервной системы, сгруппированные вместе (сенсорные центры).

Сенсорные системы воспринимают и обрабатывают раздражители самой разной модальности.

Модальность – это совокупность ощущений, обеспечиваемых каким-либо одним анализатором. Модальностями являются, например, зрение, слух, вкус.

В целом, основные функции сенсорных систем следующие:

1. запуск рефлексов, так как они являются афферентным звеном рефлекторной дуги;
2. создание ощущений;
3. обеспечение неспецифической активации центральной нервной системы.

Классификация анализаторов.

Деятельность анализаторов обычно связывают с возникновением 5 чувств: зрения, слуха, вкуса, обоняния и осязания. Они осуществляют связь организма с окружающей средой. Однако в реальной действительности их больше. Так, *например, чувство осязания*, кроме тактильных (от прикосновения) ощущений, включает чувство давления, вибрации, щекотки, мышечное чувство. Есть *температурное чувство*, включает ощущения тепла или холода, существуют также ощущения голода, жажды, либидо. *Ощущение положения тела в пространстве* связано с деятельностью вестибулярного, двигательного анализаторов и их взаимодействием со зрительным.

Поэтому, предлагается следующая классификация анализаторов по их роли.

I. *Внешние анализаторы* воспринимают и анализируют изменения внешней среды (*зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный анализаторы*). Их возбуждение воспринимается субъективно в виде ощущений.

Роль внешних анализаторов:

- 1) *Обеспечение познания внешнего мира.*
- 2) *Приспособление организма к окружающей среде.* Анализаторы способны функционировать в широком диапазоне интенсивностей раздражений.
- 3) *Поддержание тонуса центральной нервной системы*, что осуществляется благодаря импульсациям от периферических отделов анализаторов.

II. *Внутренние (висцеральные) анализаторы* воспринимают и анализируют изменения внутренней среды организма, показателей гомеостаза.

Колебания показателей внутренней среды в пределах физиологической нормы у здорового человека обычно не воспринимаются субъективно в виде ощущений. Так, мы не можем субъективно определить величину артериального давления, особенно если оно нормальное, состояние сфинктеров и другое. Однако, висцеральные анализаторы играют важную роль в регуляции функции внутренних органов. (Например, при возникновении чувства жажды вследствие возбуждения осморорецепторов, формируется поведение, направленное на поиск и прием воды).

III. *Анализаторы положения тела.*

Их роль - восприятие и анализ изменения положения тела в пространстве и частей тела относительно друг друга, участие в поддержании естественной позы и восстановление нарушенной позы с помощью регуляции мышечного тонуса и его перераспределения. К ним относятся *вестибулярный и двигательный (кинестетический) анализаторы*.

IV. Болевой анализатор информирует о повреждающих действиях на организм. Болевые ощущения могут возникать при раздражениях как *экстеро-*, так и *интерорецепторов* при условии, что раздражающий стимул воспринимается анализатором как потенциально опасный для поддержания гомеостаза

Отделы анализатора. Согласно представлению И.П. Павлова (1909), любой анализатор имеет 3 отдела.

1. *Периферический отдел* представлен рецепторами, где происходит трансформация энергии раздражителя в нервный импульс. Он включает, помимо рецепторов, *вспомогательные органы*.

2. *Проводниковый отдел* включает афферентные и промежуточные нейроны стволовых и подкорковых структур центральной нервной системы. В состав проводникового отдела входит не менее 3-х афферентных нейронов.

Первый нейрон расположен вне центральной нервной системы - в спинномозговых ганглиях или узлах черепных нервов, спиральном узле улитки, вестибулярном аппарате. Исключением являются фоторецепторы. Их афферентный нейрон (ганглия) лежит на сетчатке.

Второй нейрон расположен в спинном, продолговатом или среднем мозге.

Третий нейрон - в специфических ядрах таламуса, исключение - обонятельный анализатор, после обонятельной луковицы информация направляется сразу же в обонятельную кору.

В проводниковом отделе происходит частичная переработка информации. От 3-го нейрона информация поступает в 3-й отдел.

3. *Центральный, или корковый.* Согласно Павлову, он состоит из 2-х частей: *центральной части* - «ядра», представленной специфическими нейронами, которые перерабатывают информацию от рецепторов. Происходит декодировка информации, возникает представление о модальности сигнала, его силе и качестве. И *периферической части* - «рассеянных элементов» -- нейронов, рассредоточенных по коре большого мозга. Определение «что такое» - акцепция сигнала.

Путь, по которому информация от рецепторов достигает коры больших полушарий и при этом сохраняет модальность сигнала, называется *специфическим*.

Неспецифический путь включает ретикулярную формацию. На уровне ствола мозга от специфического пути отходят коллатерали к клеткам ретикулярной формации, к которым могут сходить афферентные возбуждения, которые теряют свои специфические свойства (сенсорную модальность) и изменяют возбудимость корковых нейронов. За счет коллатералей в процесс возбуждения включаются гипоталамус и другие отделы лимбической системы мозга, а также двигательные центры. Все это обеспечивает вегетативный, двигательный и эмоциональный компоненты сенсорной реакции.

2. Характеристика рецепторов и основных систем их классификации

Сенсорные рецепторы – это специализированные клетки, которые воспринимают раздражители внутренней и внешней среды организма с помощью трансформации энергии раздражения в нервный импульс и обладают высокой чувствительностью к адекватному раздражителю.

1. *По структурно - функциональной организации* различают первичные и вторичные рецепторы.

– *Первичные* представляют собой чувствительные окончания дендрита афферентного нейрона. К ним относятся: *тактильные, болевые, температурные, проприорецепторы, обонятельные, механо- и хеморецепторы внутренних органов.*

– *Вторичные* имеют специальную клетку, синаптически связанную с окончанием дендрита афферентного нейрона. К ним относятся: *вестибулярные, слуховые, фоторецепторы и вкусовые*.

2. С *психофизиологической точки зрения*, рецепторы подразделяются в соответствии с органами чувств и формируемыми ощущениями: *на зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные и тактильные*.

3. В зависимости от вида воспринимаемого раздражителя, выделяют 5 типов рецепторов:

– *Механорецепторы* расположены в коже, внутренних органах, сосудах, слуховой и вестибулярной системах, опорно-двигательном аппарате.

– *Хеморецепторы* - в слизистой оболочке носа, языка, каротидном и аортальном тельцах, продолговатом мозге, гипоталамусе.

– *Терморецепторы* (тепловые и холодовые) - в коже, сосудах, внутренних органах, гипоталамусе, продолговатом мозге, спинном мозге и среднем мозге.

– *Фоторецепторы* - в сетчатке глаза.

– *Болевые рецепторы (ноцицепторы)* - в коже, мышцах, внутренних органах, сосудах, дентине.

4. По расположению в организме различают *экстеро- и интерорецепторы*.

К *экстерорецепторам* относятся: рецепторы кожи, видимых слизистых оболочек и органов чувств: зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные, тактильные, кожные, болевые и температурные.

К *интерорецепторам* -- рецепторы внутренних органов, опорно-двигательного аппарата (проприорецепторы) и вестибулорецепторы. Имеются и другие классификации.

3. Механизм возбуждения рецепторов

Под влиянием адекватного раздражителя в рецепторной клетке или в нервном специализированном окончании происходит изменение проницаемости мембраны для ионов Na^+ и Ca^+ , что приводит к *генерации рецепторного потенциала*. Он напоминает возбуждающий постсинаптический потенциал, но имеет особенности в каждом рецепторе. В ответ на этот рецепторный потенциал возникают следующие события:

4- В *первичных рецепторах* (которые являются специализированным окончанием дендрита афферентного нейрона) формируется одновременно *рецепторный потенциал*, который при достижении порогового уровня инициирует возникновение *потенциала действия* (конечно, если рецепторный потенциал достигает критического уровня деполяризации). Возникший потенциал действия или группа потенциалов действия передается далее к афферентному нейрону, а от него по аксону сигналы идут в проводниковый отдел - по направлению к коре больших полушарий.

4- Во *вторичных рецепторах* рецептор является специализированной клеткой, которая не имеет продолжения (не является окончанием дендрита). Она по типу синаптического взаимодействия контактирует с окончанием дендрита афферентного нейрона. Вторичные рецепторы не способны формировать потенциал действия. Поэтому при формировании рецепторного потенциала из первичного рецептора выделяется медиатор, который взаимодействует с окончанием дендрита другой клетки (нейрона). В нейроне генерируется возбуждающий постсинаптический потенциал (его называют генераторный потенциал). Если этот потенциал достигает критического уровня деполяризации, то наступает генерация потенциала действия.

4. Адаптация рецепторов

Адаптация – это изменение порога чувствительности рецептора при постоянном действии на него раздражителя. Обусловлено в основном понижением *абсолютного* и повышением *дифференциального порога*.

Абсолютный порог - минимальная сила раздражения, вызывающая такое возбуждение анализатора, которое воспринимается субъективно в виде ощущения.

Дифференциальный порог - минимальное изменение силы действующего раздражителя, воспринимаемое субъективно в виде изменения интенсивности ощущения.

Свойство адаптации присуще всем отделам анализатора, но наиболее ярко оно проявляется на уровне рецепторов и заключается в изменении не только их *возбудимости и импульсации*, но и *показателей функциональной лабильности*, то есть, в изменении числа функционирующих рецепторных структур (П.Г. Снякин). Например, из 250 тыс. холодовых рецепторов в определенный момент реагирует только 50 тыс. Такая мобильность обеспечивает значительное снижение утомляемости органов чувств и явление резервирования: рецепторы, которые являются чувствительными в данный момент времени, в следующий момент могут не реагировать на тот же самый стимул.

По скорости адаптации рецепторы подразделяются на *быстро и медленно адаптирующиеся*. К *быстрым* относятся: например, тактильные (мы не ощущаем давление одежды на кожу), обоняние (прокуренная комната), зрительные, слуховые.

Медленно – в течение десятков минут адаптируются мышечные рецепторы; в течение нескольких минут - болевые. Таким образом, благодаря способности рецепторов к адаптации, уменьшается объем информации, достигающей нашего сознания. Высшие отделы центральной нервной системы защищаются от избыточной информации.

5. Корковый уровень сенсорных систем

В определенных участках коры большого мозга сосредоточены нейроны, воспринимающие определенный вид раздражителя: *свет* - затылочная область, *звук* - височная и т.д.

Условно различают *первичные, вторичные и третичные зоны коры больших полушарий*.

В *первичных областях* обеспечивается восприятие только простых ощущений, анализ отдельных раздражителей. Например, нервные клетки *первичной слуховой зоны* анализируют лишь отдельные элементы слухового раздражителя (силу звука, его частоту и т.п.), но не могут обеспечить полного анализа звуков (например, восприятие фразы, мелодии и т.п.).

В первичных сенсорных зонах обычно имеется четкое *пространственное (топографическое) представление* частей тела, рецепторных полей. Так, в задней центральной извилине нейроны тактильной, температурной и кожной чувствительности представлены в том же порядке, что и рецепторы на поверхности тела, напоминая копию человека; в зрительной коре - как бы экран рецепторов сетчатки; слуховое поле - в височной области; двигательное - в передней центральной извилине коры. При их разрушении возникает так называемая корковая слепота, корковая глухота.

Вокруг первичных сенсорных зон находятся менее локализованные *вторичные зоны*, нейроны которых отвечают на действие нескольких раздражителей, то есть они полимодальны. В них происходит осмысление информации, понимание значения предмета. При их поражении сохраняется способность видеть предметы, слышать звуки, но человек не узнает, не понимает их значения.

Высший анализ и синтез осуществляются в *третичных полях*. Они располагаются в передних частях лобных областей, а также в задней половине коры между височными, теменными и затылочными областями. Они развиты только у человека. В тре-

тичных полях на основе синтеза всех афферентных раздражений вырабатываются цели и задачи поведения, происходит программирование двигательной деятельности. Развитие третичных полей у человека связано с функцией речи. При врожденном недоразвитии этих полей человек не в состоянии овладеть речью и даже простейшими двигательными навыками (не может одеваться, пользоваться орудиями труда).

6. Взаимодействие различных сенсорных систем

Группы рецепторов, которые различаются по своим свойствам, локализации и механизмами восприятия раздражителей, в целом организме функционируют не изолировано, а содружественно, за счет взаимодействия тех мозговых структур, куда от них поступает информация. Наиболее тесно взаимодействуют структуры мозга, связанные с тактильными, мышечными и зрительными рецепторами. Благодаря этому осуществляется распознавание форм и величины предметов, их расположение в пространстве, а также процессы компенсации восприятия, которые наблюдаются у людей с утраченными или недоразвитыми органами чувств.

Взаимодействие анализаторов осуществляется на нескольких уровнях: спинальном, ретикулярном и таламокортикальном. Особенно широка интеграция сигналов в нейронах *ретикулярной формации*. В коре мозга происходит интеграция сигналов высшего порядка. Кора больших полушарий обеспечивает наиболее широкое взаимодействие различных сенсорных систем и их участие в организации двигательных действий человека, в том числе в процессе его спортивной деятельности.

7. Особенности рецепторов зрительных сенсорных систем

Зрительная сенсорная система служит для восприятия и анализа световых раздражений. Через нее человек получает до 80-90 % всей информации о внешней среде. Глаз человека воспринимает световые лучи лишь в видимой части спектра - в диапазоне от 400 до 800 нм.

Зрительная сенсорная система состоит из следующих отделов:

1. *Периферический отдел* – это глаз, в котором находятся фоторецепторы и тела 1-х (биполярных) и 2-х (ганглиозных нейронов);
2. *Проводниковый отдел* - зрительный нерв (II пара), представляющий собой волокна 2-ых нейронов и частично перекрещивающийся в хиазме, передает информацию третьим нейронам, часть которых расположена в переднем двухолмии среднего мозга, другая часть - в ядрах промежуточного мозга, так называемая колленчатых телах.
3. *Корковый отдел* - 4-е нейроны находятся в затылочной области коры больших полушарий.

Это поле представляет собой первичное поле, функцией которого является возникновение ощущений. Рядом с ним находится вторичное поле, функцией которого является опознание и осмысление зрительных ощущений. *Обработка и взаимосвязь зрительной информации* с информацией от других сенсорных систем происходит в *ассоциативных третичных полях коры - нижнетеменных областях*.

Глазное яблоко представляет собой шаровидную камеру диаметром около 2.5 см, которая содержит светопроводящие среды – *роговицу, влагу передней камеры, хрусталик и стекловидное тело*. Стенками камеры служат 3 оболочки. Наружная непрозрачная оболочка - *склера* - переходит спереди в прозрачную оболочку - *роговицу*.

Средняя сосудистая оболочка в передней части глаза образует *ресничное тело и радужную оболочку*, которая обуславливает цвет глаза. В середине радужки имеется отверстие - *зрачок*. Он регулирует количество световых лучей. *Внутренняя оболочка - сетчатка* - содержит фоторецепторы глаза (палочки и колбочки). Фоторецепторы глаза (палочки (и) колбочки) – это высокоспециализированные клетки, преобразующие све-

товые раздражения в нервное возбуждение. Под действием света происходит ряд очень быстрых превращений и обесцвечивание зрительного пигмента (в палочках - родопсина, а в колбочках - йодопсина).

В ответ на стимул эти рецепторы, в отличие от всех других рецепторов, формируют рецепторный потенциал в виде тормозных изменений на мембране.

На свету происходит гиперполяризация мембран рецепторных клеток, а в темноте - их деполяризация. При этом в соседних клетках происходят обратные изменения, что позволяет определить светлые и темные точки пространства.

Возникший рецепторный потенциал от фоторецепторов передается биполярным клеткам, а затем и ганглиозным клеткам, от которых нервные импульсы направляются в головной мозг. Часть ганглиозных клеток возбуждается на свету, часть - в темноте.

Палочки, расположенные на периферии сетчатки (их 130 млн), обладают более высокой чувствительностью, чем *колбочки*, и являются органами сумеречного зрения. Они воспринимают черно-белое (бесцветное) изображение.

Колбочки расположены в центральной части сетчатки (7 млн) и представляют собой органы дневного зрения. Они обеспечивают цветное зрение. Существует 3 вида колбочек у человека, воспринимающие преимущественно красный, зеленый и синевioletовый цвета. При нарушении функции колбочек наступает цветовая слепота (дальтонизм), человек перестает различать цвета, в частности, красный и зеленый цвет. Это заболевание отмечается у 8 % мужчин и у 0,5 % женщин.

Зрение является важнейшим источником информации в период обучения спортивной технике.

8. Особенности рецепторов вестибулярных сенсорных систем

Вестибулярная сенсорная система служит для анализа положения и движения тела в пространстве, поддержания равновесия тела, для регуляции и сохранения позы, для пространственной организации движений человека.

Вестибулярная сенсорная система состоит из следующих отделов:

1. *Периферический отдел*, расположенный в вестибулярном аппарате, включает 2 образования - *преддверие (мешочек и маточка)* и *полукружные каналы*.

2. *Проводниковый отдел* начинается от рецепторов волокнами биполярной клетки (1 нейрон) вестибулярного узла, расположенного в височной кости. Другие отростки этих нейронов образуют вестибулярный нерв и вместе со слуховым нервом (8 пара) входят в продолговатый мозг. В вестибулярных ядрах продолговатого мозга находятся вторые нейроны, импульсы от которых поступают к 3-им нейронам в таламус, кору больших полушарий, мозжечок. По пути от второго нейрона к третьему отходят боковые ветви в спинной мозг, мозжечок, к красным ядрам среднего мозга, ретикулярной формации, вегетативным ганглиям, глазодвигательным ядрам.

3. *Корковый отдел* представляют 4-ые нейроны, часть которых находится в первичном поле вестибулярной системы в височной области коры, а другая часть - вблизи пирамидных нейронов моторной области коры и в постцентральной извилине. Точная локализация коркового отдела вестибулярной сенсорной системы у человека в настоящее время не установлена.

Периферический отдел вестибулярной сенсорной системы находится в лабиринте пирамиды височной кости. Он состоит из трех полукружных каналов и преддверия. Каналы и полости в височной кости образуют костный лабиринт вестибулярного аппарата, который частично заполнен перепончатым лабиринтом. Между костным и перепончатым лабиринтами находится жидкость - перилимфа, а внутри перепончатого - эндолимфа.

Аппарат преддверия предназначен для анализа действия силы тяжести при изменениях положения головы и тела в пространстве и ускорений прямолинейного движения.

Перепончатый лабиринт преддверия разделен на 2 полости - *мешочек* и *маточку*, которые содержат *отолитовые* приборы. *Механорецепторы отолитовых приборов* представляют собой *волосковые клетки*. Они склеены студнеобразной массой, образующей поверх волосков отолитовую мембрану. В ней находятся *кристаллы углекислого кальция - отолиты*.

В маточке отолитовая мембрана расположена в горизонтальной плоскости, а в мешочке она согнута и находится во фронтальной и саггитальной плоскостях.

При изменении положения головы и тела, а также при вертикальных или горизонтальных ускорениях отолитовые мембраны свободно перемещаются под действием силы тяжести во всех 3-х плоскостях, натягивая, сжимая или сгибая при этом волосковые клетки, в которых возникают нервные импульсы, поступающие в ЦНС.

Аппарат полукружных каналов служит для анализа действия центробежной силы при вращательных движениях. Адекватным его раздражителем является угловое ускорение.

Три дуги полукружных каналов расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: *передняя* - во фронтальной плоскости, *боковая* - в горизонтальной, *задняя* - в саггитальной.

В одном из концов каждого канала имеется расширение - *ампула*. Находящиеся в ней волокна чувствительных клеток склеены в гребешок - *ампулярную купулу*. При вращательных движениях в результате инерции *эндолимфа* отстает от движения костной части и оказывает давление на одну из поверхностей *купулы*. При этом изгибаются волоски рецепторных клеток и возникает нервный импульс в вестибулярном нерве.

9. Особенности рецепторов двигательных сенсорных систем

Двигательная сенсорная система служит для анализа состояния двигательного аппарата - его движения и положения. Она состоит из трех отделов:

1. *Периферический отдел* представлен проприорецепторами, расположенными в мышцах, сухожилиях и суставных сумках.

2. *Проводниковый отдел* начинается биполярными клетками, тела которых расположены в спинномозговых узлах. Один их отросток связан с рецепторами, другой входит в спинной мозг и передает информацию ко вторым нейронам в продолговатый мозг (часть путей от проприорецепторов направляется в кору мозжечка), а далее к третьим нейронам в таламус.

3. *Корковый отдел* находится в основном в передней центральной извилине коры больших полушарий.

К проприорецепторам относятся мышечные веретена, сухожильные органы и суставные рецепторы. Все эти рецепторы представляют собой *механорецепторы*, адекватным раздражителем которых является их растяжение.

Мышечные веретена прикрепляются к мышечным волокнам параллельно - один конец к сухожилию, а другой - к волокну. Каждое веретено покрыто капсулой, которая в центральной части расширяется и образует ядерную сумку. Внутри веретена содержится от 2 до 14 тонких интрафузальных мышечных волокон. Эти волокна в 2 - 3 раза тоньше обычных волокон скелетных мышц (*экстрафузальные*).

Интрафузальные волокна подразделяются на 2 типа:

1. *длинные, толстые, с ядрами в ядерной сумке*. Они информируют о скорости изменения длины мышцы.

2. *короткие, тонкие, с ядрами, вытянутыми в цепочку*, информируют о статическом компоненте (удерживаемой в данный момент длине мышцы). Окончания афферентных нервных волокон намотаны на интрафузальные волокна рецептора.

При растяжении скелетной мышцы происходит растяжение и мышечных рецепторов, которое деформирует окончания нервных волокон и вызывает появление в них нервных импульсов.

В условиях сокращения мышцы частота импульсации (за счет генерации рецепторного потенциала) возрастает прямо пропорционально величине мышечного сокращения. Импульсация достигает тех же структур, что и афферентация с мышечных веретен.

Сухожильные органы расположены в месте перехода мышечных волокон в сухожилия. Растяжение сухожильных механорецепторов происходит при напряжении мышц. Они информируют нервные центры о степени напряжения мышц и скорости его развития.

Суставные рецепторы находятся в суставных сумках и связках и информируют о положении отдельных частей тела в пространстве и относительно друг друга. Эти рецепторы представляют собой свободные нервные окончания. Они посылают информацию о положении сустава (о величине суставного угла), а также о скорости и направлении движения.

Значение двигательной сенсорной системы в управлении движениями.

Двигательная сенсорная система по точности оценки пространственных параметров движения не уступает зрительной сенсорной системе. Так, при отсутствии зрительного контроля (например, с повязкой на глазах) управление пространственными перемещениями частей тела осуществляется достаточно точно с помощью двигательной сенсорной системы.

Под влиянием тренировки усиливается способность получать более обширную и точную информацию о пространственном положении тела, различных параметрах движений.

10. Значение сенсорных систем в управлении движениями

Выполнение многих упражнений невозможно при сильном расстройстве деятельности двигательного и висцерального анализаторов и резко затруднено при выключении функции зрительного, слухового, вестибулярного и тактильного анализаторов.

При выполнении физических упражнений одновременно функционирует ряд анализаторов. В результате между ними по механизму условного рефлекса складываются определенные взаимоотношения.

В результате систематической физической тренировки функции многих анализаторов улучшаются. Это выражается при некоторых видах движений в снижении порогов проприоцептивной чувствительности. Например, у тяжелоатлетов и боксеров наблюдается высокая чувствительность при движениях в локтевом и плечевом суставах. Совершенствование функций зрительного аппарата (увеличение поля зрения) наблюдается у спортсменов. У боксеров понижается болевая и тактильная чувствительность в местах, которые часто подвергаются ударам.

Эффективность выполнения спортивных упражнений зависит от процессов восприятия и переработки сенсорной информации. Четкое восприятие пространства и пространственная ориентация движений обеспечивается функционированием зрительной, слуховой, вестибулярной, кинестетической рецепции. Оценка временных интервалов и управление временными параметрами движений базируется на проприоцептивных и слуховых ощущениях.

Вестибулярные раздражения при поворотах, вращениях, наклонах и т. п. заметно влияют на координацию движений и проявление физических качеств, особенно при

низкой устойчивости вестибулярного аппарата. На основе взаимодействия сенсорных систем у спортсменов вырабатываются комплексные представления, сопровождающие его деятельность в избранном виде спорта - «чувство» льда, снега, воды и т.п. При этом в каждом виде спорта имеются наиболее важные ведущие сенсорные системы.

Лекция. Интегративная деятельность мозга. Эмоции. Эмоциональный стресс

1. Уровни интегративной деятельности мозга.
2. Концепция рефлексорной дуги.
3. Основные структуры мозга, обеспечивающие формирование поведенческого акта.
4. Активность нейронов и поведение.
5. Физиологические основы психических функций человека.

1. Уровни интегративной деятельности мозга

Интегрирующая роль центральной нервной системы (ЦНС) – это соподчинение и объединение тканей и органов в центрально-периферическую систему, деятельность которой направлена на достижение полезного для организма приспособительного результата. Такое объединение становится возможным благодаря участию ЦНС в управлении опорно-двигательным аппаратом с помощью соматической нервной системы, благодаря регуляции функций всех тканей и внутренних органов с помощью вегетативной нервной и эндокринной систем, благодаря наличию обширнейших афферентных связей ЦНС со всеми соматическими и вегетативными эффекторами.

Каждый из *четырёх уровней интеграции ЦНС* вносит свой вклад в обеспечение интегративных процессов.

Первый уровень – *нейрон*. Благодаря множеству возбуждающих и тормозящих синапсов на нейроне он превратился в ходе эволюции в решающее устройство. Взаимодействие возбуждающих и тормозящих входов, взаимодействие субсинаптических нейрорхимических процессов в протоплазме в конечном итоге определяют, возникнет та или иная последовательность ПД на выходе нейрона или нет, т.е. будет дана команда другому нейрону, рабочему органу или нет.

Второй уровень – *нейрональный ансамбль (модуль)*, обладающий качественно новыми свойствами, отсутствующими у отдельных нейронов, позволяющими ему включаться в более сложные разновидности реакций ЦНС.

Третий уровень – *нервный центр*. Благодаря наличию множественных прямых, обратных и реципрокных связей в ЦНС, наличию прямых и обратных связей с периферическими органами нервные центры часто выступают как автономные командные устройства, реализующие управление тем или иным процессом на периферии в организме как саморегулирующейся, самовосстанавливающейся, самовоспроизводящейся системы.

Четвертый уровень – *высший*, объединяющий все центры регуляции в единую регулируемую систему, а отдельные органы и системы в единую физиологическую систему – организм. Это достигается взаимодействием главных систем ЦНС: лимбической, ретикулярной формации, подкорковых образований и неокортекса – как высшего отдела ЦНС, организующего поведенческие реакции и их вегетативное обеспечение.

2. Концепция рефлексорной дуги

На основе анализа механизмов поведенческих актов Е. Н. Соколов разработал *общий принцип функциональной организации рефлексорной дуги*, взаимодействие эле-

ментов которой может воспроизводить поведенческий акт. Концептуальная модель организации рефлекторного акта, по данным Е.Н. Соколова, включает элементы рефлекторной дуги афферентных, центральных и эфферентных звеньев. Между рецепторными и эффекторными образованиями включены системы нейронов: детекторов, командных нейронов и модулирующих нейронов, а также популяции моторных нейронов.

Возбуждение системы командных нейронов может запустить целостную поведенческую реакцию или отдельный ее фрагмент. Командные нейроны характеризуются высоким порогом генерации спайковой активности, способной запустить соответствующую им рефлекторную реакцию. Системы командных нейронов, запускающие различные рефлекторные акты, могут иметь разные пороги возбуждения.

Нейроны-детекторы селективно настроены на определенные параметры раздражителя и реализуют механизмы сенсорных анализаторов. Набор нейронов-детекторов, подключенных к командному нейрону, определяет его рефлексогенную зону, а популяция мотонейронов, составляющих мишень аксонных синапсов командного нейрона, определяет его моторную программу.

Модулирующие нейроны получают сигналы из внешней среды и внутренних органов и выполняют функцию регуляции тонуса рефлекторной деятельности мозга в целом, а также командных нейронов. Специальным механизмом регуляции возбудимости являются нейроны модулирующей (активирующей и инактивирующей) систем мозга с генерализованным спектром воздействия и локальным фокусом воздействия на системы, ответственные за выполнение актуализированного рефлекса.

Анализ и доставку сенсорной информации к системе командных нейронов осуществляют *сенсорные нейроны* с иерархическим принципом детекторных свойств. Кора большого мозга, образованная множеством детекторов, представляет собой целую систему анализаторов. В итоге обработка сенсорной информации осуществляется по принципу кодирования номером канала одновременно во множестве параллельно задействованных сенсорных каналов.

Командные нейроны позвоночных, как и нейроны-детекторы, упорядоченно организованы в несколько функциональных уровней: нейроны высшего порядка берут на себя функцию контроля и управления деятельностью командных нейронов следующего низшего уровня, которые запускают комплексы движений. Выходные (командные) нейроны двигательной коры запускают дискретные двигательные акты через вовлечение в реакцию популяций моторных нейронов стволовых и спинальных уровней. Принцип системной организации командных нейронов позволяет при ограниченном наборе моторных нейронов реализовать сложные элементы движений. Для системной организации командных нейронов двигательной коры также характерен принцип колончатой организации. При этом обработка информации и реализация поведенческих реакций осуществляются одновременно во множестве параллельно функционирующих каналов.

Поведение как осознаваемая деятельность формируется на базе врожденных реакций (безусловных рефлексов и инстинктов), условных рефлексов и импринтинга. Напомним еще раз, что *инстинкт – это врожденная стереотипная деятельность организма, побуждаемая биологическими потребностями и внешними раздражителями.*

3. Основные структуры мозга, обеспечивающие формирование поведенческого акта

Сведения о внешней среде поступают в лобные отделы коры как от сенсорных проекционных зон (по транскортикальным путям), так и через ассоциативные ядра таламуса. На основе этой поступающей информации и извлеченных из памяти энграмм фронтальной корой строится *программа реализации двигательного поведенческого акта.*

Способность животного организма прогнозировать вероятность предстоящих событий показана во многих экспериментах на крысах, кошках, обезьяне и исследованиях на человеке. При этом исследователи подчеркивают особую роль передних отделов новой коры. Так, после повреждения лобных долей у обезьян нарушение отражения вероятностных характеристик среды сохраняется в течение трех с лишним лет, тогда как аналогичный дефект, возникающий после двустороннего удаления теменной коры, исчезает через один-полтора месяца.

Фронтальная система вовлечена и в сенсорные, и в моторные механизмы мозга. Вентральную часть фронтальной коры рассматривают как кортикальную проекцию лимбической системы, которая участвует в анализе и регуляции процессов внутренней среды организма. Одно из существенных функциональных расстройств, возникающих у человека после поражения лобных долей мозга, – это распад поведенческих программ, неспособность поддерживать нормальную временную организацию поведения.

При осуществлении поведенческих реакций новая кора (неокортекс) управляет преимущественно пространственно-временными взаимоотношениями организма с окружающей средой, а также отвечает за формально-логическое мышление и стереогностические способности. Лимбическая система обуславливает главным образом эмоциональный настрой человека и побуждения к действию (т.е. мотивации и эмоции), а также процессы научения и запоминания.

Исследователи высказывают предположение, что повышенная отвлекаемость на малозначимые события, которая наблюдается у больных с опухолями в лобных долях мозга, может быть связана с нарушением механизмов вероятностного прогнозирования.

В отличие от фронтальной коры гиппокамп необходим для реагирования на сигналы с низкой вероятностью подкрепления. По данным М.Я. Пигаревой, двустороннее удаление гиппокампа у крыс делает невозможным их обучение при подкреплении с вероятностью 0,4 и 0,33. Нейроны гиппокампа фиксируют все изменения, все нестандартные отклонения в окружающей среде, вызывающие ориентировочные реакции.

Роль ассоциативных систем мозга в организации движений значительна. Специфичность участия таламопариетальной (таламотеменной) ассоциативной системы в организации движений определяется двумя моментами. С одной стороны, она обеспечивает узнавание (гнозис) элементов окружающей среды (предметов, процессов, явлений, речи) и участвует в формировании интегральной схемы тела, все части которого соотношены не только друг с другом, но и с вестибулярными и зрительными сигналами. С другой стороны, она участвует в регуляции внимания к текущим сигналам окружающей среды с учетом ориентации всего тела относительно этих сигналов и формирует целенаправленное действие – праксис. Таламопариетальная (как и нижневисочная) ассоциативная система активируется текущими сенсорными сигналами.

Основная роль таламолобной ассоциативной системы – формирование функциональной системы, обеспечивающей выполнение поведенческой реакции, и выработка стратегии поведения.

4. Активность нейронов и поведение

Любой поведенческий акт представляет собой интеграцию врожденных и приобретенных составляющих, от соотношения которых зависит степень его сложности.

В процессе оценки ситуации и формирования поведенческой реакции активируются различные группы нейронов. Выделена большая группа сенсорных нейронов, среди которых нейроны-детекторы, селективно реагирующие на определенное и достаточно простое качество или свойство внешнего мира. Это детекторы элементов формы, выделяющие углы, отрезки линий, определенным образом ориентированные, или детекторы цвета и т.д. Среди сенсорных нейронов выделена группа специальных нейронов – «гностических еди-

ниц», избирательно реагирующих уже не на простые, а на сложные интегральные признаки (Ю. Конорский). Так, Е. Ролле в верхней височной коре у обезьян обнаружил нейроны, избирательно реагирующие на неодушевленные объекты и их изображения. Кроме того, также найдены нейроны, идентифицирующие эмоции, например, они избирательно отвечают на выражение угрозы на человеческом лице. Нейроны, идентифицирующие лица и эмоциональную экспрессию, независимо от ракурса восприятия, обнаружены также в миндалине. Нейроны, определяющие степень пищевого насыщения организма, обнаружил К.В. Судаков и назвал их *нейронами «ожидания»*. В условиях пищевого мотивационного возбуждения, возникающего естественным путем или в результате электрического раздражения «центра голода», расположенного в латеральном гипоталамусе, эти нейроны разряжаются пачками спайков. С удовлетворением голода пачечный тип активности нейронов замещается на следующие равномерно одиночные спайки. При попадании пищи в полость рта пачечная активность нейронов усиливается и исчезает только в момент поступления пищи в желудок. Следовательно, контактное восприятие пищи через вкусовые рецепторы, т.е. предмета, способного удовлетворить голодную мотивацию, не уменьшает, а усиливает ее. Лишь при попадании пищи в желудок, а следовательно, становясь реальным подкреплением, сигналы об этом снижают пищевую мотивацию, что отражается в исчезновении пачечной активности у этих нейронов.

Исследователи высказывают предположение, что *нейроны, на которых конвергируют мотивационное возбуждение и возбуждение от подкрепления, входят в структуру акцептора результатов действия*. Пачечная активность этих нейронов отражает «ожидание» пищевого подкрепления. В нейронах «ожидания» закодирована информация о предмете, способном удовлетворить голод, т.е. информация о его виде, вкусе и способности утолять голод. В результате вид пищи вызывает мощную реакцию нейрона в виде усиления пачечной активности. В отсутствие мотивации нейрон не реагирует на вид пищи. Изменения реакции нейронов «ожидания» объясняют, почему голодным животным пища воспринимается иначе, чем сытым. Нейроны «ожидания» широко представлены в коре и подкорке. Число их увеличивается по направлению от коры к стволовым структурам мозга: от 30 % в соматосенсорной коре до 75 – 80% в ретикулярной формации среднего и продолговатого мозга. Полагают, что нейроны разных отделов мозга «ожидают» свои специфические параметры подкрепления. Каждой мотивации: пищевой, питьевой, оборонительной и т.д. – соответствует свой тип пачечной активности, свой тип распределения межимпульсных интервалов, одновременно охватывающий многие нейроны самых разных структур мозга (Е.Н.Соколов).

Выделена также группа нейронов, которые активируются при выполнении целых движений. В.Б. Швырков назвал их *нейронами «цели»*. Их активация предшествует акту хватания пищи (у кроликов) либо нажиму на педаль, за которым следует подача кормушки с пищей. Активация этих нейронов наблюдается при любых вариантах приближения к цели (справа, слева), а также при любом способе нажатия на педаль (одной или двумя лапами), и она всегда прекращается при достижении результата. Условия, среда, в которой выполняется данное действие, также не влияют на активность нейронов «цели». Нейроны «цели» зарегистрированы в моторной, сенсомоторной, зрительной коре, гиппокампе кролика. Они не активируются перед другими движениями, например перед пережевыванием пищи, не направленными на достижение цели. Нейроны, которые возбуждались только перед выполнением заученного движения нажима на определенный рычаг, сопровождающегося пищевым подкреплением, были обнаружены и у обезьян в лобной и теменной коре. А.С. Батуев их называет нейронами моторных программ, так как их активация связана с запуском двигательного акта.

Многими исследователями выделяются нейроны, активность которых жестко связана с осуществлением определенных движений, независимо от их роли и места в

структуре поведенческого акта. Так, описаны нейроны, которые активируются при занятии животными определенной позы, при пережевывании пищи. Среди них следует различать командные нейроны и мотонейроны. Возбуждение командного нейрона определяет осуществление сложнокоординированного движения, в выполнение которого вовлекается группа мотонейронов. Возбуждение же мотонейрона связано с сокращением и расслаблением отдельной мышцы.

В опытах на кроликах в сенсомоторной коре, головке хвостатого ядра обнаружены поисковые нейроны (В.Б. Швырков). Они возбуждались при обнюхивании пустых держателей, причем только тех, из которых кролик получал ранее пищу.

При ориентировочно-исследовательском поведении наблюдается усиление реакций особого класса нейронов – *нейронов «новизны»*, активирующихся при действии новых стимулов и снижающих свою активность по мере привыкания к ним. Нейроны «новизны» описаны для гиппокампа, неспецифичного таламуса, ретикулярной формации среднего мозга и других структур.

Таким образом, *активность нейронов связана с поведенческим актом и отдельные его стадии, этапы представлены различными группами нейронов*. При этом функционально сходные нейроны могут быть обнаружены в различных структурах мозга, т.е. существует распределенность функции по различным структурам мозга, что не отрицает их специализации.

5. Физиологические основы психических функций человека

Эмоции – субъективные реакции животного и человека на внутренние и внешние раздражения, проявляющиеся в виде удовольствия или неудовольствия, страха, гнева, тоски, радости, надежды, грусти. Фундаментальными эмоциями являются: интерес, радость, удивление, горе, гнев, отвращение, презрение, страх, стыд, вина. Термин «эмоция» употребляется в разных смыслах:

1) для обозначения субъективных ощущений, которые можно изучать только путем непосредственного самонаблюдения;

2) для обозначения экспрессивных проявлений при наблюдении за другими особями;

3) для описания сложного поведения типа драки, побега.

Эмоции создают окраску текущего поведения, субъективную оценку ситуации. Эмоции выполняют отражательную, регулирующую функцию. Управление эмоциями является проявлением физиологических механизмов воли. Подкрепляющая функция эмоций заключается в том, что сами эмоции могут выступать в качестве безусловного подкрепления. Компенсаторное значение эмоций заключается в их замещающей роли. В трудной ситуации с низкой вероятностью достижения цели даже небольшой успех порождает положительное эмоциональное состояние.

Согласно *теории П. К. Анохина (1968)* эмоции возникли как субъективные ощущения, позволяющие животным и человеку быстро оценивать различные внутренние потребности, действие на организм внешних факторов, результаты поведенческой деятельности и удовлетворение внутренних потребностей. Эмоции позволяют организму принимать решения и осуществлять ответные действия при недостатке информации.

Эмоциональное состояние – субъективное переживание, отражающее отношение данного индивидуума к окружающему миру и к самому себе. Возникающие параллельно изменения в соматической и висцеральной сфере, которые сопровождают эмоциональное состояние, обозначаются как *эмоциональное выражение (выражение эмоции)*.

Развитие физиологии показало правильность центральной теории эмоций. Вместе с тем, есть факты о влиянии периферических стимулов на эмоциональную сферу. Установлена корреляция между положительными переживаниями и сокращениями ли-

цевой мускулатуры улыбающегося человека. Мимика изменяет кровоснабжение мозга (может влиять на регулирующие эмоции структуры). Проприоцептивная обратная связь от рецепторов лицевой мускулатуры также вносит вклад в формирование эмоционального состояния. Модулирующее влияние оказывает на него и интероцептивная сигнализация, преимущественно по афферентным системам вагусов.

Вегетативные компоненты эмоций. У человека и животных аффективные реакции отражаются в изменениях кожно-гальванической реакции, артериального давления, ЭКГ, ЧСС, различных показателей дыхания, температуры кожи, зрачковой реакции, секреции слюны, пиломоторных реакций, дермографии, моторики ЖКТ, мышечного напряжения, мигания, движения глаз. Об эмоциональной реакции судят по содержанию катехоламинов, пептидов и глюкозы в крови, слюне и моче. На фоне аффекта резко меняется ЭЭГ. Преимущественно с отрицательными эмоциями связан гиппокампальный тета-ритм.

Попытки связать определенную эмоцию с определенным отделом автономной нервной системы не увенчались успехом. Некоторые исследователи привели доказательства связи эмоций умеренной интенсивности, если они приятны, с парасимпатическим отделом ВНС, если неприятны – с симпатическим.

Потребности – движущая сила поведения, специфическая, сущностная сила организмов, обеспечивающая их взаимодействие со средой для самосохранения, саморазвития.

Делятся на:

1. Витальные, жизненно необходимые (пища, вода, сон, экономия сил).
2. Социальные (потребность занимать определенное место в обществе, взаимоотношения между членами общества).
3. Идеальные потребности (познание, творчество, идеализация в собственном сознании отдельных личностей – артистов, выдающихся специалистов, религиозных символов). Главная потребность биологической системы – выживание.

Мотивации – возникающие под влиянием первичных изменений во внутренней среде эмоционально окрашенные состояния организма, сопровождающиеся активацией структур ЦНС и направляющие поведение человека на удовлетворение исходной потребности.

Делятся на:

- 1) низшие, первичные (голод, жажда);
- 2) высшие (вторичные) приобретаются в течение всей жизни; к ним могут быть отнесены все виды мотиваций, которые возникают по законам условного рефлекса.

Память (нервная, нейрологическая) – свойство нервной системы длительно сохранять информацию о событиях внешнего мира и о реакции организма на эти события, использование этой информации для построения поведения.

Сущность памяти заключается в фиксации образов, предметов и явлений, включающая 3 этапа: формирование энграммы (словесного описания явления), сортировку и выделение новой информации, долговременное хранение значимой для организма информации. Фиксация следа памяти связана со стойкими изменениями синаптической проводимости в пределах определенного нейронного ансамбля.

По времени сохранения информации выделяют кратковременную, промежуточную и долговременную память. Кратковременная сохраняет информацию в течение нескольких миллисекунд (500 мс), стирание происходит за 150 мс. В основе кратковременной памяти лежит сохранение возбуждения в нейронных цепях (реверберация). Промежуточная память измеряется минутами (десятками минут) и связана с конформационными перестройками отдельных молекул и структур, перемещением нейромедиатора. Долговременная память сохраняет информацию годами на основе синтеза макромолекул (нуклеиновых кислот и белков), обусловленного активацией генетического аппарата.

И.С. Бериташвили предложил классификацию видов памяти. *Образная память* позволяет сохранить и воспроизвести образ объекта. Под *эмоциональной памятью* понимается способность воспроизвести пережитое ранее эмоциональное состояние при повторном воздействии раздражителей, обусловивших переживание этого состояния. Эмоциональная память надмодальна, т. е. она формируется и воспроизводится на любые сенсорные воздействия; реализуется очень быстро, иногда после повторения ситуации; характеризуется произвольностью запоминания и воспроизводства информации, т. е. она обеспечивает пополнение подсознательной сферы человеческой психики. *Условно-рефлекторная память* проявляется в виде воспроизведения условных двигательных и секреторных реакций или заученных привычных движений спустя длительное время после их образования. *Словесно-логическая память (семантическая)* – память на словесные сигналы, обозначающие как внешние объекты и события, так и внутренние переживания и свои собственные действия.

В основе *долговременной памяти* лежат сложные структурно-химические преобразования на системном и клеточном уровнях головного мозга. Под влиянием обучения увеличивается количество холинорецепторов, что может быть следствием синтеза новых рецепторных молекул, либо демаскировки и активации уже существующих рецепторных белков. Активация рецепторов постсинаптических мембран облегчает обучение, ускоряет фиксацию, способствует извлечению следа из памяти. Антагонисты ацетилхолина нарушают обучение, приводят к потере памяти – амнезии. Моноамины (катехоламины и серотонин) участвуют в обучении опосредованно через нейрохимическое обеспечение положительных и отрицательных эмоций. Серотонин формирует положительно эмоциональные состояния, НА – отрицательные. Процессы долговременной памяти зависят также от уровня метаболизма аминокислот, глутаминовой кислоты, циклических нуклеотидов, ионов кальция.

Существует 2 группы гипотез о природе долговременной памяти. Согласно одной группе гипотез, обучение и память связаны с кодированием приобретенных форм поведения в информационных макромолекулах. В пользу этих гипотез свидетельствуют факты о количественном изменении РНК и белков при обучении и возможности переноса памяти от обученных животных к необученному с помощью извлеченных из мозга обученных животных РНК или полипептидов. Для процессов долговременной памяти необходим полноценный синтез белков. В формировании устойчивости созданной энграммы должна существовать система обновления специфических рецепторных белков, либо должны возникать стабильные модификации ДНК, в результате которых в нейронах образуется и поддерживается пожизненно синтез любого нейроспецифического белка. Согласно другой группе гипотез долговременная память возникает на основе функционального объединения нейронов. В пользу этих гипотез свидетельствуют факты структурной перестройки нейронов обученных животных – увеличение количества шипиков на дендритах нейронов, количества синапсов, облегчение синаптической проводимости

Лекция. Целенаправленное поведение человека. Адаптация

- 1 Особенности взаимодействия человека с окружающей средой.
- 2 Понятие гомеостаза. Определение адаптации.
- 3 Уровни адаптации: физиологический, психический, социальный.
- 4 Стресс и его стадии, общие черты психологического стресса.
- 5 Пограничные состояния и адаптация.
- 6 Механизмы психической адаптации по Ю.А. Александровскому.

1. Особенности взаимодействия человека с окружающей средой

Рассматривая психологические аспекты деятельности человека, мы не можем не обратить внимание на то, что она никогда не осуществляется изолированно от внешней среды. Объекты и явления внешней среды постоянно оказывают определенное воздействие на человека и определяют условия осуществления его деятельности, причем часто их воздействие носит отрицательный характер.

Условия, в которых организм человека может функционировать, весьма ограничены. Достаточно повышения или понижения температуры тела всего на один градус, как человек начинает чувствовать себя некомфортно. Обычно это состояние принято называть болезненным, поскольку в обычных условиях оно в большинстве случаев обусловлено болезнью. А если изменить температуру тела на пять-шесть градусов, то могут начаться необратимые процессы, приводящие к гибели человеческого организма.

Параметры внешней среды также имеют весьма незначительный интервал изменения характеристик, в рамках которых человеческий организм может нормально функционировать. На протяжении всей своей жизни человек постоянно сталкивается с ситуациями, которые грозят ему гибелью. Многие из этих ситуаций обусловлены природными явлениями. Другие возникают при неразумной деятельности или поведении самого человека. Однако, несмотря на всю хрупкость своего организма, человек живет, действует, создает и творит. Что же позволяет выжить человеку в этих условиях?

Можно говорить о разных факторах, обуславливающих выживание человека как вида, но все они связаны, с одной стороны, со способностью организма регулировать параметры внутренней среды, а с другой – со способностью опосредованного отражения человеком окружающей действительности. Этой способностью человек обладает благодаря нервной системе и психике. Именно они в значительной степени определяют возможность выживания человека как вида, поскольку обеспечивают процесс *адаптации* человека к условиям среды.

Однако жизнедеятельность организма обеспечивается не только за счет стремления к внутреннему равновесию всех систем, но и за счет постоянного учета факторов, воздействующих на этот организм извне. Дело в том, что любой живой организм существует в определенной среде. Он не может существовать вне среды, поскольку вынужден постоянно получать из внешней среды необходимые для жизни компоненты (например, кислород). Полная изоляция живого организма от внешней среды равносильна его гибели. Поэтому живой организм, стремясь к достижению внутреннего равновесия, должен одновременно приспосабливаться к условиям среды, в которой он находится. Именно это явление и определяет содержание понятия «адаптация».

Точно так же и человек не может жить, не соприкасаясь со средой, но его главным отличием по сравнению с другими представителями животного мира является то, что он не может существовать, не соприкасаясь не только с физической, но и с социальной средой, поскольку человеческие качества и свойства конкретный индивид приобретает, только находясь в социуме. Следовательно, адаптация человека протекает на более высоком уровне и осуществляется за счет сложных механизмов физиологической, психической и социальной адаптации.

Понятие адаптации – одно из основных в научном исследовании организма, поскольку именно механизмы адаптации, выработанные в процессе эволюции, обеспечивают возможность существования организма в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. Благодаря процессу адаптации достигается оптимальное функционирование всех систем организма и сбалансированность в системе «человек–среда».

2. Понятие гомеостаза. Определение адаптации

Гомеостаз – это подвижное равновесное состояние какой-либо системы, сохраняемое путем ее противодействия нарушающим это равновесие внутренним и внешним факторам. Одним из центральных моментов учения о гомеостазе является представление о том, что всякая система стремится к сохранению своей стабильности. По мнению У. Кэннона, получая сигналы об угрожающих системе изменениях, организм включает устройства, продолжающие работать до тех пор, пока не удастся вернуть ее в равновесное состояние. Если же нарушить равновесие процессов и систем организма, то параметры внутренней среды нарушаются, живой организм начинает болеть. Причем болезненное состояние будет сохраняться на протяжении всего времени восстановления параметров, обеспечивающих нормальное существование организма. Если же необходимых для сохранения равновесия внутренней среды прежних параметров достичь не удастся, то организм может попытаться достичь равновесия при других, измененных параметрах. В этом случае общее состояние организма может отличаться от нормального. Очень часто проявлением такого равновесия является хроническое заболевание.

Наша жизнь зависит от сохранения постоянства определенных вещей. Если бы температура нашего мозга изменилась более чем на несколько градусов, мы бы быстро потеряли сознание. Если бы количество воды в нашем организме увеличилось или уменьшилось более чем на несколько процентов, наш мозг и тело не смогли бы работать, и мы могли бы умереть. Люди и животные ходят по тонкой проволоке баланса между физиологическими крайностями. Подобно хрупкому и точно настроенному механизму, мы не можем работать, если наша внутренняя среда не сбалансирована. Но в отличие от большинства машин в нас заложена возможность самостоятельно этот баланс поддерживать. Даже когда меняется внешний мир, наше внутреннее состояние остается относительно стабильным.

Чтобы удержать свой организм в узких рамках физиологического выживания, нам приходится активно контролировать процессы поддержания гомеостаза. Гомеостаз означает неизменность чего-либо: «гомео» значит «равный», а «стазис» значит «статичный», или «постоянный». Процесс управления гомеостазом – это активно действующая система поддержания постоянного состояния. Процесс управления гомеостазом может быть психологическим, физиологическим и механическим,

Внешне управление гомеостазом проявляется в виде таких физиологических реакций, как потение или дрожь. Эти реакции являются частью механизма поддержания температуры мозга постоянной, поскольку обеспечивают охлаждение в виде испарения и нагрев в виде мышечной активности.

Когда вы находитесь на жарком солнце, все ваше тело начинает нагреваться. Сходным образом, если вы слишком долго остаетесь незащищенным на холоде, все ваше тело охватывает гипотермия. Но на самом деле изменение температуры обнаруживается только внутри вашего мозга. Нейроны нескольких определенных участков мозга, особенно находящиеся в предоптическом (переднем) участке гипоталамуса у основания мозга, являются, по сути, нервными термостатами. Когда их собственная температура меняется, они начинают работать иначе. Эти нейроны внутри вас служат одновременно термометром и гомеостатической точкой настройки. Когда их температура отклоняется от нормального уровня, меняется их метаболизм, в результате чего меняется характер их активности. Это запускает физиологические реакции, такие как потение или дрожь, которые помогают скорректировать температуру. При этом может возникнуть сознаваемое ощущение, что вам слишком жарко или слишком холодно, которое заставит вас стремиться в тень или надевать пальто, то есть совершать поведенческое решение той же задачи.

Начиная с работ К. Бернара, *адаптация* рассматривается как совокупность динамичных образований, как соотношение между неравновесными системами.

Современное представление об адаптации основывается на работах И. П. Павлова, И. М. Сеченова, П. К. Анохина, Г. Селье и др. Несмотря на наличие многочисленных определений феномена адаптации, объективно существует несколько ее основных проявлений, которые позволяют утверждать, что адаптация – это, во-первых, свойство организма, во-вторых, процесс приспособления к изменяющимся условиям среды, суть которого состоит в достижении одновременного равновесия между средой и организмом, в-третьих, результат взаимодействия в системе «человек–среда», в-четвертых, цель, к которой стремится организм.

Таким образом, можно выделить два общих подхода к рассмотрению феномена адаптации. С одной стороны, адаптация рассматривается как свойство любой живой саморегулируемой системы, обеспечивающее ее устойчивость к условиям внешней среды (что предполагает наличие определенного уровня развития адаптационных способностей). При другом подходе адаптация рассматривается как динамическое образование, как непосредственный процесс приспособления к условиям внешней среды.

3. Уровни адаптации: физиологический, психический, социальный

Поскольку адаптация является свойством любого живого организма, данное свойство присуще и человеку. Однако человек – это не просто живой организм, а прежде всего биосоциальная система и элемент социальной макросистемы. Поэтому при рассмотрении проблем адаптации человека принято выделять три функциональных уровня: физиологический, психологический и социальный, при этом говорят о физиологической, психической и социальной адаптации, а иногда к этому добавляют психофизиологическую и социально-психологическую адаптацию. Более того, существуют определенные физиологические и психические механизмы, обеспечивающие процесс адаптации на этих трех уровнях.

Выделенные нами три уровня адаптации взаимосвязаны между собой самым тесным образом, оказывают друг на друга непосредственное влияние и определяют интегральную характеристику общего уровня функционирования всех систем организма. Эта интегральная характеристика представляет собой весьма динамичное образование, которое принято называть *функциональным состоянием организма*. Данное понятие, одно из центральных в современной физиологии и психологии человека, непосредственно связано с проблемой адаптации. Без понимания смысла термина «функциональное состояние» нельзя ни уяснить для себя смысл такого сложного явления, как адаптация, ни разобраться в проблеме регуляции психических состояний.

Адаптация – сложный процесс, затрагивающий все уровни функционирования организма – физиологический, психологический, социально-психологический, в том числе профессиональный. Поэтому важно понимать, какие изменения происходят на каждом из этих уровней.

На физиологическом уровне наблюдается напряжение функциональных компенсаторных систем, направленных на обеспечение адекватного реагирования в экстремальных условиях. На этом уровне функционируют механизмы нейрогуморальной регуляции (напряжение симпатoadреналовой системы, выделение гормонов коры надпочечников, нейромедиаторов мозговых структур – гистамина, дофамина, ацетилхолина и др.), а также происходит включение отдельных органов и систем в стресс-реакции (сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и т.д.).

На психологическом уровне отмечаются изменение, перестройка психики индивида, процесс выработки новых динамических стереотипов, под которыми понимают устойчивую систему временных нервных связей (условных рефлексов), обеспечиваю-

щую определенную интенсивность и последовательность реакций организма и психики на изменение внешних и внутренних воздействий. Выделяют положительные и отрицательные реакции психологической адаптации.

Положительные реакции представляют конструктивные решения, преодоление препятствия, мешающего достижению цели. Эффект достигается путем усиления стремления, направленного на разрешение проблемы. Отрицательные реакции фрустрации могут вызвать разные формы неконструктивного поведения. К ним относятся агрессия, регрессия, фиксация, отказ, негативизм, репрессия (Ф.Б. Березин, В.А. Бодров).

Агрессия направлена на другое лицо или объект. Формы агрессии могут быть физическими и вербальными. Иногда агрессия носит скрытый характер, также она может быть направлена на заместительные объекты, а не на само препятствие. Агрессия, переходящая в гнев, проявляется в бурных и неадекватных реакциях. Агрессия обычно не приводит к достижению цели, и поэтому она не является конструктивной формой поведения.

Регрессия – возврат к формам реагирования, поведения, присущим человеку на более раннем этапе жизни. При этом возможно возникновение инфантильных реакций, свойственных детскому возрасту. Возможны примитивизация поведения, усиление жестокости, применение физической силы. У лиц, получивших травму, это выражается в отказе строить планы на будущее, возвращении к привычным, отработанным ранее формам поведения.

Фиксация – повторение неэффективных способов поведения. Может проявляться в межличностных отношениях, профессиональной деятельности.

Отказ – тенденция индивидуума не участвовать в решении касающейся его проблемы. Таким образом, развивается апатический подход к ситуации. Это наиболее неблагоприятная реакция на фрустрацию. Существуют два типа отказа. Первый отказ «с легким сердцем», когда человек относительно легко соглашается с невозможностью справиться с ситуацией и ищет для себя другие сферы деятельности. В этом случае сохраняются значительная эффективность адаптационных механизмов, умение переключаться, сохраняя положительную мотивацию. Второй вид отказа – отказ с дезорганизацией поведения. Здесь выступают апатия, угнетение, снижение активности.

Негативизм: для него характерно отрицательное отношение не только к вызывающей фрустрацию ситуации, но и к другим, имеющим с ней какие-нибудь черты сходства, проблемам.

Репрессия характеризуется блокированием, вытеснением из сознания неприятных ситуаций, которые касаются требуемых для разрешения вопросов. Это нереалистическая форма поведения.

Необходимость адаптации приводит к активизации так называемых защитных механизмов личности. Проблема защитных механизмов (психологических защит) разрабатывалась со времен З. Фрейда (в том числе его дочерью Анной). Роль защитных механизмов заключается, прежде всего, в снижении эмоционального напряжения в ситуациях внутриличностного конфликта, хотя это и не всегда решает саму проблему. Существует множество классификаций защитных механизмов, начиная с классификации Фрейда и заканчивая предлагаемыми последними исследованиями в этой области. К основным защитным механизмам относят рационализацию, проекцию, фантазирование, вытеснение, идентификацию, компенсацию.

В работах по стрессу психологическая защита как способ противодействия стрессу сопоставляется с так называемыми механизмами совладания (или стратегиями преодоления – *stress-coping strategies*). А. Адлером механизмы совладания понимаются как поведенческие и внутриспсихические усилия по разрешению конфликтов между внешними и внутренними требованиями, которые предполагают мобилизацию психи-

ческих ресурсов. Другие авторы подчеркивают, что не все, что в самом широком смысле служит решению проблемы или адаптации, можно назвать совладанием; о нем можно говорить только тогда, когда переработка травматического опыта требует значительных усилий. Считается, что в общей структуре механизмов психической регуляции защитные реакции занимают последний уровень совладания с экстремальными ситуациями, уровень, который уже имеет характер прогрессирующей декомпенсации. Защитный вариант регуляции поведения направлен на маскировку актуальной социальной недееспособности (в том числе на маскировку перед самим собой), на купирование тревоги, на вытеснение информации, которая противоречит Я-концепции.

Р. Лазарусом, Мак-Гро и другими авторами была предложена классификация психозащитных техник, в которой в одну группу были выделены симптоматические техники (употребление алкоголя, транквилизаторов, седативных препаратов и т.д.), а в другую – так называемые внутриспсихические техники когнитивной защиты (идентификация, перемещение, подавление, отрицание, реактивное образование, проекция, интеллектуализация). К настоящему времени сложилось представление о перечне основных стилей преодоления, которых придерживаются люди в кризисных ситуациях.

Эти стратегии существенно различаются своей адаптивной эффективностью. Исследование особенностей преодоления профессионального стресса в управленческой деятельности (Н. Е. Водопьянова, 1998) выявило группы менеджеров, успешно и неуспешно справляющихся с трудностями.

Стили преодоления стрессовой ситуации

Стиль преодоления

Характеристика поведения

1. Положительная интерпретация и рост

человек делается лучше в результате столкновения с ситуацией, вырастая из нее, или рассматривает ее в более выгодном свете

2. Активное преодоление

выполнение каких-либо действий по преодолению стресса, человек прилагает определенные усилия, чтобы устранить или «перехитрить» стрессор

3. Планирование

раздумья о том, как противостоять стрессору, планирование усилий по его активному преодолению

4. Поиск эмоциональной социальной поддержки

человек добивается симпатии или эмоциональной поддержки от кого-либо

5. Поиск инструментальной социальной поддержки

поиск помощи, информации или совета относительно того, что делать

6. Подавление конкурирующей активности

подавление внимания, отвлекаемого на другую деятельность, для более полной концентрации на активности, связанной со стрессом

7. Религия

повышенная вовлеченность в религиозную деятельность

8. Принятие

принятие того факта, что стрессогенное событие имело место, оно реально, от него никуда не деться

9. Психический (ментальный) уход

психический уход от цели, с которой интерферирует стрессор, это достигается посредством погружения в мечты, сны или самоотвлечения

10. Фокус на разрядке эмоций

понимание того, что человек находится в состоянии эмоционального дистресса, и соответствующая этому тенденция разрядиться или дать выход своим чувствам

11. Поведенческий уход
отказ от деятельности, прекращение попыток достичь цель, с которой интерферирует стрессор
12. Отрицание
попытка неприятия реальности стрессогенного события
13. Стратегия сдерживания
выжидание времени, удобного для выполнения действий по преодолению стрессовой ситуации
14. Употребление алкоголя/наркотиков
поворот к использованию алкоголя или других «лекарств» как путь ухода от стрессора
15. Юмор
использование шуток по поводу стрессора

«Успешные» менеджеры отличаются от «неуспешных» по ряду критериев. Во-первых, у них большой репертуар преодолевающих стратегий, а это, соответственно, делает их выбор более адаптивным. Во-вторых, «успешные» чаще предпочитают «здоровые» модели адаптивного поведения в стрессогенных ситуациях. Это выражается в более высоких показателях уверенности поведения, вступления в социальные контакты, поиска социальной поддержки и в более низких показателях агрессивности и асоциальных действий. «Успешные» менеджеры чаще используют не прямые действия, рационализацию и поиск позитивного в эмоционально-напряженных ситуациях делового общения по сравнению с «неуспешными» менеджерами. Кризисные ситуации «успешные» предпочитают рассматривать как новый опыт, полезный для будущей жизни и профессиональной карьеры (по принципу «за одного битого двух небитых дают»). Модели их поведения просоциальны, активны и гибки.

Для «неуспешных» более характерными оказались модели поведения, основанные на пассивно-созерцательном реагировании: осторожные действия, уход от проблемы. Значительно чаще отмечались асоциальная стратегия (жесткие, догматические, циничные, негуманные действия), агрессия (давление, отказ от поиска альтернативных решений, конфронтация, соперничество). Они чаще проявляли социальную незрелость и несмелость, в то же время их поведение в проблемных ситуациях более асоциально и агрессивно по отношению к окружающим. Это является своеобразным компенсаторным механизмом преодоления внутреннего (душевного) дискомфорта, обусловленного неуверенностью в себе, и негативизма.

Особое значение включение механизмов физиологической и психологической адаптации имеет в условиях воздействия экстремальных факторов производственной среды. В этом случае происходит краткосрочная мобилизация адаптационных ресурсов, позволяющая продолжать выполнение деятельности в условиях неблагоприятного воздействия чрезвычайной обстановки. Приобретенные в особой обстановке компенсаторно-приспособительные психофизиологические и личностные изменения в ряде случаев становятся устойчивым эмоционально-поведенческим стереотипом.

Социально-психологическая адаптация (далее – СПА) затрагивает индивидуальные особенности человека, позицию личности в обществе, систему взаимодействия с окружающими. Экстремальные ситуации, возникающие в области экономических, политических, социальных и духовных отношений в обществе, предъявляют повышенные требования к эффективности механизмов адаптации. СПА рассматривается, с одной стороны, как приспособление, с другой – как преобразование среды в результате активной деятельности адаптирующегося индивида. Процесс СПА состоит в том, что человек, овладевая разнообразным социальным опытом, постоянно сталкивается с новыми жизненными обстоятельствами, вырабатывая при этом новые модели поведения,

наиболее соответствующие изменившимся условиям окружающей среды и данной ситуации. Это часто сопровождается отказом от сложившихся ранее понятий и представлений, установок, ценностных ориентации и приобретением новых, соответствующих изменившимся условиям. Специфика собственно человеческой адаптации заключается в том, что она носит активный, деятельностный характер и изменяет как само поведение человека, так и окружающий мир (А. А. Налчаджян).

Выделяют несколько различных стратегий социально-психологической адаптации: стремление изменить внешние обстоятельства; уход от решения проблемы и поиск среды, более соответствующей адаптивному потенциалу индивида; изменение своей внутренней структуры.

Результатом адаптационного процесса является относительное соответствие (баланс) состояния и поведения человека условиям социальной среды, т.е. социально-психологическая адаптированность личности. Социально-психологическая адаптированность – это интегральный показатель состояния человека, отражающий его возможности выполнять определенные биосоциальные функции (адекватное восприятие окружающей действительности и собственного организма; адекватная система отношений и общения с окружающими; способность к труду, обучению, к организации досуга и отдыха; способность к самообслуживанию и взаимообслуживанию в семье и коллективе; изменчивость (адаптивность) поведения в соответствии с ролевыми ожиданиями других). Основными проявлениями психологической адаптированности человека в обществе являются его взаимодействие (в том числе общение) с окружающими людьми и его активная деятельность. Важнейшими средствами достижения психологической адаптации являются общее образование и воспитание, а также трудовая и профессиональная подготовка.

Эффективному развитию всех механизмов СПА способствует взаимодействие объективных социальных условий (социальное происхождение, образовательный уровень), среды обитания (семья, школа, трудовой коллектив, неформальное окружение) и самой личности, которая формируется в зависимости от активной или пассивной позиции, способностей, творческой деятельности, природных задатков.

Показателями уровня СПА принято считать субъективную удовлетворенность личности своей жизнью, результатами выполняемой деятельности и продуктивность деятельности субъекта (в качестве объективного показателя).

Таким образом, понятие социально-психологической адаптации отражает сложные процессы, происходящие с человеком в изменяющемся социальном окружении и направленные на достижение гармонии с социальной средой. Успешность СПА обеспечивает целенаправленная деятельность человека в интересах изменения внешних условий и самого себя. В ее основе лежат сложные механизмы структурной перестройки личности и ее окружения, поиск и формирование новых смыслов в жизнедеятельности, овладение новыми трудовыми навыками, трансформации ценностного, мотивационного, смыслового ядра личности. В отличие от психофизиологической адаптации, которую можно считать процессом краткосрочного приспособления, СПА является механизмом долгосрочного планирования и обеспечения жизни индивида. Учитывая специфику деятельности в экстремальных ситуациях, можно говорить об успешности адаптации в том случае, если человек в этих условиях продолжает выполнять свои профессиональные задачи (проводить спасательные работы, управлять техникой в аварийной ситуации и др.).

4. Стресс и его стадии, общие черты психологического стресса

Еще одним видом функционального состояния является стресс, который характеризуется повышенной физиологической и психической активностью. Для этого

состояния характерна крайняя неустойчивость. При благоприятных условиях оно может трансформироваться в оптимальное рабочее состояние, а при неблагоприятных условиях – в состояние нервно-эмоциональной напряженности, для которого характерно снижение как общей работоспособности, так и эффективности функционирования отдельных систем и органов, а также истощение энергетических ресурсов.

Основные черты психического стресса можно резюмировать следующим образом:

- 1) стресс – это такое состояние организма, возникновение которого предполагает наличие определенного взаимодействия между организмом и средой;
- 2) стресс – это состояние повышенной напряженности;
- 3) психический стресс возникает в условиях угрозы и имеет место тогда, когда нормальная адаптивная реакция недостаточна.

Являясь одновременно самостоятельным физиологическим, психическим и социальным явлением, стресс по своей сути представляет собой еще один вид эмоционального состояния. Это состояние характеризуется повышенной физиологической и психической активностью. При этом одной из главных характеристик стресса является его крайняя неустойчивость. При благоприятных условиях это состояние может трансформироваться в оптимальное состояние, а при неблагоприятных условиях – в состояние нервно-эмоциональной напряженности, для которого характерно снижение работоспособности и эффективности функционирования систем и органов, истощение энергетических ресурсов.

Стресс – неспецифический ответ организма на предъявляемые ему внешние или внутренние требования. Данное понятие было предложено Г. Селье. Ему удалось установить, что на неблагоприятные воздействия разного рода, например холод, усталость, страх, унижение, боль и многое другое, организм отвечает не только конкретной для каждого воздействия защитной реакцией, но и общим, однотипным комплексным реагированием вне зависимости от того, какой раздражитель действует на организм. При этом в промежутке между воздействием и ответом организма разворачиваются определенные процессы. Эти процессы были описаны в классических исследованиях Г. Селье, доказывающих, что стадии стресса характерны для любого адаптационного процесса. В частности, они включают непосредственную реакцию на воздействие, требующее адаптационной перестройки (фаза тревоги и мобилизации), период максимально эффективной адаптации (фаза резистенции) и нарушение адаптационного процесса в случае неблагоприятного исхода (срыв адаптации).

Рассмотрим *стадии стресса*.

Первая стадия процесса *концептуализации* - игнорирование психотравмирующего фактора, попытка выйти из ситуации с минимальной потерей энергии. Этот тип реагирования свойствен всем людям, но является доминирующим у детей и инфантильных, демонстративных, истероидных личностей, которые не вовлекаются в глубокие психологические переживания.

В *первой фазе – фазе тревоги* – осуществляется мобилизация защитных сил организма, повышающая его устойчивость. При этом организм функционирует с большим напряжением. Однако на данном этапе он еще справляется с нагрузкой с помощью поверхностной, или функциональной, мобилизации резервов, без глубоких структурных перестроек. Физиологически первичная мобилизация проявляется, как правило, в следующем: кровь сгущается, содержание ионов хлора в ней падает, происходит повышенное выделение азота, фосфатов, калия, отмечается увеличение печени или селезенки и т. д. У большинства людей к концу первой фазы отмечается некоторое повышение работоспособности.

Вторая стадия - возбуждение. Она характеризуется хаотическим проявлением активности, направленной на преодоление, ликвидацию психотравмирующей ситуации. Как доминантная форма реагирования, она свойственна поведенчески активным личностям. Эта активность всегда сопровождается так называемой регрессией возраста, возвратом к детским формам психических проявлений. Поэтому требовать принятия решения, говорить на языке логики, убеждения с человеком, находящимся в таком состоянии, бессмысленно. Он понимает только язык прикосновений (нужен сенсорный контакт) и эмоций.

На данном этапе отмечается сбалансированность расходования адаптационных резервов организма. Все параметры, выведенные из равновесия в первой фазе, закрепляются на новом уровне. При этом обеспечивается мало отличающееся от нормы реагирование организма на воздействующие факторы среды.

Третья стадия характеризуется *депрессивным состоянием*. Эта депрессия связана с потерей психической энергии и является по сути своей реактивной. Она выражается в подавленном настроении, заниженной самооценке, слабой физической активности. При этом идет интенсивная психическая работа, направленная на осознание происшедшего и поиск путей выхода из создавшейся ситуации. Такая форма реагирования является доминантной у людей меланхолического, философского склада. Помощь человеку, находящемуся на этой стадии адаптационного процесса, заключается в восполнении дефицита энергии за счет психоэмоционального (сочувствия, понимания) и энергетического резонанса.

Четвертая стадия – это концептуализация. Принятие решения, новой концепции как руководства к дальнейшему действию и восприятию жизни приводит к угасанию стресса. Когда адаптационная перестройка закончена, стресс в качестве ее инструмента уже больше не нужен. Лучшими концептуализаторами являются люди философского склада. Они, по сравнению с "людьми действия", растворяющимися в сиюминутности жизни (чаще людьми пикнической конституции), быстрее и лучше выходят из психотравмирующих ситуаций. В то же время, имея часто астеническую соматическую конституцию, к физическим нагрузкам представители этого типа адаптируются с трудом.

Следует отметить, что не всякое воздействие вызывает стресс. Слабые воздействия не приводят к стрессу, он возникает лишь тогда, когда влияние стрессора (непривычного для человека объекта, явления или каких-либо других факторов внешней среды) превосходит обычные приспособительные возможности индивида. При стрессовых воздействиях в кровь начинают выделяться определенные гормоны. Под их влиянием изменяется режим работы органов и систем организма. Например, учащается ритм сердца, повышается свертываемость крови, изменяются защитные свойства организма.

Таким образом, стресс возникает тогда, когда организм вынужден адаптироваться к новым условиям, т. е. стресс неотделим от процесса адаптации.

Сущность стрессовой реакции заключается в «подготовительном» возбуждении и активации организма, необходимой для готовности к физическому напряжению. Следовательно, мы вправе полагать, что стресс всегда предшествует значительной трате энергетических ресурсов организма, а затем и сопровождается ею, что само по себе может приводить к истощению функциональных резервов. При этом стресс ни в коей мере не может рассматриваться как отрицательное явление, поскольку лишь благодаря ему возможна адаптация. Кроме этого, умеренно выраженный стресс оказывает положительное влияние как на общее состояние организма, так и на психические характеристики личности. Например, при умеренном стрессе отмечается позитивное изменение таких психических характеристик, как показатели внимания, памяти, мышления и др. Таким образом, стресс, как целостное явление, должен рассматриваться в качестве позитивной адаптивной реакции, вызывающей мобилизацию организма. Тем не менее,

существуют стрессовые реакции, которые, наоборот, приводят к демобилизации систем организма. Это крайне отрицательное проявление стресса в научной литературе получило название *дистресса*. Именно дистресс несет в себе факторы, разрушительно действующие на организм. Трансформация стресса в дистресс происходит при чрезмерно интенсивном воздействии факторов среды и условий жизнедеятельности, при которых очень быстро истощаются функциональные резервы организма или нарушается деятельность механизмов психической регуляции.

В настоящее время принято разделять стресс на два основных вида: *системный* (физиологический) и *психический*. Поскольку человек является социальным существом и в деятельности его интегральных систем ведущую роль играет психическая сфера, то чаще всего именно психический стресс оказывается наиболее значимым для процесса регуляции.

Некоторые авторы разделяют факторы, вызывающие психический стресс, на две большие группы. Поэтому и психический стресс они условно делят на два вида: *информационный* и *эмоциональный*. Информационный стресс возникает в ситуациях значительных информационных перегрузок, когда человек не справляется с задачей переработки поступающей информации и не успевает принимать правильные решения в требуемом темпе, особенно при высокой ответственности за последствия принятых решений. Возникновение эмоционального стресса большинство авторов связывают с ситуациями угрозы, опасности, обиды и т. д. С этой точки зрения принято выделять три формы эмоционального стресса: импульсивный, тормозной и генерализованный. При эмоциональном стрессе отмечаются определенные изменения в психической сфере, в том числе изменения протекания психических процессов, эмоциональные сдвиги, трансформация мотивационной структуры деятельности, нарушения двигательного и речевого поведения.

Деление психического стресса на информационный и эмоциональный условно. Данная классификация исходит из основных характеристик факторов, вызывающих стресс. На практике очень редко удается разделить информационные и эмоциональные стрессоры и определить, какие из стрессоров являются ведущим. Чаще всего в стрессовой ситуации информационные и эмоциональные стрессоры неразделимы, поскольку формирование чувств всегда связано с переработкой информации. Очень часто в результате ошибочной оценки ситуации у человека возникает чувство обиды или гнева. В свою очередь, так называемый информационный стресс всегда сопровождается высоким эмоциональным возбуждением и определенными чувствами. Однако возникающие при этом чувства могут встречаться и в других ситуациях, не связанных с переработкой информации. В большинстве работ психический и эмоциональный виды стресса отождествляются.

Эмоциональный стресс вызывает такие же изменения в организме, как и стресс физиологический. Таким образом, психический стресс можно охарактеризовать как состояние организма, возникающее в процессе взаимодействия индивида с внешней средой, сопровождающееся значительным эмоциональным напряжением в условиях, когда нормальная адаптивная реакция оказывается недостаточной.

5. Пограничные состояния и адаптация

С точки зрения соответствия состояния человека норме можно выделить три основных типа состояний: *норма, пограничное состояние, патология*.

Среди этих трех классов состояний наиболее сложным являются пограничные состояния. Причем к данной категории могут быть отнесены состояния, вызванные как нарушением соматической, так и психической сферы. Нас, конечно, в первую очередь интересуют психические пограничные состояния. Данное понятие главным образом используется для обозначения целой группы не резко выраженных нарушений, грани-

чащих с состоянием здоровья и отделяющих его от собственно патологических психических проявлений.

Эта группа состояний неоднородна по своему составу и качественным параметрам, характеризующим степень здоровья или нездоровья у человека, поскольку переход от здоровья к болезни представляет собой качественное преобразование параметров организма. Существуют состояния, которые, с одной стороны, в большей степени соответствуют здоровью и лишь по ряду отдельных показателей выходят за пределы нормы. С другой стороны, существуют состояния, которые очень близки к патологии, но не могут рассматриваться в качестве болезни, так как в них отсутствует один или несколько существенных признаков наличия симптомокомплекса болезни.

Кроме этого, существует целый ряд психологических явлений, которые выходят за пределы общепринятой нормы, но ни в коем случае не могут быть отнесены к патологии. Например, к данной группе явлений на полном основании могут быть отнесены акцентуации характера. Поскольку данный класс состояний занимает промежуточное положение между здоровьем и болезнью, то проблему пограничных состояний изучают как врачи-психиатры, так и психологи.

Главной особенностью пограничных психических состояний является не только то, что они располагаются между состоянием здоровья и болезни, но и то, что они непосредственно связаны с процессом адаптации. При рассмотрении проблемы адаптации человека выделяют физиологическую, психическую и социальную адаптацию. При этом психическая адаптация является наиболее значимым уровнем для обеспечения успешной адаптации человека в целом, поскольку механизмы адаптации прежде всего имеют психическую природу.

По мнению известного психиатра Ю.А. Александровского, адаптированная психическая деятельность является важнейшим фактором, обеспечивающим человеку состояние здоровья. В том случае, когда уровень психической адаптации соответствует необходимому для активной жизнедеятельности, можно говорить о «норме».

Таким образом, одна из основных причин возникновения пограничных состояний заключается в нарушении психических механизмов регуляции состояний. Это происходит тогда, когда возникает несоответствие между имеющимися у человека социальными и биологическими возможностями переработки информации (имеется в виду ее количество и скорость переработки) и необходимостью осуществить переработку информации в конкретных условиях деятельности.

От пограничных психических состояний следует отличать так называемые пограничные психические расстройства, под которыми обычно подразумеваются различные формы психопатии. Согласно перечню диагностических рубрик международной классификации болезней (МКБ-10), разряд пограничных психических расстройств насчитывает более 200 наименований. Все они составляют предмет изучения для психиатра, так как в данном случае речь идет не о состояниях, граничащих с нормой и патологией, а о расстройствах, занимающих промежуточное положение между невротами и психозами. Психолог должен различать сферу своей компетенции и сферу компетенции психиатра. Чаще всего на практике психолог сталкивается с начальными проявлениями невротических нарушений, посттравматическими стрессовыми расстройствами, социально-стрессовыми расстройствами и паническими состояниями.

Необходимо подчеркнуть особую роль эмоций в формировании пограничных состояний. Дело в том, что и посттравматические стрессовые расстройства, возникающие в результате таких психотравмирующих ситуаций, как стихийные бедствия или технологические катастрофы, и стрессовые расстройства, вызванные коренным изменением социальных условий деятельности человека, проявляются в эмоциональной сфере.

6. Механизмы психической адаптации по Ю.А. Александровскому

Система механизмов психической адаптации по Ю.А. Александровскому многокомпонентна и состоит из ряда подсистем, среди которых необходимо выделить следующие:

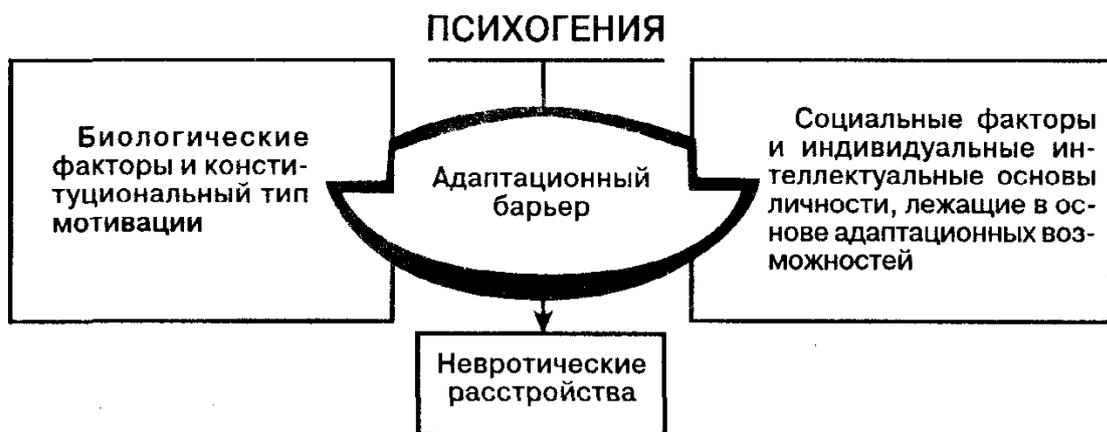
- 1) подсистема социально-психологических контактов;
- 2) подсистема поиска, восприятия и переработки информации;
- 3) подсистема обеспечения бодрствования и сна;
- 4) подсистема эмоционального реагирования;
- 5) подсистема эндокринно-гуморальной регуляции и другие.

Все эти подсистемы могут быть отнесены к одному из двух уровней – физиологическому или психическому, а адаптация будет протекать нормально, пока требования внешней среды не достигнут определенного адаптационного барьера (схема 4).

Адаптационный барьер – это условная граница параметров внешней среды, в том числе и социальной, за которыми адекватная адаптация невозможна. Характеристики адаптационного барьера строго индивидуальны. По мнению Александровского, они зависят как от биологических факторов среды и конституционального типа человека, так и от социальных факторов и индивидуально-психологических особенностей личности, определяющих адаптационные возможности. К таким личностным образованиям мы относим самооценку личности, систему ее ценностей и др. Следовательно, мы должны сделать вывод о том, что успешность адаптации определяется нормальным функционированием систем физиологического и психического уровня.

Однако эти системы не могут функционировать, не соприкасаясь друг с другом. Вполне вероятно, что существует компонент, который обеспечивает взаимосвязь этих двух уровней и обеспечивает нормальную деятельность человека. Мы также должны предположить, что этот компонент должен иметь двойственную природу: с одной стороны, психическую, с другой – физиологическую. Таким компонентом в системе регуляции процесса адаптации выступают эмоции, о чем мы с вами уже говорили выше.

Схема 4 Схематическое представление о функциональном барьере психической адаптации (по Ю. А. Александровскому)



ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лабораторная работа. Введение в предмет «Физиология»

Цель занятия: изучить устройство микроскопа, принцип его действия и правила работы с ним.

Для работы необходимы: микроскоп, готовый микропрепарат.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Предмет и задачи физиологии. Методы исследования в физиологии. Физиология целостного организма. Значение работ академика И.П. Павлова в развитии физиологии. Основные физиологические категории. Гомеостаз. Нервные и гуморальные механизмы регуляции функций

Задание 1. Изучение устройства микроскопа.

Проведение работы. Рассмотрите основные части микроскопа: механическую, оптическую и осветительную (рис. 1).

Микроскоп – это оптический прибор, позволяющий получить обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности глаза.

В микроскопе выделяют две системы: *оптическую* и *механическую* (рис. 14). К *оптической системе* относят объективы, окуляры и осветительное устройство (конденсор с диафрагмой и светофильтром, зеркало или электроосветитель).

Объектив - одна из важнейших частей микроскопа, поскольку он определяет *полезное увеличение объекта*. Объектив состоит из металлического цилиндра с вмонтированными в него линзами, число которых может быть различным. Увеличение объектива обозначено на нем цифрами. В учебных целях используют обычно объективы $\times 8$ и $\times 40$. Качество объектива определяет его разрешающая способность.

Окуляр состоит из 2-3 линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Между линзами расположена постоянная диафрагма, определяющая границы поля зрения. Нижняя линза фокусирует изображение объекта, построенное объективом в плоскости диафрагмы, а верхняя служит непосредственно для наблюдения. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами: $\times 7$, $\times 10$, $\times 15$. Окуляры не выявляют новых деталей строения, и в этом отношении их увеличение *бесполезно*.

Для определения *общего увеличения микроскопа* следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра.

Осветительное устройство состоит из зеркала или электроосветителя, конденсора с ирисовой диафрагмой и светофильтром, расположенных под предметным столиком. Они предназначены для освещения объекта пучком света.

Зеркало служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика на объект. Оно имеет две поверхности: плоскую и вогнутую.

Электроосветитель устанавливается под конденсором в гнездо подставки.

Конденсор состоит из 2-3 линз, вставленных в металлический цилиндр. При подъеме или опускании его с помощью специального винта соответственно конденсируется или рассеивается свет, падающий от зеркала на объект.

Ирисовая диафрагма расположена между зеркалом и конденсором. Она служит для изменения диаметра светового потока, направляемого зеркалом через конденсор на объект, в соответствии с диаметром фронтальной линзы объектива и состоит из тонких металлических пластинок. С помощью рычажка их можно то соединить, полностью закрывая нижнюю линзу конденсора, то развести, увеличивая поток света.

Кольцо с матовым стеклом или светофильтром уменьшает освещенность объекта. Оно расположено под диафрагмой и передвигается в горизонтальной плоскости.

Механическая система микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометрическим механизмом и микрометрическим винтом, тубуса, тубусодержателя, винта грубой наводки, кронштейна конденсора, винта перемещения конденсора, револьвера, предметного столика.

Подставка - это основание микроскопа.

Коробка с микрометрическим механизмом, построенном на принципе взаимодействующих шестерен, прикреплена к подставке неподвижно. Микрометрический винт служит для незначительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива на расстояния, измеряемые микрометрами. Полный оборот микрометрического винта передвигает тубусодержатель на 100 мкм, а поворот на одно деление опускает или поднимает тубусодержатель на 2 мкм. Во избежание порчи микрометрического механизма разрешается крутить микрометрический винт в одну сторону *не более чем на половину оборота*.

Тубус или *трубка* - цилиндр, в который сверху вставляют окуляры. Тубус подвижно соединен с головкой тубусодержателя, его фиксируют стопорным винтом в определенном положении. Ослабив стопорный винт, тубус можно снять.

Револьвер предназначен для быстрой смены объективов, которые ввинчиваются в его гнезда. Центрированное положение объектива обеспечивает защелка, расположенная внутри револьвера.

Тубусодержатель несет тубус и револьвер.

Винт грубой наводки используют для значительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива с целью фокусировки объекта при малом увеличении.

Предметный столик предназначен для расположения на нем препарата. В середине столика имеется круглое отверстие, в которое входит фронтальная линза конденсора. На столике имеются две пружинистые клеммы - зажимы, закрепляющие препарат.

Кронштейн конденсора подвижно присоединен к коробке микрометрического механизма. Его можно поднять или опустить при помощи винта, вращающего зубчатое колесо, входящее в пазы рейки с гребенчатой нарезкой.

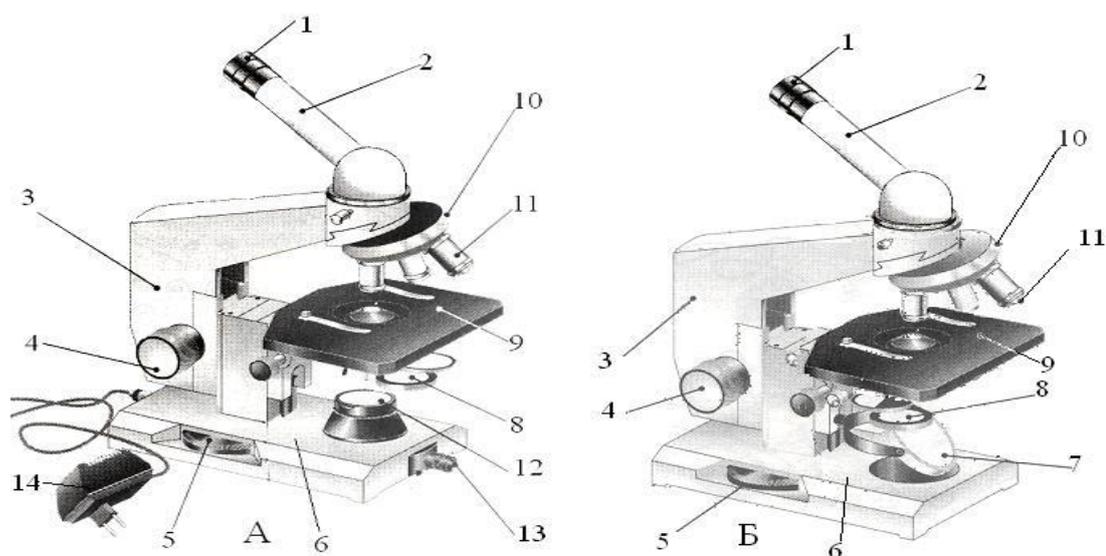


Рисунок 14. Устройства микроскопа
А - МИКМЕД-1; Б - БИОЛАМ.

1 - окуляр, 2 - тубус, 3 - тубусодержатель, 4 - винт грубой наводки, 5 - микрометрический винт, 6 - подставка, 7 - зеркало, 8 - конденсор, ирисовая диафрагма и свето-

фильтр, 9 - предметный столик, 10 - револьверное устройство, 11 - объектив, 12 - корпус коллекторной линзы, 13 - патрон с лампой, 14 - источник электропитания.

Задание 2. Ознакомление с правилами работы с микроскопом.

При работе с микроскопом необходимо соблюдать операции в следующем порядке:

1. Работать с микроскопом следует сидя;
2. Микроскоп осмотреть, вытереть от пыли мягкой салфеткой объективы, окуляр, зеркало или электроосветитель;
3. Микроскоп установить перед собой, немного слева на 2-3 см от края стола. Во время работы его не сдвигать;
4. Открыть полностью диафрагму, поднять конденсор в крайнее верхнее положение;
5. Работу с микроскопом всегда начинать с малого увеличения;
6. Опустить объектив 8 - в рабочее положение, т.е. на расстояние 1 см от предметного стекла;
7. Установить освещение в поле зрения микроскопа, используя электроосветитель или зеркало. Глядя одним глазом в окуляр и пользуясь зеркалом с вогнутой стороной, направить свет от окна в объектив, а затем максимально и равномерно осветить поле зрения. Если микроскоп снабжен осветителем, то подсоединить микроскоп к источнику питания, включить лампу и установить необходимую яркость горения;
8. Положить микропрепарат на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом. Глядя сбоку, опускать объектив при помощи макровинта до тех пор, пока расстояние между нижней линзой объектива и микропрепаратом не станет 4-5 мм;
9. Смотреть одним глазом в окуляр и вращать винт грубой наводки на себя, плавно поднимая объектив до положения, при котором хорошо будет видно изображение объекта. *Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив.* Фронтальная линза может раздавить покровное стекло, и на ней появятся царапины;
10. Передвигая препарат рукой, найти нужное место, расположить его в центре поля зрения микроскопа;
11. Если изображение не появилось, то надо повторить все операции пунктов 6, 7, 8, 9;
12. Для изучения объекта при большом увеличении, сначала нужно поставить выбранный участок в центр поля зрения микроскопа при малом увеличении. Затем поменять объектив на 40 х, поворачивая револьвер, так чтобы он занял рабочее положение. При помощи микрометрического винта добиться хорошего изображения объекта. На коробке микрометрического механизма имеются две риски, а на микрометрическом винте - точка, которая должна все время находиться между рисками. Если она выходит за их пределы, ее необходимо вернуть в нормальное положение. При несоблюдении этого правила, микрометрический винт может перестать действовать;
13. По окончании работы с большим увеличением, установить малое увеличение, поднять объектив, снять с рабочего столика препарат, протереть чистой салфеткой все части микроскопа, накрыть его полиэтиленовым пакетом и поставить в шкаф.

Лабораторная работа. Физиология возбудимых тканей

Цель занятия: изучить явление суммации возбуждения и установить порог возбудимости мышечной ткани, продемонстрировать воздействие анестезирующих средств и

низких температур на потенциал действия, изучить скорость проведения импульса по миелinovому и немиелиновому нервному волокну.

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATOR - Виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Общие свойства и законы раздражения возбудимых тканей. Электрические явления в возбудимых тканях. Активные и пассивные сдвиги потенциала. Местное и распространяющееся возбуждение. Мембранный потенциал, его происхождение и величина. Потенциал действия и механизм его происхождения. Общее представление о структуре и функции ионных каналов. Потенциалзависимые и потенциалнезависимые (химически управляемые) каналы. Законы реагирования возбудимых тканей на раздражение. Оценка возбудимости. Реобазы. Хронаксия. Законы реагирования возбудимых тканей на раздражение.

Задание 1. Определение порога возбудимости и демонстрация явления суммации возбуждения (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Определение порога возбудимости и явления суммации возбуждения» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Нажатием кнопки «Сеть» включить стимулятор и усилитель.

б) Установить интенсивность стимула 2,9мВ. Нажать кнопку «Стимул». На одиночный стимул реакции нет.

в) Увеличивать силу стимула до 3,0мВ, зафиксировать величину порогового раздражителя, зарисовать потенциал действия.

г) Уменьшить силу стимула на 0,2мВ и постепенно увеличивать число стимулов (2,3,4) до появления потенциала действия. Сделать вывод о влиянии силы и частоты раздражителя на возникновение потенциала действия. Протокол оформить в виде таблицы используя команду «Вычислить».

Задание 2. Воздействие анестезирующих средств и низких температур на потенциал действия (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Демонстрация воздействия анестезирующих средств и низких температур на потенциал действия» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Нажатием кнопки «Сеть» включить стимулятор и усилитель.

б) Установить интенсивность стимула 3,0мВ. Нажать кнопку «Стимул» и определить время необходимое для того, чтобы возникла ответная реакция.

в) Смочить нерв лидокаином и воздействовать на него электрическим стимулом. Обратить внимание на время возникновения ответной реакции.

г) Очистить нерв раствором хлорида натрия и повторить эксперимент с использованием эфира, а затем льда.

Сделать вывод о влиянии анестезирующих средств и низких температур на возникновение потенциал действия. Зарисовать характер потенциалов действия.

2.1. Используя команду «Время» перемещением курсора измерить латентный период, время деполяризации, реполяризации, следовой гиперполяризации. Результаты оформить в виде таблицы используя команду «Вычислить».

Задание 3. Определение скорости проведения импульса по миелиновому и немиелиновому нервным волокнам (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Определение скорости проводимости и ее зависимости от диаметра аксона, а также от наличия или отсутствия миелина» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а. Нажать кнопки «сеть» и включить усилитель и стимулятор.

б. Положить на планшет тонкое немиелиновое нервное волокно крысы.

в. Установить величину стимула 3 мВ и нажать кнопку стимул.

г. После воздействия электрическим стимулом определите время прохождения импульса по тонкому не миелиновому нервному волокну крысы, по толстому миелинизированному волокну крысы используя команду «Время». Зафиксируете величину.

д. Освободить пластину и повторить эксперименты с миелиновым нервным волокном лягушки и сделать вывод о скорости проведения нервных импульсов по различным типам нервных волокон. Зарисовать потенциалы действия. Протокол оформить в виде таблицы по результатам команды «Вычислить».

Лабораторная работа. Физиология нейрона. Синапс

Цель занятия: продемонстрировать явление центрального торможения, продемонстрировать явление периферического торможения, изучить законы распространения рефлексов.

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - Виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Нейрон, функциональная классификация, физиологические свойства нервных клеток, их структурных элементов. Физиология нервного волокна. Механизм проведения импульса по миелиновому и безмиелиновому нервным волокнам. Типы нервных волокон и их характеристика. Рецептор, роль, классификация, основные свойства. Механизмы возникновения возбуждения. Рецептивное поле и рефлексогенная зона. Синапс, клас-

сификация. Механизм передачи возбуждения в синапсах. Особенности строения и функции нервно-мышечного синапса. Соотношение фаз электрогенеза с фазами изменения возбудимости.

Задание 1. Изучение процесса центрального торможения (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Центральное торможение» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а. Воздействовать электрическим стимулом на лапку децеребрированной лягушки (у которой удален головной мозг). Наблюдать за ответной реакцией.

б. Положить несколько кристаллов соли (являющиеся раздражителями) на зрительные бугры. Наблюдать за ответной реакцией.

В выводе отметить выявленный вид торможения и объяснить его механизм.

Задание 2. Изучение процесса периферического торможения (виртуальный эксперимент).

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Периферическое торможение» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а. Обнажить сердце декапитулированной лягушки.

б. После вскрытия брюшной полости лягушки вывести сегмент кишечника на поверхность тела.

в. Подвергнуть сегмент кишечника электрической стимуляции. Наблюдайте за изменениями работы сердца сразу и через некоторый интервал времени при продолжающейся стимуляции.

В выводе отметить выявленный вид торможения и объяснить его механизм.

Задание 3. Изучение законов распространения рефлексов (виртуальный эксперимент).

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Физиология нервной системы», выбрать эксперимент «Законы распространения рефлексов (законы Пфлюгера)» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а. Последовательно воздействовать электрическим стимулом повышая его силу на децеребрированную лягушки (у которой удален головной мозг). Наблюдать за ответной реакцией.

б. Наблюдать за ответной реакцией.

В выводе отметить зависимость корреляции между интенсивностью раздражителя и площадью, на которую распространяется ответная реакция.

Лабораторная работа. Физиология мышечной ткани

Цель занятия: продемонстрировать влияния ритма импульсов на сокращение и утомление скелетных мышц, изучить роль нейромышечного синапса в возникновении утомления, определить силовую выносливость мышц.

Для работы необходимы: ручной динамометр, ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Скелетные мышцы, их физиологические свойства. Сократительные свойства. Тетанус. Оптимум и пессимум. Сила и работа мышц. Закон средних нагрузок. Теория мышечного сокращения. Биоэнергетика мышечного сокращения. Гиподинамия. Атрофия мышц и ее профилактика. Физиологические особенности гладких мышц. Гипертрофия и атрофия мышц. Регуляция мышечной силы.

Задание 1. Изучение влияния частоты стимуляции на сократимость скелетных мышц (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Мышечная система», выбрать эксперимент «Сокращение скелетных мышц в результате действия нескольких стимулов» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Цель» ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

Установить частоту стимулов 5; 6.5; 10; 20 в секунду и воздействовать в течении 5–6 секунд. Зарисовать полученные миограммы и дать название данному виду мышечных сокращений. Обратит внимание, что с уменьшением частоты стимулов происходит увеличение времени работоспособности мышцы.

Сделать вывод о влиянии ритма частоты стимуляции на сокращение и утомление скелетных мышц.

Задание 2. Изучение роли нейромышечного синапса в развитии утомления скелетной мышцы (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных сту-

дентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Мышечная система», выбрать эксперимент «Роль нейромышечного синапса в возникновении утомления» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Технология» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Установить режим непрямо́й стимуляции, т.е. мышечное сокращение возникает в результате раздражения двигательного нерва.

б) Воздействовать на мышцу залпом импульсов. Обратить внимание на снижение амплитуды мышечного сокращения.

в) В момент прекращения сокращений мышцы перейти в режим прямой стимуляции, т.е. мышечное сокращение возникает в результате раздражения непосредственно мышцы. Зарисовать кривые и сделать вывод о значении нейромышечного синапса в возникновении утомления, объяснить механизм.

Задание 3. Определение силовой выносливости мышц

Проведение работы.

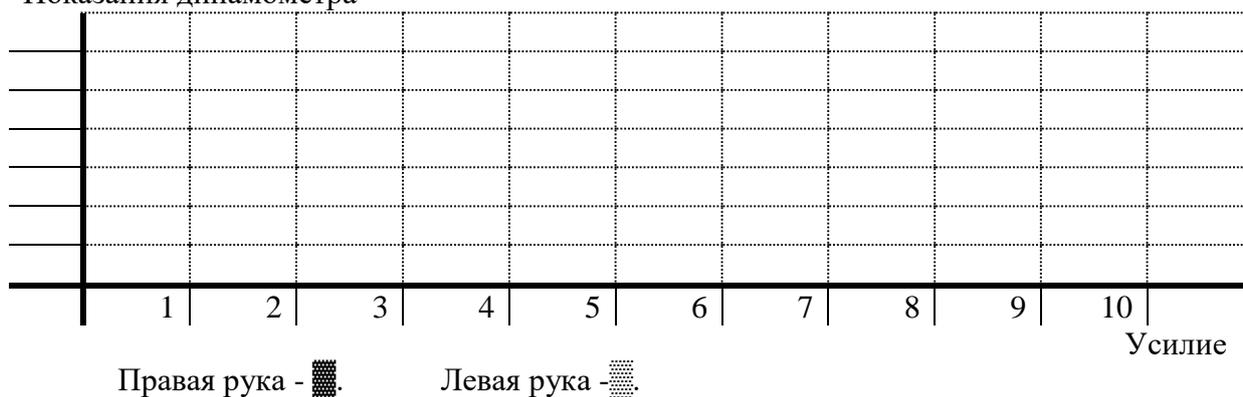
Отведите вытянутую руку с динамометром в сторону под прямым углом к туловищу (свободная рука опущена и расслаблена). Затем сжимайте кисть 10 раз с интервалом в 5 с, в течение которого регистрируйте показания динамометра и устанавливайте его стрелку на «0». Получив 10 показаний, отметьте их на графике (для правой и левой руки разным цветом) и рассчитайте уровень работоспособности (R) и показатель снижения работоспособности (S) по формулам:

$$R = (p_1 + p_2 + \dots + p_{10}) / 10 \quad \text{и} \quad S = [(p_1 - p_{\min}) / p_{\max}] \cdot 100,$$

где $p_1 + p_2 + \dots + p_{10}$ – показатели динамометра, p_1 – величина начального мышечного усилия, p_{\min} – минимальная величина мышечного усилия, p_{\max} – максимальная величина мышечного усилия. Проведите работу для обеих рук, постройте графики работоспособности мышц, результаты расчётов занесите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Показания динамометра



Рука	Уровень работоспособности (R)	Показатель снижения работоспособности (S)
правая		
левая		

Лабораторная работа. Физиология крови. Физиология кровообращения

Цель занятия: изучить препарат крови под микроскопом, продемонстрировать влияние давления, вязкости жидкости, радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду, продемонстрировать влияние минутного сердечного выброса, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление, продемонстрировать методику определения артериального давления по методу Короткова, продемонстрировать влияния некоторых гуморальных факторов на уровень артериального давления.

Для работы необходимы: микроскоп, предметные стёкла с окрашенными и зафиксированными мазками крови, ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - Виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Понятие о внутренней среде организма. Гомеостаз. Кровь. Понятие о системе крови. Состав, количество и основные функции крови. Электролитный состав плазмы. Осмотическое давление и его роль. Белки плазмы крови и их физиологическое значение. Гемоглобин, его структура, свойства и количество Гемолиз, его виды. Лейкоциты, их классификация, свойства, функции, количество. Группы крови. Нервная и гуморальная регуляция системы крови. Внесосудистые жидкие среды организма и их физиологическая роль. Систолический и минутный объем крови в условиях покоя и при физической нагрузке. Гемодинамика. Кровяное давление и факторы его определяющие. Микроциркуляция.

Задание 1. Изучение препарата крови под микроскопом

Проведение работы.

Рассмотреть под микроскопом предметные стёкла с окрашенными и зафиксированными мазками крови.

Кровь состоит из жидкой части — плазмы и взвешенных в ней клеток (форменных элементов): эритроцитов (красных кровяных телец), лейкоцитов (белых кровяных телец) и тромбоцитов (красных пластинок).

Результаты работы представить в виде рисунка.

Задание 2. Влияние давления, вязкости жидкости, радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Кровеносные сосуды», выбрать эксперимент «Влияние давления и вязкости жидкости, а также радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду» и выполнить в соответствии с программой:

1. На экране монитора левой клавишей мыши нажать кнопку «Смотреть» и наблюдать, как влияет давление и радиус сосуда на объемную скорость движения крови по сосуду.

2. Установить различные показатели давления, вязкости, длины и радиуса сосуда и наблюдать за изменениями объемной скорости крови.

3. Смоделировать ситуации в соответствии с параметрами таблицы

4. Полученные результаты записать в таблицу.

Таблица. Влияние давления, вязкости жидкости, радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду

Давление	Диаметр сосуда	Вязкость	Длина сосуда	Объемная скорость кровотока
50	10	5	100	
100	20	5	100	
25	5	5	150	

Сделать вывод о влиянии давления, вязкости жидкости, радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду.

Задание 3. Влияние минутного сердечного выброса, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Кровеносные сосуды», выбрать эксперимент «Влияние минутного сердечного выброса, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление» и выполнить в соответствии с программой:

1. Наблюдать за показателями давления в состоянии покоя, при нормальном сопротивлении и эластичности сосудов.
2. Установить параметры соответствующими кнопками и наблюдать изменения показателей артериального давления в ситуациях: пищеварение, беременность, эмоциональный стресс (при нормальном состоянии сосудов при их расширении и сужении, при нормальной, низкой и очень низкой эластичности сосудов).
3. Смоделировать ситуации в соответствии с параметрами таблицы.
4. Полученные результаты записать в таблицу.

Таблица. Влияние минутного сердечного выброса, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление

Ситуация	Объем работы сердца, мл/с	Периферическое сопротивление сосудов	Эластичность сосудов	Уровень АД, мм.рт.ст.
Состояние покоя		нормальное	нормальная	
Пищеварение		нормальное	нормальная	
		сужение	очень низкая	
		расширение	пониженная	
Беременность		нормальное	нормальная	
		сужение	очень низкая	
		расширение	пониженная	
Эмоциональный стресс		нормальное	нормальная	
		сужение	очень низкая	
		расширение	пониженная	

Сделать вывод о влиянии минутного сердечного выброса, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление.

Задание 4. Измерение артериального давления по методу Короткова (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Кровеносные сосуды», выбрать эксперимент «Изменение артериального давления по методу Короткова» и выполнить в соответствии с программой:

1. Изучить принцип метода определения артериального давления по методу Короткова.

2. Нажатием кнопки «Оборудование» ознакомиться с устройством оборудования, которое используется для определения артериального давления.

3. На экране монитора нажать кнопку «Практическая часть», затем нажать кнопку «закрывать клапан», накачать воздух в манжету и открыть клапан.

4. Отметить цифры, отображенные монитором, когда исчезают тоны Короткова.

Сделать вывод о величине артериального давления.

Задание 5. Воздействие адреналина, ацетилхолина, атропина и адреналина на основе атропина на артериальное давление (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Кровеносные сосуды», выбрать эксперимент «Воздействие адреналина, ацетилхолина, атропина и адреналина на основе атропина на артериальное давление» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с технологией эксперимента.

2. Нажать кнопку «Этапы эксперимента» и отметить, что отображают на графике волны I, II и III порядка физиологического колебания кровяного давления.

3. Произвести запись на экране монитора графического изображения изменений уровня артериального давления (осциллометрических показателей) после введения следующих веществ:

а) раствора адреналина. Обратит внимание на сильное увеличение артериального давления, т.е. возникновения сильной гипертензии;

б) раствора ацетилхолина. Обратит внимание на уменьшение артериального давления, т.е. возникновения сильной гипотензии;

в) раствора атропина. Обратит внимание на увеличение артериального давления;

4. Зарисовать графики колебаний уровня артериального давления при действии выше указанных факторов.

Сделать вывод о влиянии некоторых гуморальных факторов на уровень артериального давления и объяснить механизм.

Лабораторная работа. Физиология сердца. Регуляция сердечной деятельности

Цель занятия: продемонстрировать нарушения ритма сердечных сокращений при внеочередном возбуждении, продемонстрировать изменения координации сократительной активности отделов сердца при нарушении распространения возбуждения по проводящей системе сердца, продемонстрировать влияния некоторых гуморальных факторов на деятельность сердца. демонстрация влияния блуждающего нерва на сердечную деятельность, изучить критерии насосной функции сердца.

Для работы необходимы: тонометр, фонендоскоп, секундомер, ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия.
Структурно-функциональная характеристика системы кровообращения, проводящая система сердца, строение, физиологические свойства и функции. Строение физиологические свойства и функции сократительного миокарда. Законы сокращения сердца. Электрические проявления сердечной деятельности. Биоэлектрические явления в сердце. Нагнетательная функция сердца. Регуляция сердечной деятельности. Определить длительности сердечного цикла у человека в покое и после физической нагрузки.

Задание 1. Воздействие электрических стимулов на сердечную деятельность (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Сердце», выбрать эксперимент «Воздействие электрических стимулов на сердечную деятельность» и выполнить в соответствии с программой.

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с технологией эксперимента.

2 На экране монитора наблюдаем механограмму работы сердца. Курсор устанавливаем на кнопку «Стимуляция». Лево́й клавишей мыши наносим электрические стимулы. Обрати́ть внимание на фазу сердечного цикла, во время которой внеочередной электрический стимул вызывает экстрасистолу.

3 Зарисовать схему установки для выполнения эксперимента. Объяснить, почему во время фазы сокращения сердца не возникает экстрасистола. Объяснить происхождение компенсаторной паузы. Зарисовать экстрасистолу и компенсаторную паузу.

Задание 2. Нарушение деятельности проводящей системы сердца (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Сердце», выбрать эксперимент «Наложение лигатур Станиуса» и выполнить в соответствии с программой:

1. Наблюдать на экране монитора за нормальной работой сердца лягушки.

2. При наложении первой лигатуры вокруг синусо-предсердного желобка, с целью отделения ганглия Ремака от остальной части сердца лягушки, наблюдаем за изменением в сокращении сердца. Обрати́ть внимание, что венозный синус сокращается в синусовом ритме, а предсердия и желудочки не сокращаются.

3. При наложении следующей лигатуры, вокруг предсердно-желудочного желоба с сохранением первой лигатуры, наблюдать изменение в сокращении сердца. Обрати́ть внимание, что венозный синус сокращается в синусовом ритме, предсердиях не сокращаются, а желудочек сокращается в более медленном (вентрикулярном) ритме.

4. При наложении лигатуры, только вокруг предсердно-желудочного желобка, наблюдать за изменением сокращений сердца лягушки. Обрати́ть внимание, что венозный синус и предсердия сокращаются в синусовом ритме.

Сделать вывод о значении проводящей системы сердца.

Задание 3. Воздействие медикаментов и химических медиаторов на деятельность сердца (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через «содержание» открыть «Разделы». Открыть раздел «Сердце», выбрать эксперимент «Воздействие медикаментов и химических медиаторов на деятельность сердца» и выполнить в соответствии с программой:

1. Произвести запись графического изображения деятельности изолированного сердца в условиях его перфузии:

а) раствором Рингера. Наблюдать за нормальной сердечной деятельностью (отсутствии изменений);

б) раствором оксалата аммония (раствор, в котором отсутствуют ионы кальция). Обратить внимание на уменьшение амплитуды сердечных сокращений;

в) раствором хлорида аммония. Обратить внимание на первичное увеличение амплитуды сердечных сокращений. В случае немедленного повторного введения данного раствора отметить кальциевую ригидность (остановку сердца в систолу);

г) раствором адреналина. Обратить внимание на увеличение амплитуды и частоты сердечных сокращений;

д) раствором ацетилхолина. Обратить внимание на уменьшение амплитуды и частоты сердечных сокращений.

2. Зарисовать кардиограмму при действии на сердце различных растворов.

3. Сделать вывод о влиянии гуморальных факторов на деятельность сердца.

Задание 4. Воздействие возбуждения блуждающего нерва на сердечную деятельность (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через «содержание» открыть «Разделы». Открыть раздел «Сердце», выбрать эксперимент «Воздействие возбуждения блуждающего нерва на сердечную деятельность» и выполнить в соответствии с программой:

1. Произвести запись графического изображения деятельности сердца:

а) в течение 8–10 секунд при его нормальной деятельности;

б) после 2–3 секундного раздражения блуждающего нерва комплексом стимулов высокой частоты. Обратить внимание на уменьшение амплитуды и частоты сердечных сокращений с последующей остановкой сердца в диастоле;

в) после более продолжительного возбуждения блуждающего нерва комплексом стимулов высокой частоты. Обратить внимание на постепенное возобновление работы, несмотря на продолжающееся воздействие на блуждающий нерв (ускользание сердца изпод влияния блуждающего нерва).

2. Зарисовать кардиограмму при действии на сердце 2–3 секундного и более продолжительного возбуждения блуждающего нерва комплексом стимулов высокой частоты.

3. Сделать вывод о влиянии блуждающего нерва на сердечную деятельность.

Задание 5. Определение длительности сердечного цикла у человека в покое и после физической нагрузки.

Проведение работы.

Нащупывают пульсацию лучевой артерии у испытуемого. Для этого его кисть охватывают правой рукой в области лучезапястного сустава таким образом, чтобы 1 палец располагался на тыльной стороне предплечья, а остальные пальцы - на ладонной его

поверхности. Нащупав артерию, прижимают ее 3 пальцами так, чтобы хорошо ощущались пульсовые удары. Подсчитывают их число за 1 минуту. 60 делят на найденное число и находят среднюю продолжительность сердечного цикла. Затем предлагают испытуемому выполнить 20 приседаний. Вновь подсчитывают пульс и находят продолжительность сердечного цикла. Результаты занесите в протокол и сделайте вывод, как изменяется продолжительность сердечного цикла после физической нагрузки.

Протокол опыта:

Деятельность сердечного цикла		
В норме	В эксперименте	
	до физической нагрузки	после физической нагрузки

Задание 6. Изучение критериев насосной функции сердца.

Проведение работы.

Измерьте систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови исследуемого и вычислите пульсовое давление (ПД).

Подсчитайте пульс исследуемого (частоту сердечных сокращений - ЧСС).

По формуле Старра определите систолический объем кровотока (СОК):

$СОК = [(101 + 0,5 \cdot ПД) - (0,6 \cdot ДД)] - 0,6 \cdot В$, где В - возраст исследуемого.

Рассчитайте минутный объем кровотока (МОК) (или, точнее, его массу в кг):

$МОК = СОК \cdot ЧСС$.

Определите сердечный индекс (СИ). Сердечным индексом называется частное от деления величины МОК на величину поверхности тела. По литературным данным, СИ взрослого здорового человека равен в среднем $2,2 \text{ л/мин} \cdot \text{м}^2$.

Площадь поверхности тела рассчитывается по формуле: $СИ = МОК / S$, где S - площадь поверхности тела в см^2 . Она рассчитывается по формуле Дюбуа: $S = W^{0,425} \cdot H^{0,725} \cdot 71,84$, где W - масса тела в кг, H - рост тела в см.

Площадь поверхности тела можно рассчитать также по формуле $S = K \cdot P^{2/3}$, где S - площадь поверхности тела (м^2), K - постоянный коэффициент, равный 0,11, P - вес тела (кг);

или по номограмме:

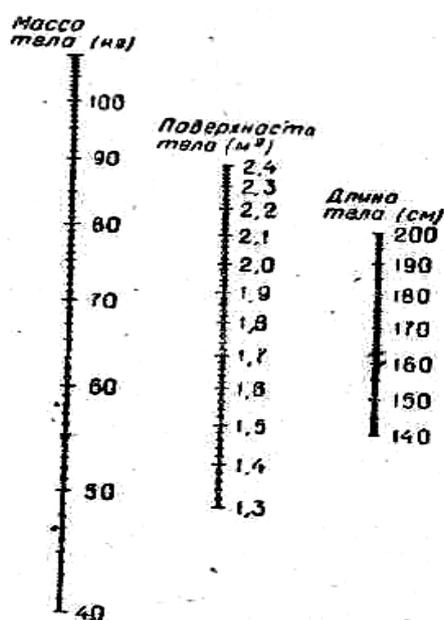


Рисунок 1. Номограмма для определения площади поверхности тела.

Вычислите работу сердца (А) по формуле: $A = P \cdot \text{МОК} + (\text{МОК} \cdot V^2) / 2g$, где P - среднее артериальное давление в метрах водного столба: $P = (\text{СД} + \text{ДД}) / 2$; для перевода показателей ртутного столба в показатели водяного столба необходимо их умножить на 13,6), V^2 - средняя линейная скорость, с которой кровь выбрасывается из сердца, g - ускорение силы тяжести. Часто используют упрощенную формулу: $A = P \cdot \text{МОК}$. Работа сердца выражается в килограммометрах (1 кгм = 9,807 Дж). Результаты работы отметьте в протоколе и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Ф.И.О. исследуемого	СД	ДД	ПД	ЧСС	СОК	МОК	СИ	S	P	A

Лабораторная работа. Физиология дыхания

Цель занятия: продемонстрировать влияние просвета дыхательных путей на легочные объемы и емкости, продемонстрировать влияние сурфактанта на легочные объемы и вентиляцию легких, продемонстрировать влияние давления в плевральной щели на дыхательные движения легких,

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Основные этапы дыхания. Внешнее дыхание. Легочные объемы и емкости, методы их измерения. Газообмен в легких. Диффузионная способность легких. Транспорт газов кровью. Газообмен в тканях. Регуляция дыхания.

Задание 1. Влияние просвета дыхательных путей на легочные объемы и емкости (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Дыхательная система», выбрать эксперимент «Механизм дыхания. Объемы и емкости легких. Влияние просвета дыхательных путей на легочную вентиляцию» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Принцип действия» ознакомиться с принципом действия и технологией эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть», затем кнопку «Старт» и выполнить запись на экране монитора графического изображения спокойных и форсированных вдохов и выдохов. Полученные данные записать в таблицу.

3. Нажав кнопку «Радиус» уменьшить радиус дыхательных путей и повторить запись дыхательных объемов в данных условиях. Полученные данные записать в таблицу.

Таблица. Влияние просвета дыхательных путей на легочные объемы и емкости

Дыхательные объемы и емкости, (мл)	Данные пневмографии в условиях спокойного дыхания	Данные пневмографии в условиях сужения дыхательных путей
Дыхательный объем (ДО)		
Резервный объем вдоха		
Резервный объем выдоха		
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)		

Емкость вдоха		
Функциональная остаточная емкость		
Общая емкость легких		

4 Сделать вывод о влиянии просвета дыхательных путей на легочные объемы и емкости.

Задание 2. Влияние давления в плевральной щели на вентиляцию легких (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Дыхательная система», выбрать эксперимент «Влияние давления в плевральной полости на вентиляцию легких» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Принцип действия» ознакомиться с принципом действия и технологией эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть», затем кнопку «Старт» и выполнить запись на экране монитора графического изображения дыхательных движений в нормальных условиях (модель Дондерса). Обратит внимание на состояние легких и амплитуду дыхательных движений.

3. Повторить эксперимент в условиях выравнивания давления в модели Дондерса с атмосферным. Обратит внимание на состояние легких и амплитуду дыхательных движений.

4. Сделать вывод о влиянии давления в плевральной полости на дыхательные движения легких.

Задание 3. Влияние сурфактанта на вентиляцию легких (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Дыхательная система», выбрать эксперимент «Влияние сурфактанта на вентиляцию легких» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с методикой выполнения виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть», затем кнопку «Старт» и выполнить запись на экране монитора графического изображения дыхательных движений. Обратит внимание на амплитуду дыхательных движений и величину дыхательного объема.

3. Повторить эксперимент при добавлении сурфактанта. Обратит внимание на амплитуду дыхательных движений и величину дыхательного объема.

4. Сделать вывод о влиянии сурфактанта на легочные объемы и вентиляцию легких.

Лабораторная работа. Физиология пищеварения

Цель занятия: продемонстрировать субстратную специфичности амилазы слюны. продемонстрировать влияние уровня pH на действие пепсина, продемонстрировать роль желчи в обеспечении оптимального режима активности липазы поджелудочной железы,

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Пищеварение в полости рта. Пищеварение в желудке. Пищеварение в тонкой кишке. Внешнесекреторная деятельность поджелудочной железы. Роль печени в пищеварении. Состав и свойства кишечного сока. Пристеночное пищеварение. Моторика тонкого отдела кишечника и ее регуляция. Пищеварение в толстом отделе кишечника. Всасывание продуктов гидролиза, его механизмы и регуляция. Особенности нервных (центральных и местных) и гуморальных механизмов регуляции пищеварительных функций и их соотношение в различных отделах желудочно-кишечного тракта.

Задание 1. Субстратная специфичность амилазы слюны (*виртуальный эксперимент*)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Пищеварительная система», выбрать эксперимент «Субстратная специфичность амилазы слюны» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с методикой выполнения виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Добавить в пробирку несколько капель крахмала и амилазы слюны;

б) Нажать кнопку «Старт» на термостате для нагревания содержимого пробирки до температуры оптимальной для действия амилазы (38°C).

в) Добавить в пробирку несколько капель NaOH и CuSO_4 .

г) Нажать кнопку «Нагреть образец». Содержимое пробирки закипит. Обратит внимание на цвет содержимого пробирки. Красный цвет указывает, что произошло расщепление углевода на мономеры (реакция Троммера).

д) Нажать кнопку «Перезапуск эксперимента» и повторить эксперимент с сахарозой и целлюлозой.

3 Сделать вывод о субстратной специфичности амилазы слюны.

Задание 2. Влияние уровня pH на действие пепсина (*виртуальный эксперимент*)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Пищеварительная система», выбрать эксперимент «Влияние уровня pH на действие пепсина» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с методикой выполнения виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Добавить в пробирку с яичным белком несколько капель пепсина и соляной кислоты.

б) Нажать кнопку «Старт» на термостате для нагревания содержимого пробирки до температуры оптимальной для действия пепсина (38°C).

в) По истечению инкубационного периода (3 часа) обратить внимание на время необходимое для расщепления белка (кусочки яичного белка исчезают в пробирке).

г) Нажать кнопку «Перезапуск эксперимента» и повторить эксперимент вначале без добавления соляной кислоты, а затем без добавления пепсина.

3 Сделать вывод о влиянии уровня рН на действие пепсина.

Задание 3. Роль желчи в активности липазы поджелудочной железы (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Пищеварительная система», выбрать эксперимент «Демонстрация действие липазы поджелудочной железы в зависимости от наличия или отсутствия желчи» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажатием кнопки «Технология» ознакомиться с методикой выполнения виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Добавить в пробирку несколько капель растительного масла, желчи и липазы поджелудочной железы.

б) Нажать кнопку «Старт» на термостате для нагревания содержимого пробирки до температуры оптимальной для действия липазы (38°C).

в) По истечению инкубационного периода добавить в пробирку несколько капель фенолфталеина и обратить внимание на цвет содержимого пробирки. Желтый цвет указывает, что произошло расщепление липидов, и среда является кислой за счет наличия жирных кислот.

г) Нажать кнопку «Перезапуск эксперимента» и повторить эксперимент без добавления желчи. Красный цвет пробы после добавления фенолфталеина свидетельствует о том, что не произошло расщепление липидов, и среда остается щелочной.

3 Сделать вывод о роли желчи в обеспечении активности липазы поджелудочной железы.

Лабораторная работа. Обмен веществ и энергии. Питание

Цель занятия: изучить обмен и специфический синтез белков, жиров и углеводов в организме, а также регуляцию уровня питательных веществ в организме, определить особенности и регуляцию водно-минерального обмена, ознакомиться с методами физиологической калориметрии, изучить роль витаминов в обмене веществ, научиться вычислять основной обмен и составлять пищевые рационы согласно физиологическим нормам питания.

Для работы необходимы: ростомер, весы, таблицы для определения основного обмена, таблицы энергетической ценности пищевых продуктов.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие гомеостаза. Обмен воды. Минеральный обмен. Значение минеральных веществ, микроэлементов и воды для организма. Регуляция водного и солевого обмена. Белковый обмен. Регуляция уровня питательных веществ в организме. Энергетический баланс организма.

Пищевые и питательные вещества. Вкусовые вещества. Витамины и их роль в обмене веществ.

Задание 1. Расчёт основного обмена по таблицам.

Проведение работы.

Измерьте свой рост и массу тела. Далее, используя таблицу, рассчитайте свой основной обмен. Для этого в части А таблицы в первом столбце найдите массу своего тела и запишите в протокол опыта число калорий, стоящую напротив массы тела во втором столбце. В части Б таблицы найдите свой рост и возраст, а на их пересечении – число калорий, которое также запишите в протокол. Суммируйте полученные числа. Результат будет отражать ваш основной обмен. Занесите его в протокол:

Протокол опыта:

ФИО	Рост, см	Масса тела, кг	Возраст, лет	Основной обмен

Задание 2. Составление пищевых рационов.

Проведение работы.

Прежде чем составить суточный пищевой рацион, рассчитайте надбавки к основному обмену: *надбавка на специфически-динамическое действие пищи* составляет 15% от основного обмена; *надбавка на бытовые траты* (рассчитывается на 8 часов) составляет 25% от основного обмена; *надбавка на работу* рассчитывается по таблице 1.

Таблица 1. Расчет надбавки к основному обмену на работу.

Группа труда	Расход энергии на 1 кг. нормальной массы тела в сутки
Не связанная с физическим трудом	женщины: 40; мужчины: 45
Механизированный труд	женщины: 45; мужчины: 55
Частично механизированный труд	женщины: 50; мужчины: 60
Тяжёлый физический труд	женщины: 55; мужчины: 65

Суточный калораж = основной обмен + надбавка на специфически-динамическое действие пищи + надбавка на бытовые траты + надбавка на работу.

Исходя из четырёхразового питания вычислите калорийность завтрака (25%), обеда (40%), полдника (15%) и ужина (20% от суточного калоража).

При составлении пищевого рациона соблюдайте следующее соотношение белков, жиров и углеводов для взрослого человека: 1:3:5.

Составьте пищевой рацион (таблица 2), используя таблицы энергетической ценности пищевых продуктов.

Таблица 2. Пищевой рацион

Режим питания	Название продуктов	Вес продукта, г	Содержание в выбранном весе продуктов			Калорийность, ккал
			белков	жиров	углеводов	
Завтрак						
Обед						
Полдник						

Ужин						
Общее кол-во						

Оцените составленный вами рацион по сбалансированности продуктов питания и содержанию витаминов.

Лабораторная работа. Физиология выделения

Цель занятия: изучить роль органов выделения в поддержании важнейших параметров внутренней среды, рассмотреть особенности кровообращения в почке и структурно-функциональную организацию нефрона, изучить механизм мочеобразования и его регуляцию, научиться исследовать потоотделение у человека, продемонстрировать влияние гидростатического и онкотического давления крови на интенсивность образования мочи, продемонстрировать влияние альдостерона и антидиуретического гормона на интенсивность мочеобразования, продемонстрировать влияние гликемии на интенсивность образования мочи и содержания глюкозы в моче.

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология), кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные крахмалом, лейкопластырь, спиртовой раствор йода, полотенце.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Общая характеристика процессов выделения из организма. Выделительная функция почек, кожи, легких, пищеварительного тракта. Роль почек в организме. Топография, макро- и микроструктура почек. Нефрон. Мочеобразование. Нервно-рефлекторная и гуморальная регуляция деятельности почек. Мочевыделение. Топография, макро- и микроструктура мочевого пузыря, мочеоточника и мочеиспускательного канала. Рефлекторный механизм регуляции мочеиспускания.

Задание 1. Исследование потоотделения у человека.

Проведение работы.

Смажьте различные участки тела испытуемого спиртовым раствором йода и, после его высыхания, приложите к этим участкам кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные раствором крахмала. Зафиксируйте их лейкопластырем. Через 15-30 мин отметьте, как изменилась окраска кусочков ткани.

Затем исследуемый выполняет какую-либо физическую нагрузку в течение 5-10 мин. После этого снова отметьте характер изменения окраски кусочков ткани.

Результаты наблюдений отметьте в протоколе опыта и сделайте вывод о влиянии физической нагрузки на интенсивность потоотделения.

Протокол опыта:

Ф.И.О. исследуемого	Изменение окраски кусочков ткани, пропитанных раствором крахмала	
	через 15-30 мин в покое	после физической нагрузки

Задание 2. Влияния гидростатического и онкотического давления крови на интенсивность образования мочи (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных сту-

дентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Мочевыводящая система», выбрать эксперимент «Влияние гидростатического давления, осмотического давления и диаметра приносящих и выносящих клубочковых артериол на образование мочи» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Цель» ознакомиться с принципом технологии виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическое занятие» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Нажать кнопку «Старт» и отметить величину интенсивности диуреза в исходных условиях.

б) Повторить эксперимент, изменив диаметр приносящей артериолы (сначала в большую, а затем – в меньшую сторону).

в) Повторить эксперимент, изменив диаметр выносящей артериолы (сначала в большую, а затем – в меньшую сторону).

г) Повторить эксперимент, изменив значения кровяного давления (сначала повысить, а затем понизив его).

д) Повторить эксперимент, изменив значения осмотического давления (сначала повысить, а затем понизив его).

3 Сделать вывод о влиянии коэффициента клубочковой фильтрации, гидростатического и онкотического давления крови на интенсивность образования мочи.

Задание 2. Влияния альдостерона и антидиуретического гормона на интенсивность образования мочи (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Мочевыводящая система», выбрать эксперимент «Влияния альдостерона и антидиуретического гормона на скорость образования мочи» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Цель» и ознакомиться с принципом технологии виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическое занятие» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а) Нажать кнопку «Старт» и отметить величину интенсивности диуреза.

б) Повторить эксперимент, используя вначале альдостерон, а затем антидиуретический гормон. Записать полученные результаты.

3 Сделать вывод о влиянии альдостерона и антидиуретического гормона на скорость образования мочи. Объяснить механизм действия данных гормонов.

Задание 3. Влияние глюкозы на скорость мочеобразования (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Мочевыводящая система», выбрать эксперимент «Влияние глюкозы на скорость образования мочи» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Цель» и ознакомиться с технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическое занятие» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

- а) Нажать кнопку «Старт» и отметить величину интенсивности диуреза.
- б) Взять образец мочи и добавить к нему раствор NaOH и CuSO_4 .
- в) Нажать кнопку «Нагреть образец». Содержимое пробирки закипит. Обратить внимание на цвет содержимого пробирки. Красный цвет указывает, что произошло расщепление углевода на мономеры (реакция Троммера), т.е. в моче присутствует глюкоза.
- г) Повторить эксперимент используя в эксперименте введение глюкозы. Отметить величину интенсивности диуреза и цвет содержимого пробирки после выполнения реакции Троммера.
- 3 Сделать вывод о влиянии глюкозы на скорость мочеобразования. Объяснить механизм действия данных гормонов.

Лабораторная работа. Терморегуляция

Цель занятия: изучить процессы и механизмы терморегуляции, проанализировать деятельность функциональной системы, обеспечивающей поддержание постоянства температуры внутренней среды

Для работы необходимы: термоэстезиометр, трафарет с квадратным отверстием (1 см^2), сосуды с водой различной температуры ($10; 25$ и 40°C), секундомер.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Роль температуры для обеспечения метаболизма и жизнедеятельности организма. Тепловой гомеостаз. Терморегуляция. Животные с постоянной и переменной температурой тела. Характеристика химической терморегуляции. Механизмы сократительного и несократительного генеза. Характеристика физической терморегуляции. Физические пути теплоотдачи (теплопроводение, теплоизлучение, испарение). Температура тела человека и ее суточные колебания. Температура ядра и оболочки тела человека. Терморцепция. Периферические и глубокие холодовые и тепловые терморцепторы. Роль афферентации, центра терморегуляции и эфферентации в регуляции температуры тела человека. Изменение терморегуляции при влиянии на человека охлаждающей и согревающей внешней среды.

Задание 1. Исследование температурной чувствительности.

Проведение работы.

Исследуемый закрывает глаза. Исследователь накладывает на изучаемый участок кожи исследуемого трафарет и прикасается термоэстезиометром, заполненным льдом, к различным точкам ограниченного участка кожи. Исследуемый при каждом касании сообщает, что он ощущает – прикосновение или холод. Точка, при прикосновении к которой исследуемый ощущает холод, отмечается, а затем подсчитывается их количество на данном участке.

Аналогичным образом производят подсчет тепловых точек, предварительно заполнив термоэстезиометр водой, подогретой до 50°C .

Результаты подсчета занесите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Участок кожи	Число рецепторов	
	холодовых	тепловых
Пальцы рук		
Ладони		
Предплечье		
Лицо		

Задание 2. Изучение адаптации терморцепторов кожи и наблюдение явления контраста.

Проведение работы.

I. Для определения времени адаптации терморцепторов опустите кисть руки в холодную воду (10°C) и при помощи секундомера определите время, в течение которого ощущение холода, ослабевает. Затем опустите кисть руки в горячую воду (40°C) и определите время в течение которого ослабевает ощущение тепла. Результаты опыта отметьте в протоколе и сделайте выводы.

II. Для наблюдения явления контраста опустите кисти рук в воду, нагретую до 25°C . Через некоторое время (3-5 мин) перенесите одну руку в воду с температурой 40°C , а другую в воду с температурой 10°C . Через несколько минут одновременно перенесите руки в воду с температурой 25°C . При этом возникает ощущение контраста: разные руки испытывают противоположные ощущения. Опишите их и сделайте вывод:

Протокол опыта:

I.

Время адаптации терморцепторов	
ХОЛОДОВЫХ	ТЕПЛОВЫХ

II.

--

Лабораторная работа. Эндокринная система

Цель занятия: изучить морфофункциональную организацию желез эндокринной системы и особенности влияния гормонов на регуляцию деятельности органов и систем организма, продемонстрировать влияние тироксина, тиреотропина и пропилтиурацила на метаболизм, продемонстрировать влияние инсулина и аллоксана на уровень глюкозы.

Для работы необходимы: ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Структура и значение в организме желез внутренней секреции. Гормоны, механизмы действия. Гормоны щитовидной железы и их роль в организме. Околощитовидные железы. Зобная железа. Надпочечники. Мозговое и корковое вещество. Внутренняя секреция поджелудочной железы. Гормоны гипофиза. Передняя и задняя доли. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны.

Задание 1. Влияние некоторых биологически активных веществ на метаболизм (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Эндокринная система», выбрать эксперимент «Влияние тироксина, тиреотропина и пропилтиурацила на метаболизм» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Калориметрия» ознакомиться с методами определения энерготрат организма.

2. Нажать кнопку «Экспериментальное оборудование» и ознакомиться с устройством оборудования и выполнить эксперимент в соответствии с методикой:

а. Поместить нормальную крысу в камеру и нажать кнопку старт. В течении 60 секунд наблюдать за тем, как уменьшается уровень жидкости в левой части манометра по мере того как в дыхательной камере поглощается кислород.

б. По истечении 60 секунд добавить в камеру кислород до тех пор, пока уровень жидкости в манометре с обеих сторон не станет одинаковым.

в. Определить коэффициент обмена веществ по формуле:

$$\text{Коэффициент} = O_2(\text{мл}) \times 60 \times 1000 / \text{масса тела}$$

г. Повторить эксперимент после введения тироксина, тиреоглобулина. и пропилтиурацила, а затем с крысами у которых удалена щитовидная железа и с крысой у которой удален гипофиз.

3 Сделать вывод о влиянии тироксина, тиреотропина и пропилтиурацила на метаболизм.

Задание 2. Влияние инсулина и аллоксана на уровень глюкозы (виртуальный эксперимент)

Проведение работы.

Открыть в компьютере d:\ LuPraFi-Sim, LUPRAFISIM. После появления заставки LuPraFi-Sim, войти в версию на русском или английском языке (для иностранных студентов). Через содержание открыть «Разделы». Открыть раздел «Эндокринная система», выбрать эксперимент «Влияние инсулина и аллоксана на уровень глюкозы» и выполнить в соответствии с программой:

1. Нажать кнопку «Принцип действия» и ознакомиться с принципом действия и технологией виртуального эксперимента.

2. Нажать кнопку «Практическая часть» и выполнить эксперимент в соответствии с программой:

а. Нажать кнопку «Взять образец» затем «Добавить реагент» и кнопку «Анализ». Зафиксируйте уровень глюкозы в крови.

б. Повторите эксперимент предварительно введя крысе в начале инсулин, а затем аллоксан. Зафиксируйте уровень глюкозы в крови.

3 Сделать вывод о влиянии инсулина и аллоксана на уровень глюкозы в крови.

Лабораторная работа. Физиология нервной системы

Цель занятия: изучить общие и специфические функции ЦНС, функции спинного мозга и отделов ствола головного мозга, ознакомиться с методами исследования функций ЦНС, провести диагностику функционирования мозжечка человека.

Для работы необходимы: стул, неврологический молоточек. ПК с программой LuPraFi-Sim (PHYSIOLOGY SIMULATORS - виртуальная физиология).

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Значение ЦНС, методы исследования центральной нервной системы. Учение о рефлексе. Классификация рефлексов. Координация рефлексов. Роль ЦНС в организации и координации функций организма. Передача возбуждения в синапсах ЦНС. Процессы торможения в ЦНС.

Задание 1. Исследование проприоцептивных рефлексов человека.

Проведение работы.

Овладейте методикой вызывания проприорефлексов человека и проведите анализ их рефлекторных дуг.

Коленный рефлекс. Ударьте неврологическим молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже коленной чашечки. Наблюдается ли быстрое и краткое разгибание колена? Центр рефлекса находится в III и IV сегментах поясничного отдела спинного мозга. Если рефлекс слабо выражен сцепите пальцы обеих рук и сильно растягивайте их в сторону – коленный рефлекс при этом усилится (феномен Иендрашика).

Ахиллов рефлекс. Ударьте неврологическим молоточком по ахиллову сухожилию трёхглавой мышцы голени стоящему коленями на стуле исследуемому. Возникает ли подошвенное сгибание стопы? Центр рефлекса расположен в I и II сегментах крестцового отдела спинного мозга. Определите рефлексы обеих ног и результаты занесите в протокол.

Рефлекс с сухожилия сгибателя руки (локтевой рефлекс). На ладонь своей левой руки положите без напряжения полусогнутую руку исследуемого, при этом большой палец расположите на сухожилии двуглавой мышцы плеча. Ударьте по большому пальцу и наблюдайте, сгибается ли рука в локтевом суставе? Центр рефлекса расположен в V и VI шейных сегментах спинного мозга.

Рефлекс с сухожилия разгибателя руки. Станьте сбоку от исследуемого, отведите пассивно кнаружи его плечо до горизонтального уровня и поддерживайте его левой рукой у локтевого сустава так, чтобы предплечье свисало под прямым углом. Произведите удар неврологическим молоточком у самого локтевого сгиба и отметьте, разгибается ли рука в локтевом суставе? Центр рефлекса расположен в VII и VIII шейных сегментах спинного мозга. Определите рефлексы обеих рук и результаты занесите в протокол.

Заполните таблицу:

Протокол опыта:

Конечность	Выраженность рефлекса	
	<i>Коленный рефлекс</i>	<i>Ахиллов рефлекс</i>
правая нога		
левая нога		
	<i>Рефлекс с сухожилия сгибателя</i>	<i>Рефлекс с сухожилия разгибателя</i>
правая рука		
левая рука		

Зарисуйте схемы рефлекторных дуг.

Задание 2. Исследование функций мозжечка

Проведение работы.

Работа проводится вдвоём. Исследователь предлагает исследуемому выполнить указание и регистрирует результат в протокол.

Определение нистагма. Исследователь предлагает исследуемому посмотреть на молоточек вверх, вниз и в стороны, отмечая при этом характер движения глаз. При поражении полушария мозжечка определяется крупноразмашистый *нистагм* (от греч. *nystagmos* – дремота – произвольные, быстро следующие друг за другом движения глаз из стороны в сторону, круговые или вверх-вниз), сильнее выраженный при взгляде в сторону поражения.

Проба на диадохокинез. Исследуемый быстро пронирует и супинирует кисти вытянутых рук. Исследователь отмечает, одновременно ли осуществляются эти движения. При поражении полушария мозжечка чередование этих движений на одноименной с ним стороне будет замедленно (*adiaдохокинез* – утрата способности быстро совершать противоположные движения).

Пальценосовая проба. Исследуемый с открытыми, затем с закрытыми глазами должен попасть указательным пальцем одной, а потом другой руки в кончик носа. На стороне поражения мозжечка наблюдается промахивание, иногда сочетающееся с дро-

жанием кисти и указательного пальца, выраженность которого нарастает по мере приближения пальца к носу.

Коленно-пяточная проба. Исследуемый с открытыми, затем с закрытыми глазами в положении лежа должен достать пяткой одной ноги колено другой, а потом провести ею по передней поверхности голени до голеностопного сустава и обратно вверх, до колена. На стороне пораженного полушария мозжечка наблюдаются промахи из-за избыточного по объему движения и соскакивание пятки с колена и голени то в одну, то в другую сторону.

Пальцеуказательная проба. Исследуемый с открытыми, а затем с закрытыми глазами должен попасть указательным пальцем в кончик указательного пальца исследователя или резинку молоточка. На стороне поражения мозжечка наблюдается «мимопадание».

Определение регуляции удерживания позы. Исследователь предлагает исследуемому согнуть руку в локтевом суставе, оказывая ему при этом сопротивление. Внезапно прекратив сопротивление, отмечает реакцию исследуемого. На стороне поражения мозжечка рука исследуемого с силой ударяется в его грудь.

Пронаторная проба. Исследуемый вытягивает руки вперёд ладонями кверху и закрывает глаза, затем по команде исследователя быстро поворачивает кисти ладонями вниз, а тот определяет положение кистей. На стороне поражения мозжечка этот жест сопровождается избыточной пронацией кисти.

Проба на асинергию (асинергия – утрата содружественных движений). Исследуемый, лежащий на спине, должен сесть со скрещенными на груди руками. При поражении мозжечка у него поднимаются ноги, причём нога на стороне поражения мозжечка поднимается выше.

Определение расстройства походки. Исследуемый должен пройти по комнате вперёд и назад (по одной линии) и в стороны (фланговая походка) с открытыми и закрытыми глазами. Если поражён мозжечок, то исследуемый ходит пошатываясь, широко расставляя ноги («пьяная» походка), особенно при поворотах. Исследуемый пошатывается или уклоняется в сторону поражённого полушария. Такая походка обусловлена не только нарушением равновесия, но и асинергией.

Выявление статической атаксии. Исследуемый встаёт, сдвигает ступни ног так, чтобы носки соприкасались, закрывает глаза, вытягивает вперёд руки и остаётся в таком положении 1 мин. При поражении червя мозжечка наблюдаются пошатывание, падение в стороны и назад. При поражении полушарий исследуемый пошатывается или падает в сторону поражённого полушария мозжечка. Для выявления нерезкой статической атаксии необходимо встать таким образом, чтобы носок одной ноги касался пятки другой при положении ступней на одной линии.

Результаты проведённых исследований занесите в протокол опыта и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Проба	Результат
Определение нистагма	
Проба на диадохокinez	
Пальценосовая проба	
Коленно-пяточная	
Пальцеуказательная проба	
Определение регуляции удерживания позы	
Пронаторная проба	
Проба на асинергию	
Определение расстройства походки	
Выявление статической атаксии	

Лабораторная работа. Вегетативная нервная система

Цель занятия: исследовать функции вегетативной нервной системы

Для работы необходимы: тонометр, секундомер, таз с холодной водой

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия.

Строение и функции вегетативной (автономной) нервной системы. Адаптационно-трофическая роль вегетативной нервной системы. Парасимпатический и симпатический отделы ВНС. Спинальные, бульбарные, мезэнцефальные и гипоталамические вегетативные центры. Физиологические эффекты симпатической и парасимпатической нервной системы. Метасимпатический отдел вегетативной нервной системы. Вегетативные рефлексы. Роль коры головного мозга в регуляции деятельности вегетативной нервной системы.

Задание 1. Исследование функций вегетативной нервной системы.

Проведение работы.

1. Рефлекс на конвергенцию глаз. Измерьте пульс и артериальное давление исследуемого в покое. Затем исследуемый рассматривает в течение 15 с предмет, расположенный на расстоянии 1 см от основания носа. По истечении указанного времени снова измерьте его пульс и артериальное давление. Наблюдается ли уменьшение значения этих показателей? Результаты отметьте в протоколе опыта.

2. Клиностатический рефлекс. Измерьте пульс исследуемого в положении стоя. Повторите это измерение после того, как исследуемый перейдет в положение лёжа. Наблюдается ли замедление пульса?

В норме пульс замедляется на 4-6 ударов, а при преобладании тонуса парасимпатической иннервации замедление более выражено – 8-12 ударов.

3. Кожно-сердечный рефлекс. Измерьте пульс исследуемого и частоту дыхания в покое, а затем раздражайте участок кожи (подошва, живот, лицо) щекотанием, уколом или щипком. После этого снова измерьте пульс и частоту дыхания. Приводит ли данное раздражение к замедлению пульса и учащению дыхания?

4. Шейный вегетативный рефлекс. Измерьте пульс исследуемого в покое. Затем в течение 20-30 с надавливайте на ствол общей сонной артерии на уровне верхней трети грудино-ключично-сосцевидной мышцы, после чего снова измерьте пульс. В норме пульс должен замедляться на 6-12 ударов.

5. Холодовая проба. Исследуемый погружает руку в таз с холодной водой, а исследователь тотчас измеряет на другой руке артериальное давление, а также через 1, 2, 3 и 5 мин. Как изменяется артериальное давление в ходе опыта? В норме артериальное давление повышается на 15-20 мм. рт. ст.

6. Ортостатический рефлекс. Измерьте пульс у исследуемого, находящегося в положении лёжа, а затем сразу после его перехода в положение стоя. Как изменяется пульс? В норме пульс учащается на 6-24 удара; учащение более чем на 24 удара указывает на преобладание симпатической иннервации.

7. Эпигастральный (солярный) рефлекс. Измерьте пульс и артериальное давление исследуемого в покое. Затем надавливайте на брюшную стенку между мечевидным отростком грудины и пупком в течение 20-30 секунд. После этого снова измерьте пульс и давление. Произошло ли их снижение? В норме пульс замедляется на 4-12 ударов.

8. Глазосердечный рефлекс Ашнера-Данини. Измерьте пульс у исследуемого в покое. Затем исследуемый в течение 20-40 с надавливает на глазное яблоко, после чего снова подсчитывается его пульс. В какую сторону произошло изменение пульса? В норме пульс замедляется на 10 ударов; учащение пульса – извращённая реакция; иногда реакция отрицательна (пульс не изменяется).

9. Волосковые (пиломоторные) рефлексy. Раздражайте кожу исследуемого пощипыванием, трением, воздействием эфира до тех пор, пока в области воздействия или по всей поверхности раздражаемой половины тела не появится «гусиная кожа» – положительный пиломоторный рефлекс.

10. Исследование местного дермографизма (изучение реакции кожных капилляров). 1. Раздражайте кожу исследуемого лёгким и быстрым штрихом острым концом металлической или деревянной палочки. Через 8-12 с после раздражения вы должны наблюдать появление белой полосы – местный белый дермографизм. 2. Раздражайте кожу исследуемого сильным и медленным штрихом острым концом металлической или деревянной палочки. Через 8-12 с после раздражения вы должны наблюдать появление красной полосы – местный красный дермографизм.

11. Исследование рефлекторного (болевого) дермографизма. Раздражайте кожу исследуемого сильным штриховым давлением острым предметом, но так чтобы не поранить кожу. Через 5-30 с после раздражения вы должны наблюдать появление розово-красных (реже белых) пятен, занимающих полосу от 2 до 6 см и сохраняющихся от 30 с до 10 мин – рефлекторный дермографизм.

Протокол опыта:

№	Название рефлекса	Проявление рефлекса
1	Рефлекс на конвергенцию глаз	
2	Клиностатический рефлекс	
3	Кожно-сердечный рефлекс	
4	Шейный вегетативный рефлекс	
5	Холодовая проба	
6	Ортостатический рефлекс	
7	Эпигастральный (солярный) рефлекс	
8	Глазо-сердечный рефлекс	
9	Волосковые (пиломоторные) рефлексy	
10	Исследование местного дермографизма	
11	Исследование рефлекторного (болевого) дермографизма	

Лабораторная работа. Физиология сенсорных систем

Цель занятия: изучить общие принципы организации и функционирования сенсорных систем. Проанализировать деятельность зрительного анализатора и провести исследования некоторых показателей зрения у человека, выяснить особенности морфофункциональной организации слухового, вестибулярного, вкусового, обонятельного и кожного анализаторов. Изучить особенности деятельности ноцицептивной сенсорной системы. Научиться определять некоторые показатели слуха человека, составлять вкусовую карту языка. Выяснить особенности функционирования тактильных и температурных рецепторов.

Для работы необходимы 2 камертона, механические часы, резиновая трубка, вата, набор геометрических тел, грузы массой 100 г, 200 г, 5 г (10 штук), 10 г (10 штук), периметр Форстера, маленькая лампочка, линейка, булавка. Таблица для определения остроты зрения, щиток, указка.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Анализаторы, общие принципы строения и функционирования. Рецепторы, проводни-

ковый отдел. Корковое представительство. Зрительный анализатор. Строение глаза. Оптическая система глаза. Строение сетчатки. Фотохимические процессы в сетчатке. Острота зрения. Поле зрения. Цветное зрение. Строение слухового анализатора. Проводящие пути и корковое представительство слухового анализатора. Вестибулярный анализатор. Рецепторный сенсорный отдел. Проводящие пути и корковое представительство. Тактильный анализатор. Температурная чувствительность. Механорецепторная чувствительность. Скелетно-мышечная сенсорная система. Вкусовой анализатор. Обонятельный анализатор.

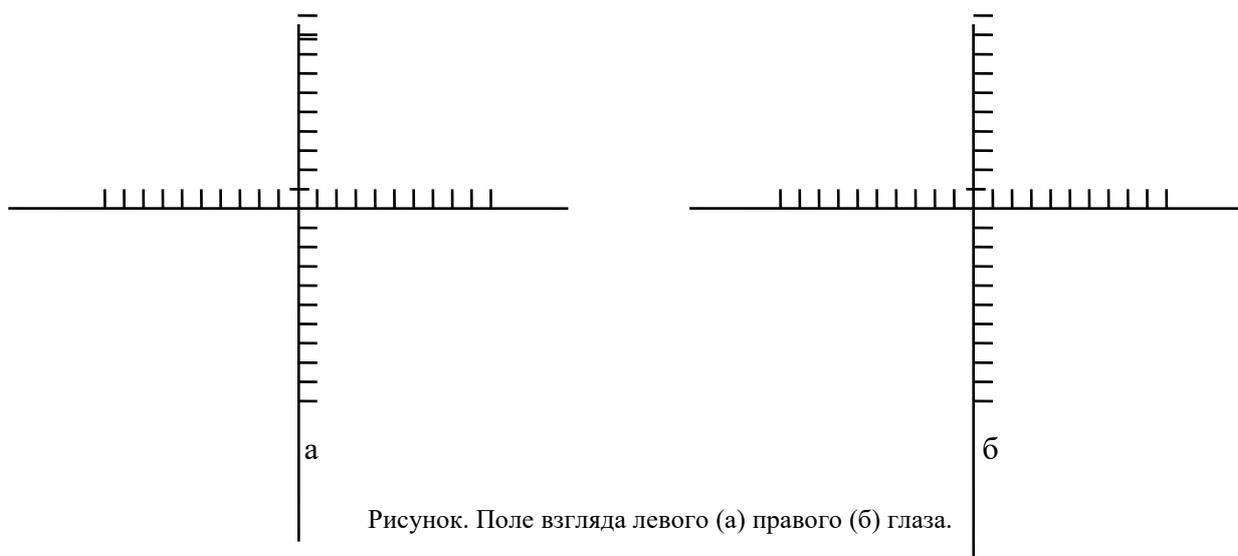
Задание 1. Определение поля взгляда и полей зрения для световых лучей с разной длиной волн.

Проведение работы.

1. Определение поля взгляда

Работа проводится поочередно для обоих глаз, при этом один глаз закрывается. Исследуемый фиксирует взглядом лампочку, находящуюся в центре периметра и отражающуюся на роговице. Исследователь ведёт лампочку по дуге периметра, а исследуемый следит за ней взглядом. Как только глаз возвратится в исходное положение, вследствие невозможности далее фиксировать взглядом лампочку, исследователь по соответствующему делению на шкале периметра определяет величину глазных экскурсий – поля взгляда.

Определите поле взгляда в следующих направлениях: кверху, книзу, кнутри, кнаружи. Результаты отметьте на рисунке 1 (1 деление = 10°):



II. Определение полей зрения для световых лучей с разной длиной волн. Работа проводится вдвоём. При исследовании поля зрения для одного глаза, второй должен быть закрыт. Исследуемый усаживается спиной к свету так, чтобы внутренняя поверхность шкалы периметра была хорошо освещена. При помощи ориентира, граница которого находится на уровне нижнего края глазницы, он фиксирует зеркальце или белую точку на шкале, а затем регулирует высоту подставки для подбородка.

Исследователь ведёт по шкале периметра ползунок от периферии к центру до момента, когда исследуемый отчётливо различит цвет ползунка (заранее он его знать не должен). Показание шкалы, т.е. градус, на котором остановился ползунок, исследователь отмечает на рисунке 2. Опыт проводится при вертикальном положении периметра, а затем при повороте его на 45, 90, 135 и 180 градусов.

После того, как все показания будут отмечены, соедините между собой точки, найденные для каждого цвета, чтобы получить кривые, ограничивающие поле зрения для исследованных цветов.

Сделайте вывод об отличиях полей зрения для исследованных цветов.

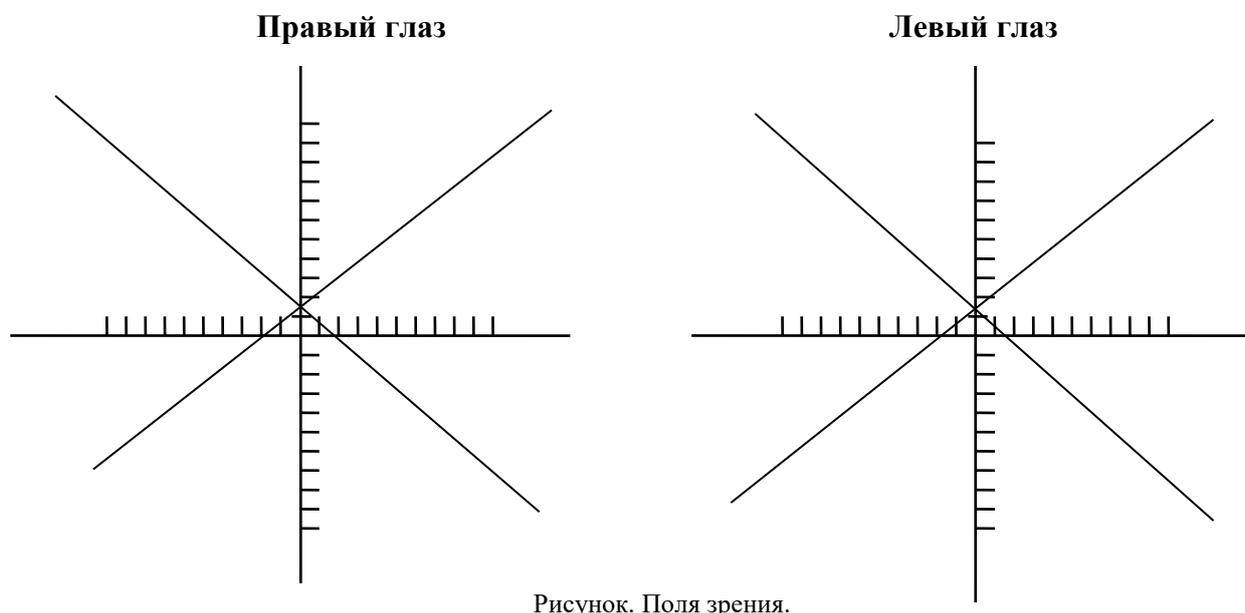


Рисунок. Поля зрения.

Задание 2. Определение аккомодации (ближайшей и дальней точек ясного видения).

Проведение работы.

Изучите схему хода лучей при фиксации дальнего и ближнего предметов:

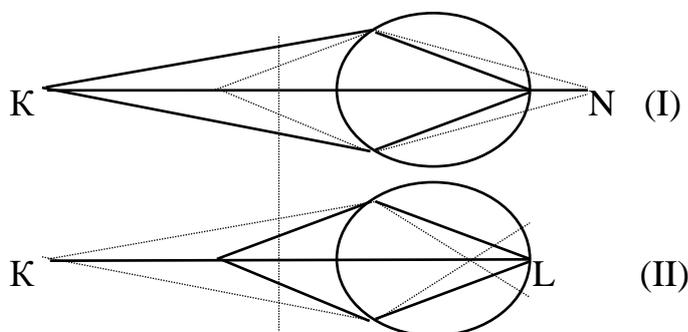


Рисунок. Схема хода лучей при фиксации дальнего и ближнего предметов

При фиксации глазом дальнего предмета К идущие от него два пучка лучей сойдутся на сетчатке и дадут одно изображение (L на I). Лучи, идущие от ближнего предмета М, дадут на сетчатке двойное изображение A_1 и B_1 (I), что приведет к возникновению ощущения двоения, т.е. появлению двух образов ближнего предмета.

При фиксации ближнего предмета М идущие от него два пучка лучей дадут на сетчатке одно изображение (L на II), а лучи от дальнего предмета К дадут на сетчатке два изображения A_1 и B_1 (II).

Единой методики исследования аккомодации не существует. Методы разделяются на статические (сводятся к одномоментному определению ближайшей точки ясного видения) и динамические (проводятся путем фотографирования или видеосъемки).

Статический метод определения аккомодации. Исследование может проводиться монокулярно – тогда определяется абсолютная аккомодация, и бинокулярно – определяется относительная аккомодация. Относительная аккомодация меньше абсолютной.

1. Определение ближайшей точки ясного видения (**P**). Исследователь приближает булавку к глазу исследуемого до момента, когда булавка раздвоится, вследствие максимального напряжения аккомодации. Затем измеряет линейкой расстояние от булавки до наружного края орбиты (**a**) и определяет положение ближайшей точки ясного видения в сантиметрах. В пересчете на диоптрии $P = 100/a$.

2. Определение дальней точки ясного видения (**R**). Исследователь удаляет булавку от глаз исследуемого до момента, когда она перестанет ясно видеться. Затем измеряет расстояние от булавки до глаз (**b**) и определяет положение дальней точки ясного видения в сантиметрах. В пересчете на диоптрии $R = 100/b$.

3. Определение области аккомодации и объёма аккомодации:

Область аккомодации = $b - a$ (см);

Объём аккомодации = $P - R$ (диоптрии).

Сравните полученные результаты с данными таблицы 1 и сделайте выводы:

Таблицы 1. Возрастные изменения силы аккомодации и расстояния до ближайшей точки ясного видения

Возраст (годы)	Сила аккомодации (диоптрии)	Расстояние от глаза до ближней точки ясного видения (см)
До 10	14,0-14,6	7
15	12,0-12,3	8
20	10,6-12,0	10
25	9,2	12
30	7,7	14
40	4,9	22
50	2,1	40
70	0,25	400

Задание 3. Определение остроты зрения.

Проведение работы.

А. Исследуемый располагается на расстоянии 5 м от таблицы и закрывает один глаз щитком. Исследователь указкой показывает тот или иной знак (букву, незамкнутую окружность, картинку), выясняя, какую из строк исследуемый видит отчетливо. Справа от установленной строки указана острота зрения (**V**), слева – диоптрии (**D**).

Б. Исследуемый подходит к таблице, а затем, закрыв один глаз щитком, медленно отходит от неё до тех пор, пока будет чётко видна строка, которая соответствует остроте зрения, равной 1. Острота зрения вычисляется путём деления расстояния, с которого исследуемый может прочесть эту строку, на расстояние, с которого она должна читаться при условии нормального зрения.

Сравните результаты, полученные в обоих опытах, занесите их в протокол и сделайте выводы. *Средние показатели остроты зрения у человека:* нормальная – 1,0; пониженная – от 0,8 и ниже; повышенная – 1,5- 2,0.

Протокол опыта:

Глаз	V	D	Оценка результатов
Левый			
Правый			

Задание 4. Наблюдение явлений резонанса в физиологической акустике.

Проведение работы.

I. Установите два одинаковых камертона на расстоянии 0,5 м друг от друга. Заставьте звучать один камертон и наблюдайте, начинает ли звучать другой камертон?

II. Заставьте звучать камертон и заметьте издаваемый им звук. Затем укрепите этот же камертон на деревянной полый подставке и снова заставьте его звучать. Отмечается ли усиление звука камертона?

Результаты запишите в протокол и дайте объяснение наблюдаемым явлениям: почему начинает звучать другой камертон в первом опыте и усиливается звук во втором опыте?

Задание 5. Исследование наружного и среднего уха.

Проведение работы.

I. *Установление значения ушной раковины.* Исследуемый закрывает одно ухо ватной повязкой, а у второго исследователь помещает тикающие часы. Затем, медленно удаляя часы, он определите расстояние (в метрах), на котором тиканье часов перестает быть слышимым. Проведите опыт для обеих ушей. Повторите опыт: с выключенной ушной раковиной, для чего введите резиновую трубку в наружный слуховой проход, а ушную раковину заполните ватой; увеличив раструб ушной раковины с помощью руки.

II. *Установление значения евстахиевой трубы (опыт Вальсавы).*

Сделайте максимальный вдох и, плотно закрыв рот и нос, выдохните, раздувая щеки. Отметьте, слышен ли звук прохождения воздуха.

Результаты опыта занесите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Расстояние, на котором тиканье часов перестает быть слышимым	Правое ухо	Левое ухо
При открытом ухе		
При «выключенной» ушной раковине		
При увеличенном раструбе ушной раковины		
В условиях опыта Вальсавы		

Задание 6. Определение локализации звука.

Проведение работы.

Испытуемый усаживается спиной к исследователю и завязывает глаза. Исследователь, перемещая часы вправо и влево, а затем вверх и вниз, определяет, на какое минимальное расстояние должен быть перемещён звук, чтобы это было замечено испытуемым.

Затем опыт повторяют, закрыв одно ухо. Отметьте при этом изменение порогов улавливаемых перемещений звуков. Увеличивается или уменьшается этот порог?

Результаты опыта занесите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Условия опыта	Минимальное расстояние, на которое перемещается звук (см. от затылка)			
	вправо	влево	вверх	вниз
Коба уха открыты				
Одно ухо закрыто				

Задание 7. Исследование костной проводимости звука.

Проведение работы.

I. *Опыт Вебера.*

Исследуемый плотно закрывает оба наружных слуховых прохода так, чтобы не был слышен звук камертона. Исследователь подносит звучащий камертон к средней

линии головы и испытуемый должен услышать через два уха звук одинаковой силы. Затем исследуемый открывает одно ухо и отмечает, что звук, идущий через это ухо будет казаться более тихим, вследствие потери звуковой энергии через наружный слуховой проход. Чтобы убедиться, что часть звуковой энергии рассеивается при прохождении через наружный слуховой проход, следует провести опыт с двумя исследуемыми. При этом по одному уху они закрывают, а вторые соединяются резиновой трубкой, плотно примыкающей к стенкам наружного слухового прохода. Затем исследователь подносит звучащий камертон к средней линии головы одного исследуемого, а второй при этом слышит звук, приходящий по трубке.

II. Опыт Риннэ.

Исследователь подносит звучащий камертон к сосцевидному отростку височной кости исследуемого. Исследуемый при этом слышит звук, который, постепенно ослабевая, исчезает. После того как звук перестает быть слышен, он сообщает об этом, и исследователь подносит камертон к наружному слуховому проходу: звук снова становится слышен. При проведении опыта необходимо фиксировать время звучания камертона для воздушной и костной проводимости. Если это отношение равняется 2:1, то опыт Риннэ называется положительным. При ослаблении воздушной проводимости он становится отрицательным (отношение времени звучания камертона для воздушной и костной проводимости становится равным 1,5:1 или 2:1). При полной глухоте на звук камертона через воздух и восприятие этого же звука через кость опыт Риннэ обозначается, как бесконечно отрицательный ($-\infty$).

Результаты обоих опытов заносите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Ухо	Опыт Вебера	Опыт Риннэ
правое		
левое		

Задание 8. Исследование слуховых рефлексов человека.

Проведение работы.

I. Мигательный рефлекс Бехтерева.

Издайте у уха, исследуемого резкий звук и наблюдайте подёргивание верхнего века. Данный рефлекс замыкается в продолговатом мозгу от улиткового нерва через ядро лицевого нерва. Рефлекс быстро угасает.

II. Улитково-зрачковый рефлекс.

Предложите испытуемому смотреть при рассеянном дневном свете вперёд в одну точку. Затем издайте сильный неожиданный звук у его уха и наблюдайте сужение зрачка с последующим его расширением (иногда наоборот). Данный рефлекс замыкается со слухового нерва на уровне среднего мозга, где боковая петля акустического пути частично заходит в ядро глаза двигательного нерва.

III. Общий акустический мышечный рефлекс.

Издайте резкий звук и наблюдайте вздрагивание исследуемого. Данный рефлекс служит для проверки слуха у грудных детей, а у взрослых легко тормозится.

Результаты опыта занесите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Наблюдаемые проявления	Мигательный рефлекс	Улитково-зрачковый рефлекс	Общий акустический мышечный рефлекс

Задание 9. Исследование комплексной деятельности кожного и двигательного анализаторов.

Проведение работы.

1. Исследуемый с закрытыми глазами приводит руку в задаваемое исследователем, положение и тотчас воспроизводит это положение другой рукой. Исследователь отмечает степень точности воспроизведения и величину ошибки:

2. Исследуемый с закрытыми глазами определяет форму геометрического тела, которое полностью помещается в его ладони: без движений пальцев – сомкнутая рука скользит вдоль поверхностей и при помощи пальцев (собственно ощупывание). В обоих случаях исследователь измеряет время, необходимое для описания данного тела:

3. Опыт Аристотеля. Катая по столу маленький шарик (горошину) между указательным и средним пальцами при их нормальном положении, вы воспринимаете только один предмет. Перекрестите пальцы таким образом, чтобы шарик очутился между медиальной (лучевой) поверхностью указательного пальца и латеральной (локтевой) поверхностью среднего пальца, и снова покатайте шарик. Дотроньтесь обращёнными друг к другу боковыми поверхностями указательного и среднего пальцев кончика носа. Запомните свои ощущения. Затем перекрестите пальцы и повторите дотрагивание. Опишите возникшие ощущения и дайте им объяснение:

Задание 10. Определение абсолютного и относительного порогов различения массы.

Проведение работы.

Во время работы исследуемый закрывает глаза. Исследователь кладёт на его ладонь груз массой 100 г, а затем добавляет к нему постепенно грузы по 5 г. до тех пор, пока испытуемый ясно ощутит изменение массы. Путём вычитания первоначальной массы (M_1) из полученной (M_2) определите абсолютный порог различения массы:

$$AP_{\text{различения массы}} = M_2 - M_1.$$

Относительный порог различения массы является частным абсолютного порога и первоначальной массы:

$$OP_{\text{различения массы}} = AP_{\text{различения массы}} / M_1.$$

Повторите опыт и расчёты с исходным грузом массой 200 г. и добавляемыми грузами по 10 г.

Результаты опытов занесите в протокол и сделайте выводы: о зависимости абсолютного порога различения массы от исходной величины, о значениях относительного порога различения массы.

Протокол опыта:

Исходная масса груза (г)	Масса добавляемых грузов (г)	Абсолютный порог различения массы	Относительный порог различения массы
100	5		
200	10		

Лабораторная работа. Интегративная деятельность мозга. Эмоции. Эмоциональный стресс

Цель занятия: выявить суть высшей нервной деятельности человека, рассмотреть генетически детерминированные и приобретенные формы поведения, усвоить правила образования условных рефлексов и причины их торможения. Научится опре-

делять тип доминирующего инстинкта, представленного в сознании человека, особенности аналитико-синтетической деятельности мозга человека

Для работы необходимы: стул, неврологический молоточек, психофизиологические тесты.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Интегративные функции мозга. Понятие о высшей нервной деятельности (И.П. Павлов). Генетически детерминированные формы поведения. Понятие о врожденном (безусловном) рефлексе. Классификация безусловных рефлексов. Локализация безусловных рефлексов в ЦНС (центры голода, насыщения, жажды, агрессии, ярости и т.д.). Инстинкты. Значение потребностей и мотиваций в формировании рефлексов и инстинктов. Приобретенные формы поведения. Виды научения. Условный рефлекс. Классификация условных рефлексов. Современные представления о механизмах замыкания временной связи. Физиологическая основа и правила выработки условных рефлексов. Торможение условных рефлексов и его виды. Биологическая роль, классификация эмоций. Роль структур и коры больших полушарий в формировании эмоциональных состояний. Моторные и вегетативные компоненты эмоций.

Задание 1. Исследование проприоцептивных рефлексов человека.

Проведение работы.

1. Определение доминирующего инстинкта, представленного в сознании человека.

Ответьте на предложенные вопросы, отметив знаком наиболее близкие и волнующие вас проблемы и утверждения.

1. Вы уделяете достаточно времени и усилий проблеме сохранения своего здоровья, полагая, что здоровье превыше всего.

2. Вас более всего волнует здоровье ваших детей.

3. Вас более всего волнуют и огорчают проявления недоброжелательности людей по отношению друг к другу, отсутствие у многих истинной доброты.

4. Вы однозначно отдаете предпочтение исследовательской, экспериментальной, поисковой работе.

5. Вы всегда стремились к лидерству, и для вас карьера – естественное самоутверждение человека.

6. Вас возмущают все формы подавления человека человеком, человека – государством.

7. Вы ни при каких обстоятельствах не потерпите высокомерия по отношению к вам.

8. Вы полагаете, что человек не должен упускать ни мига радости и удовольствия, поскольку жизнь одна и другой не будет.

9. Вас более всего волнуют проблемы, связанные с благополучием вашей семьи.

10. Более всего вы цените способность ощущать состояние другого человека, понимать его переживания.

11. Более всего вы мечтаете о работе в коллективе увлеченных и талантливых людей.

12. Вы предпочитаете управленческую, организационную работу, и вам близки утверждения: «Не мешайте деловым людям, и тогда придет изобилие».

13. Если бы вам предложили на выбор карьеру, богатство, безопасность или свободу, вы бы без колебаний выбрали свободу.

14. Вы всегда на стороне тех, кто готов поступиться благополучием ради сохранения своей чести и родовой гордости.

15. Вы не приемлете риска здоровьем и благополучием даже ради самых заманчивых целей и предложении.

16. Более всего вас волнует безопасность ваших детей.
17. Больше всего вы цените бескорыстие в отношениях между людьми.
18. Вы отлично понимаете людей, готовых покинуть обжитое место и уехать на новые земли, если там начинается новое и интересное дело.
19. Для вас более приоритетна перспектива служебного роста, чем материальные стимулы.
20. Вы полагаете, что из всех прав человека важнейшее – свобода слова, передвижения, вероисповедания.
21. Вам нравятся люди, ведущие самоотверженную борьбу против всех форм унижения человека человеком, человека государством и имеющие право сказать: «В нашем роду не было подлецов».
22. Вы полагаете, что самая большая глупость на свете – с запозданием обратиться к врачу и тем самым запустить болезнь.
23. Более всего волнует и тревожит вас будущее ваших детей.
24. Вы тяжелее переживаете беды и несчастья своего народа, чем свои собственные.
25. Вас раздражает инертность и противодействие бездарных облеченных властью людей новому, прогрессивному, талантливому, творческим людям.
26. Вы готовы к жесткой борьбе с конкурентами в главном для вас деле.
27. Более всего вас интересует независимость от кого бы то ни было и от чего бы то ни было.
28. Вы более всего нетерпимы ко всем формам ущемления вашего «Я», и ваше кредо «Честь превыше всего».
29. Вы абсолютно согласны с философом, утверждавшим, что «всё вокруг имеет смысл, пока есть я».
30. Лучше всего вы ощущаете себя в кругу своей семьи. Она ваша отрада, и ваше кредо: «Мой дом – моя крепость».
31. Более всего вас тревожит и огорчает отсутствие заботы о слабых, больных, инвалидах и о пожилых людях.
32. Вас восхищают люди, готовые поступиться благополучием, здоровьем ради реализации своих творческих устремлений.
33. Вы цените людей дела, результат, сильную руку в управлении.
34. Вы не терпите ограничений в своей деятельности, в своей жизни, в своей свободе.
35. При любых обстоятельствах и перед лицом любой угрозы следует действовать в согласии с кредо: «Лучше умереть стоя, чем жить на коленях».

Ответив на вопросы, определите доминирующий инстинкт, используя таблицу. Для этого, при положительном ответе на вопрос, отметьте его номер в таблице. Количество отмеченных вопросов соответствует количеству баллов в каждом типе. Наибольшая сумма баллов указывает на доминирующий инстинкт и на типовую принадлежность. Если равное количество баллов окажется у двух инстинктов, то вам свойственен смешанный тип.

Тип инстинкта	I	II	III	IV	V	VI	VII
Номера вопросов	1, 8, 15, 22, 29	2, 9, 16, 23, 30	3, 10, 17, 24, 31	4, 11, 18, 25, 32	5, 12, 19, 26, 33	6, 13, 20, 27, 34	7, 14, 21, 28, 35

Ознакомьтесь с характеристикой выявленного инстинкта:

I. Эгофильный тип. С раннего детства у человека этого типа проявляется склонность к повышенной осторожности, ребёнок не отпускает мать от себя ни на миг, боит-

ся темноты, высоты, воды и т. п., нетерпим к боли (отказы от лечения зубов; от посещения врачей и т. п.); на базе этого типа формируется личность с выраженной эгоцентричностью, тревожной мнительностью, склонностью при неблагоприятных обстоятельствах к навязчивым страхам, фобиям или истерическим реакциям. Это люди, для которых «безопасность и здоровье – превыше всего!», а их кредо: «Жизнь одна и больше не будет». Эволюционная целесообразность наличия данного типа заключается в том, что его носители, сохраняя себя, являются хранителями генофонда.

Для эгофильного типа характерны следующие ведущие качества: эгоцентричность, консерватизм, готовность поступиться социальными потребностями ради собственной безопасности, отрицание риска, тревожность в отношении своего здоровья и благополучия.

II. Генофильный тип. Для него характерна своеобразная разновидность эгоцентризма, когда «Я» замещается понятием «Мы» (под «Мы» подразумевается семья) вплоть до отрицания «Я». Ценности, цели, жизненный замысел подчинены интересам детей, семьи. Уже в детстве интересы этого типа людей фиксированы на семье и такой ребёнок спокоен только тогда, когда отец и мать вернулись с работы, вся семья в сборе, все здоровы, у всех хорошее настроение, он обостренно чувствует разлад в семье, и в этом случае у него возникает депрессивная невротическая реакция. Это люди, которые ценят «интересы семьи превыше всего», а их кредо: «Мой дом – моя крепость». Эволюционная целесообразность наличия данного типа заключается в том, что его носители – хранители семьи, генофонда рода, жизни.

Генофильному типу присущи следующие качества: сверхлюбовь к своим детям, семейственность, сверхзабота о безопасности и здоровье своих детей, тенденция к отрицанию своего «Я» в пользу Мы» (семьи), сверхтревожность относительно будущего своих детей.

III. Альтруистический тип. Для людей этого типа характерны доброта, эмпатия, заботливость к близким, особенно к пожилым людям, способны отдать последнее, даже необходимое ему самому. Они убеждены, что не может быть хорошо всем если плохо кому-то одному, а их кредо «Доброта спасёт мир, доброта превыше всего». И они эволюционно хранители доброты, мира, хранители жизни.

Для альтруистического типа характерны такие качества, как доброта, сопереживание, понимание людей, бескорыстность в отношениях с людьми, забота о слабых и больных, миролюбие.

IV. Исследовательский тип. У людей этого типа с раннего детства отмечается любознательность, стремление во всём добраться до сути, склонность к творчеству. Вначале этих людей интересует всё, но далее всё сильнее и сильнее захватывает какое-то одно страстное увлечение. Путешественники, изобретатели, учёные – лица этого типа. Их кредо – «Творчество и прогресс – превыше всего». Эволюционная целесообразность этого типа очевидна.

Исследовательскому типу присущи: склонность к исследовательской деятельности, склонность к поиску нового, новаторство в науке и искусстве, способность без колебаний оставлять обжитое место, налаженное дело при появлении новых, требующих риска, но интересных дел и задач, устремлённость к творчеству и самоотверженность в реализации творческих устремлений.

V. Доминантный тип. С раннего детства наблюдается стремление к лидерству, умение организовать игру, поставить цель, проявить волю для её достижения, формируется личность, знающая чего она хочет и как достигнуть желаемого, упорная в достижении цели, готовая к продуманному риску, умеющая разбираться в людях и повести их за собой. Кредо этого типа: «Дело и порядок превыше всего»; «Один – ничто, все – всё», «Будет хорошо всем – будет хорошо каждому». Эволюционная целесооб-

разность наличия типа, рождающего лидеров, организаторов, политиков в том, что они хранители интересов и чести всего рода.

Для доминантного типа характерны: склонность к лидерству и к власти, предрасположенность к решению сложных организационных задач, приоритет перспектив служебного роста над материальными стимулами, готовность к жёсткой борьбе за лидерство, приоритет общего над частным.

VI. Либертофильный тип. Для людей этого типа характерны стремление к самостоятельности, отрицанию авторитетов (родителей, учителей), терпимость к боли, склонность рано покинуть отчий дом, предрасположенность к риску, упрямству, негативизму, нетерпимости рутины, бюрократизма. Кредо таких людей: «Свобода превыше всего». И они – хранители интересов и свободы каждого, индивидуальности, они, естественно, ограничивают тенденции лиц «доминантного типа». Они хранители свободы, а с этим – жизни.

Либертофильному типу присущи: склонность к протесту, предрасположенность к перемене мест (отрицание будничности), стремление к независимости, склонность к реформаторству, нетерпимость к любым формам ограничений, к цензуре, к подавлению «Я».

VII. Дигниофильный тип. Уже в раннем детстве человек этого типа способен уловить иронию, насмешку и абсолютно нетерпим к любой форме унижения. Характерна безоглядность, готовность поступиться всем в отстаивании своих прав, непоколебимая позиция «Честь превыше всего». Инстинкт самосохранения у такого человека на последнем месте. Привязанность к семье выражается в форме сохранения фамильной чести: «В нашем роду не было подлецов и трусов». Эволюционная целесообразность такого типа заключается в том, что его носители – хранители чести и достоинства «Я», личности, а с этим – жизни, достойной человека.

Для дигниофильного типа характерны: нетерпимость к любым формам унижения, готовность поступиться благополучием и социальным статусом во имя собственного достоинства, приоритет чести и гордости над безопасностью, бескомпромиссность и прямота в отношениях с лидерами, нетерпимость ко всем формам ущемления прав человека.

Задание 2. Определение способности к обобщению.

Проведение работы

В указанных заданиях определите «лишнее» слово и то, что объединяет оставшиеся слова.

Задание 1: А) Собака, корова, овца, лось, кошка.

Б) Собака, корова, овца, лось, лошадь.

Задание 2: А) Футбол, хоккей, гандбол, баскетбол, водное поло.

Б) Футбол, хоккей, гандбол, баскетбол, бадминтон.

Задание 3: А) Енисей, Обь, Печора, Лена, Индигирка.

Б) Енисей, Обь, Печора, Лена, Дон.

Задание 4: А) Витебск, Гродно, Брест, Минск, Полоцк.

Б) Витебск, Гродно, Брест, Минск, Гомель.

Задание 5: А) Заяц, лиса, волк, медведь, кенгуру.

Б) Заяц, лиса, волк, медведь, куница.

Ответы занесите в протокол и по количеству правильно выполненных заданий оцените результаты и сделайте вывод.

Протокол опыта:

	1	2	3	4	5
А					
Б					

Задание 3. Выявление ассоциативных связей.

Проведение работы

Исследователь составляет список из 20 произвольно выбранных слов. Затем поочередно читает каждое слово, а испытуемый быстро отвечает на него первым, пришедшим на ум, словом и записывает его в протокол. После анализа характера ответов, делается вывод.

Степень развития второй сигнальной системы высока, если преобладают ответы, содержащие элементы абстракции и обобщения.

Протокол опыта:

№	Слово	Особенности ответа		
		содержит элементы абстракции	содержит элементы обобщения	является конкретным-образным
1... 20				

Задание 4. Определение особенности аналитической и синтетической деятельности мозга.

Проведение работы

Выберите в каждой строчке только два слова, наиболее тесно связанных со словом, стоящим перед скобками. Время работы – 4 минуты.

1. Война (самолет, пушки, сражение, ружья, солдаты).
2. Чтение (глаза, книга, картина, печать, слово).
3. Сад (растения, садовник, собака, забор, земля).
4. Сарай (сеновал, лошади, крыша, стены).
5. Река (берег, рыба, рыболов, тина, вода).
6. Город (автомобиль, здание, толпа, улица, велосипед).
7. Куб (углы, чертеж, сторона, камень, дерево).
8. Деление (делимое, карандаш, делитель, бумага).
9. Игра (карты, игроки, штрафы, наказание, правила).
10. Кольцо (диаметр, алмаз, проба, округлость, печать).
11. Газета (правда, приложение, телеграмма, бумага, любовь, редактор, текст).
12. Книга (рисунок, война, бумага, любовь, текст).
13. Пение (звон, искусство, голос, аплодисменты, мелодия).
14. Землетрясения (пожар, смерть, колебание, почва, шум).
15. Библиотека (город, книги, лекции, музыка, читатели).
16. Лес (лист, яблони, охотник, дерево, волк).
17. Спорт (медаль, победа, стадион, состязание, оркестр).
18. Больница (помещение, сад, врач, радио, больные).
19. Любовь (розы, чувства, человек, народ, природа).
20. Патриотизм (город, друзья, родина, семья, человек).
21. Мебель (стулья, стол, дерево, сервант, шкаф).
22. Факультет (кафедра, декан, здание, студент, улица).
23. Оружие (танки, самолеты, хлопушки, пушки, железѳ).
24. Овощи (огурец, свекла, арбуз, морковь, яблоко).

Оцените результаты с помощью таблицы (см. «Правильные ответы»). За два правильно выбранных слова начислите 2 балла, за одно - 1 и 0 – если ни одного правильного слова. Максимальный результат - 48 баллов; результат менее 24 баллов свидетельствует о неумении сравнивать, анализировать и объединять признаки.

Задание 5. Определение экстраверсии и эмоциональной устойчивости.

Проведение работы

Ответьте «да» или «нет» на вопрос:

1. Часто ли вы испытываете тягу к новым впечатлениям, к тому, чтобы отвлечься, испытать сильные ощущения?
2. Часто ли вы чувствуете, что нуждаетесь в друзьях, которые могут вас понять, ободрить, посочувствовать?
3. Считаете ли вы себя беззаботным человеком?
4. Очень ли трудно вам отказаться от своих намерений?
5. Обдумываете ли вы свои дела не спеша или предпочитаете подождать прежде, чем действовать?
6. Всегда ли вы сдерживаете свои обещания, даже если это вам невыгодно?
7. Часто ли у вас бывают спады и подъёмы настроения?
8. Быстро ли вы обычно действуете и говорите?
9. Возникало ли у вас когда-нибудь чувство, что вы несчастны, хотя никакой серьёзной причины для этого не было?
10. Верно ли, что на «спор» вы способны решиться на все?
11. Смущаетесь ли вы, когда хотите познакомиться с человеком противоположного пола, который вам симпатичен?
12. Бывает ли когда-нибудь, что разозлившись вы «выходите из себя»?
13. Часто ли бывает, что вы действуете необдуманно, под влиянием момента?
14. Часто ли вас беспокоит мысль о том, что вам не следовало что-либо делать или говорить?
15. Предпочитаете ли вы чтение книг встречам с людьми?
16. Верно ли, что вас легко задеть?
17. Любите ли вы часто бывать в компании?
18. Бывают ли у вас такие мысли, которыми вам бы не хотелось делиться с другими?
19. Верно ли, что иногда вы настолько полны энергии, что все горит в руках, а иногда чувствуете усталость?
20. Стараетесь ли вы ограничить круг своих знакомств небольшим числом самых близких друзей?
21. Много ли вы мечтаете?
22. Когда на вас кричат, отвечаете ли вы тем же?
23. Считаете ли вы все свои привычки хорошими?
24. Часто ли у вас появляется чувство, что вы в чем-то виноваты?
25. Способны ли вы иногда дать волю своим чувствам и беззаботно развлекаться в весёлой компании?
26. Можно ли сказать, что нервы у вас часто бывают натянуты до предела?
27. Слывете ли вы за человека живого и весёлого?
28. После того как дело сделано, часто ли вы мысленно возвращаетесь к нему и думаете, что смогли бы сделать лучше?
29. Чувствуете ли вы себя беспокойно, находясь в большой компании?
30. Бывает ли, что вы передаёте слухи?
31. Бывает ли, что вам не спится из-за того, что в голову лезут разные мысли?
32. Если вы хотите что-то узнать, вы предпочитаете найти это в книге или спросить у людей?
33. Бывает ли у вас сильное сердцебиение?
34. Нравится ли вам работа, требующая сосредоточения?
35. Бывают ли у вас приступы дрожи?

36. Всегда ли вы говорите правду?
37. Бывает ли вам неприятно находиться в компании, где подшучивают друг над другом?
38. Раздражительны ли вы?
39. Нравится ли вам работа, требующая быстрейшего действия?
40. Верно ли, что вам часто не дают покоя мысли о разных неприятностях и ужасах, которые, могли бы произойти, хотя всё кончилось благополучно?
41. Верно ли, что вы неторопливы в движениях и несколько медлительны?
42. Опаздываете ли вы когда-нибудь на работу или на встречу с кем-либо?
43. Часто ли вам снятся кошмары?
44. Верно ли, что вы так любите поговорить, что не упускаете любого случая поговорить с новым человеком?
45. Беспокоят ли вас какие-нибудь боли?
46. Огорчились бы вы, если бы долго не могли видеться с друзьями?
47. Вы нервный человек?
48. Есть ли среди ваших знакомых люди, которые явно вам не нравятся?
49. Вы уверенный в себе человек?
50. Легко ли вас задевает критика ваших недостатков или вашей работы?
51. Трудно ли вам получить настоящее удовольствие от мероприятий, в которых участвует много народу?
52. Беспокоит ли вас чувство, что вы чем-то хуже других?
53. Сумели бы вы внести оживление в скучную компанию?
54. Бывает ли, что вы говорите о вещах, в которых совсем не разбираетесь?
55. Беспокоитесь ли вы о своем здоровье?
56. Любите ли вы подшутить над другими?
57. Страдаете ли вы бессонницей?

Оцените результаты: для *определения экстраверсии* находится:
 количество ответов «да» в вопросах: 1, 3, 8, 10, 13, 17, 22, 25, 27, 39, 44, 46, 49, 53, 56;

количество ответов «нет» в вопросах: 5, 15, 20, 29, 32, 37, 41, 51.

Если это количество равно 0-10, то вы интроверт, замкнуты внутри себя; если 15-24, то вы экстраверт, общительны, обращены к внешнему миру; если 11-14, то вы амбиверт, то есть общаетесь, когда вам это нужно.

Для *определения невротизма* находится:

количество ответов «да» в вопросах: 2, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 40, 43, 45, 47, 50, 52, 55, 57;

Количество баллов от 0 до 10 свидетельствует об эмоциональной устойчивости; от 11 до 16 – об эмоциональной впечатлительности; от 17 до 22 – о появлении отдельных признаков расшатанности нервной системы; от 23 до 24 – о невротизме и возможности срыва или невроза.

Определите, *можно ли доверять вашим результатам*. Для этого суммируйте ответы «да» на вопросы: 6, 24, 36 и ответы «нет» на вопросы: 12, 18, 30, 42, 48, 64. Если эта сумма равна 0-3, то ответам можно доверять; если 4-5, то сомнительно; если 6-9 - ответы недостоверны. Если ответам можно доверять, по полученным данным постройте график:



Сангвиник - экстраверт: стабильная личность, социален, направлен к внешнему миру, общителен, порой болтлив, весёлый, любит лидерство, много друзей, жизнерадостен.

Холерик - экстраверт: нестабильная личность, обидчив, возбуждён, несдержан, агрессивен, импульсивен, оптимистичен, активен, но работоспособность и настроение нестабильны, цикличны. В ситуации стресса отмечается склонность к истерико-психопатическим реакциям.

Флегматик - интроверт: стабильная личность, медлителен, спокоен, пассивен, невозмутим, осторожен, задумчив, сдержанный, надёжный, спокойный в отношениях, способен выдержать длительные невзгоды без срывов здоровья и настроения.

Меланхолик - интроверт: нестабильная личность, тревожен, пессимистичен, очень сдержан внешне, но чувствителен и эмоционален внутри, интеллектуальный, склонен к размышлениям. В ситуации стресса наблюдается склонность к внутренней тревоге, депрессии, срыву или ухудшению результатов деятельности.

Лабораторная работа. Целенаправленное поведение человека. Адаптация

Цель занятия: изучить структуру целостного поведенческого акта с точки зрения теории функциональной системы П.К. Анохина. Ознакомиться с учением И.П. Павлова о типах высшей нервной деятельности и учением о первой и второй сигнальных системах. Получить представление о нейрофизиологических механизмах сна и бодрствования, структуре сна человека. Научиться определять типы нервной системы и высшей нервной деятельности, уровень индивидуальной гипнабельности, изучить пути, принципы и механизмы адаптации, акклиматизации и резистентности организма. Рассмотреть различные виды адаптации. Дать характеристику стресса как общего адаптационного синдрома. Изучить многообразие биоритмов человека, физиологические механизмы ритмогенеза и организацию эндогенных биологических часов.

Для работы необходимы: психофизиологические тесты, карточки с 7 рядами цифр (в первом -4, в последнем -10) и с 10 рядами по 5 цифр; таблицы, включающие 20 слов и словосочетаний; секундомер, Карточки, содержащие 10, не связанных друг с другом, слов (4 шт.), корректурные бланки.

Вопросы для самоподготовки и аудиторного контроля по теме занятия. Архитектура целостного поведенческого акта с точки зрения теории функциональной системы П.К. Анохина. Афферентный синтез, его компоненты. Принятие решения. Акцептор результата действия. Программа действия. Учение И.П. Павлова о типах высшей

нервной деятельности животных и человека. Учение И.П. Павлова о первой и второй сигнальных системах. Сон. Теории сна. Фазы сна человека: медленноволновый сон, парадоксальный сон. Регулирование уровня бодрствования. Физиологические основы гипнотических состояний. Понятие адаптации, акклиматизации и резистентности организма. Общие принципы и механизмы адаптации. Пассивный и активный пути приспособления организма к внешним условиям. Характеристика адаптивных процессов. Срочная и долговременная адаптация, ее механизмы. Энергетические затраты как показатель процесса адаптации. Норма адаптивной реакции, дизадаптация, цена адаптации. Гено- и фенотипическая адаптация. Сложные и перекрестные адаптации. Обратимость процессов адаптации. Понятие о стрессе как общем адаптационном синдроме. Роль нервной и эндокринной систем, роль поведенческих реакций. Понятие о биологических ритмах человека.

Задание 1. Определение уровня мотивации достижения.

Проведение работы

Ответьте «да» или «нет» на следующие утверждения:

1. Думаю, что успех в жизни, скорее, зависит от случая, чем от расчёта.
2. Если я лишусь любимого занятия, жизнь для меня потеряет всякий смысл.
3. Для меня в любом деле важнее не его исполнение, а конечный результат.
4. Считаю, что люди больше страдают от неудач на работе, чем от плохих взаимоотношений с близкими.
5. По моему мнению, большинство людей живут далёкими целями, а не близкими.
6. В жизни у меня было больше успехов, чем неудач.
7. Эмоциональные люди мне нравятся больше, чем деятельные.
8. Даже в обычной работе я стараюсь усовершенствовать некоторые её элементы.
9. Поглощённый мыслями об успехе, я могу забыть о мерах предосторожности.
10. Мои близкие считают меня ленивым.
11. Думаю, что в моих неудачах повинны, скорее, обстоятельства, чем я сам.
12. Терпения во мне больше, чем способностей.
13. Мои родители слишком строго контролировали меня.
14. Лень, а не сомнение в успехе, вынуждает меня часто отказываться от своих намерений.
15. Думаю, что я уверенный в себе человек.
16. Ради успеха я могу рискнуть, даже если шансы невелики.
17. Я усердный человек.
18. Когда всё идёт гладко, моя энергия усиливается.
19. Если бы я был журналистом, я писал бы, скорее, об оригинальных изобретениях людей, чем о происшествиях.
20. Мои близкие обычно не разделяют моих планов.
21. Уровень моих требований к жизни ниже, чем у моих товарищей.
22. Мне кажется, что настойчивости во мне больше, чем способностей.

Оцените результаты: за каждое совпадение ваших ответов с ключевыми начислите 1 балл.

Ключ: ответ «да» на вопросы 2, 6, 7, 8, 14, 16, 18, 19, 21, 22.

ответ «нет» на вопросы 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 20.

Подсчитайте сумму баллов. Если вы набрали 11 и меньше баллов, то уровень мотивации достижения низкий; количество баллов от 12 до 15 свидетельствует о среднем уровне и свыше 15 баллов – о высоком уровне мотивации достижения.

Задание 2. Определение степени мотивации к успеху.

Проведение работы

Ответьте «да» или «нет» на следующие утверждения:

1. Когда имеется выбор между двумя вариантами, его лучше сделать быстрее, чем отложить на определённое время.
2. Я легко раздражаюсь, когда замечаю, что не могу на все 100 % выполнить задание.
3. Когда я работаю, это выглядит так, будто я всё ставлю на карту.
4. Когда возникает проблемная ситуация, я чаще всего принимаю решение одним из последних.
5. Когда у меня два дня подряд нет дела, я теряю покой.
6. В некоторые дни мои успехи ниже средних.
7. По отношению к себе я более строг, чем по отношению к другим.
8. Я более доброжелателен, чем другие.
9. Когда я отказываюсь от трудного задания, я потом сурово осуждаю себя, так как знаю, что в нём я добился бы успеха.
10. В процессе работы я нуждаюсь в небольших паузах для отдыха.
11. Усердие – это не основная моя черта.
12. Мои достижения в труде не всегда одинаковы.
13. Меня больше привлекает другая работа, чем та, которой я занят.
14. Порицание стимулирует меня сильнее, чем похвала.
15. Я знаю, что мои коллеги считают меня дельным человеком.
16. Препятствия делают мои решения более твердыми.
17. У меня легко вызвать честолюбие.
18. Когда я работаю без вдохновения, это обычно заметно.
19. При выполнении работы я не рассчитываю на помощь других.
20. Иногда я откладываю то, что должен был сделать сейчас.
21. Нужно полагаться только на самого себя.
22. В жизни мало вещей более важных, чем деньги.
23. Всегда, когда мне предстоит выполнить важное задание, я ни о чем другом не думаю.
24. Я менее честолюбив, чем многие другие.
25. В конце отпуска я обычно радуюсь, что скоро выйду на работу.
26. Когда я расположен к работе, я делаю её лучше и квалифицированнее, чем другие.
27. Мне проще и легче общаться с людьми, которые могут упорно работать.
28. Когда у меня нет дел, я чувствую, что мне не по себе.
29. Мне приходится выполнять ответственную работу чаще, чем другим.
30. Когда мне приходится принимать решение, я стараюсь делать это как можно лучше.
31. Мои друзья иногда считают меня ленивым.
32. Мои успехи в какой-то мере зависят от моих коллег.
33. Бессмысленно противодействовать воле руководителя.
34. Иногда не знаешь, какую работу придётся выполнять.
35. Когда что-то не ладится, я нетерпелив.
36. Я обычно обращаю мало внимания на свои достижения.
37. Когда я работаю вместе с другими, моя работа дает большие результаты, чем работы других.
38. Много, за что я берусь, я не довожу до конца.
39. Я завидую людям, которые не загружены работой.

40. Я не завидую тем, кто стремится к власти и положению.

41. Когда я уверен, что стою на правильном пути, для доказательства своей правоты я иду вплоть до крайних мер.

Оцените результаты: за каждое совпадение ваших ответов с ключевыми начислите 1 балл.

ответ «да» на вопросы: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 37, 41;

ответ «нет» на вопросы: 6, 19, 18, 20, 24, 31, 36, 38, 39;

ответы на вопросы: 1, 11, 12, 19, 28, 33, 34, 35, 40 не учитываются.

Подсчитайте сумму баллов. Если вы набрали от 1 до 10 баллов, то у вас низкая мотивация к успеху; от 11 до 16 баллов – средний уровень мотивации; от 17 до 20 баллов – умеренно высокий уровень мотивации; свыше 21 балла – высокий уровень мотивации к успеху.

Задание 3. Определение особенностей восприятия.

Проведение работы

Ответьте на вопросы одним из предложенных вариантов и отметьте его:

1. Каким образом вы предпочли бы узнать, как работает компьютер?
 - а) посмотрев учебный фильм;
 - б) прослушав объяснения;
 - в) разобрав компьютер и самостоятельно попытавшись понять, что там к чему?
2. Что бы вы предпочли почитать для развлечения?
 - а) книгу о путешествиях со множеством иллюстраций;
 - б) детектив со множеством диалогов;
 - в) книгу с задачами, загадками и головоломками.
3. Если вы не уверены, как пишется слово, что вы скорее всего сделаете?
 - а) напишете, чтобы посмотреть, так ли оно выглядит, как надо?
 - б) произнесёте его;
 - в) напишете, обращая внимание на свои ощущения, те ли они?
4. Если вы были на вечеринке, что вы скорее всего будете вспоминать на следующий день?
 - а) лица тех, кто там был, но не их имена;
 - б) имена, но не лица;
 - в) то, что вы там сами говорили и делали.
5. Как вы скорее всего будете готовиться к контрольной работе?
 - а) читать свои конспекты, заголовки книг, рассматривать схемы и иллюстрации;
 - б) попросите кого-нибудь задавать вам вопросы или сами будете повторять всё про себя;
 - в) записывать то, что надо знать, на карточках и рисовать схемы.
6. Когда вы видите слово «собака», что вы делаете первым делом:
 - а) представляете себе собаку;
 - б) мысленно произносите слово «собака»;
 - в) представляете, что можно делать с собакой – гладить её, играть с ней.
7. Что вам больше всего мешает, когда вы пытаетесь сосредоточиться?
 - а) зрительные отвлекающие моменты;
 - б) шум;
 - в) другие ощущения вроде голода, тесной обуви или тревоги.
8. Как вы предпочитаете справляться с трудностями?
 - а) составить список, определить этапы и вычёркивать то, что сделано;

- б) сделать несколько звонков по телефону, чтобы посоветоваться со специалистами и друзьями;
- в) представить проблему в уме и пройти по всем возможным этапам её решения.
9. Что вы скорее всего будете делать, стоя в очереди за билетами в кино?
- а) рассматривать плакаты и объявления;
- б) беседовать с теми, кто стоит поблизости;
- в) притоптывать ногой или ходить туда-сюда.
10. Вы пришли в музей. Что вы сделаете для начала?
- а) осмотритесь, чтобы найти схему выставок;
- б) спросите у служащего, где какие выставки;
- в) начнете с приглянувшейся выставки, а дальше – как получится.
11. Если вы разозлитесь, что скорее всего станете делать?
- а) мимикой покажете свое недовольство;
- б) кричать;
- в) топтать ногами и хлопать дверьми.
12. Если вы обрадуетесь, что скорее всего сделаете?
- а) сделаете обрадованное лицо;
- б) закричите от радости;
- в) запрыгаете от радости.
13. Какой кружок вы предпочтете?
- а) художественный;
- б) музыкальный;
- в) спортивный.
14. Что вы делаете, когда слушаете музыку?
- а) мечтаете (представляете себе разные картины);
- б) подпеваете себе под нос;
- в) двигаетесь под музыку, притоптываете ногой и т. п.
15. Как бы вы поведали историю о каком-нибудь случае?
- а) написали;
- б) рассказали;
- в) разыграли.
16. В какой ресторан вы бы не пошли?
- а) где слишком яркое освещение;
- б) где слишком громкая музыка;
- в) где слишком неудобные стулья.

Оцените результаты: подсчитайте число ответов «а», «б» и «в».

Преобладание ответов «а» говорит о том, что в учёбе вы больше полагаетесь на зрительное восприятие; «б» – на слуховое восприятие; «в» – на кинетическое восприятие (вы учитесь в движении). Если вы выбрали примерно одинаковое количество ответов «а», «б» и «в», то в учёбе зависите от нескольких способов восприятия.

Задание 4. Определение объёма памяти.

Проведение работы

I. Определение объёма памяти при случайном запоминании.

Исследователь готовит карточку как указано выше и зачитывает испытуемому 7 рядов цифр, начиная с самого короткого ряда, и заканчивая самым длинным рядом. Скорость чтения 3 знака в 2 секунды. После каждого зачитанного ряда перерыв 5-7 секунд. Испытуемый, внимательно прослушав зачитываемый ряд цифр, воспроизводит его по памяти, записывая цифры в протокол в том же порядке, как они и читались:

Ряд	Цифры
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Оцените результаты: сравните записанные в протоколе цифры с карточкой. Объем памяти оценивается по наибольшей строчке цифр, записанной без ошибок. Объем случайного запоминания для взрослого человека составляет 7 ± 2 знаков.

II. Определение объема памяти при смысловом запоминании.

Исследователь готовит таблицу, а затем вслух зачитывает 20 слов и словосочетаний из неё с интервалом 10-15 секунд, в течении которых испытуемый должен нарисовать любое изображение, которое поможет ему воспроизвести предъявляемый материал. Написание букв или слов не допускается. Через 40-60 минут испытуемый, глядя на рисунки, должен вспомнить соответствующие слова и записать их в протокол рядом с рисунками:

1	6	11	16
2	7	12	17
3	8	13	18
4	9	14	19
5	10	15	20

Оцените результаты: подсчитайте количество правильно воспроизведенных слов в соотношении с общим количеством предъявляемых для запоминания.

Содержание самих рисунков отражает запас знаний и представлений, особенно индивидуального жизненного опыта, а также способность к отвлечению и абстрагированию.

Особенности опосредованного запоминания выражаются через изображения, которые можно классифицировать на пять основных видов:

абстрактные изображения (А) представляют собой набор линий не оформленных в какой-либо узнаваемый образ;

знаково-символические (З) – в виде знаков или символов (геометрические фигуры, стрелки и т.п.);

конкретные (К) – изображения конкретных предметов;

сюжетные (С) – изображаемые предметы, персонажи объединяются в какую-либо ситуацию, сюжет, или рисуется персонаж, выполняющий какую-либо деятельность;

метаморфические (М) – изображения в виде метафор, художественного вымысла (например, на слово «радость» изображается: человек, поднявшийся в воздух на крыльях).

При обработке материалов рядом с каждым рисунком проставляется буквенное обозначение предполагаемого вида изображения. Затем делается вывод о характере мыслительного процесса в зависимости от наиболее часто употребляемого вида изображения.

Если чаще используются абстрактные и знаково-символические типы рисунков, то это указывает на тип «мыслителя». Такие люди в мыслительной деятельности стремятся к обобщению, синтезу информации, имеют высокий уровень абстрактно-логического мышления.

Преобладание сюжетных и метафорических изображений указывает на тип людей с творческим мышлением, сознающих в себе наличие художественных способностей или увлекающихся художественным творчеством.

В случае предпочтения конкретного вида изображений можно предположить преобладание конкретно-действенного мышления, которое подразумевает оперирование непосредственно воспринимаемыми объектами и связями, либо о так называемом практическом мышлении, направленном на разрешение частных конкретных задач в практической деятельности.

Об уровне сформированности понятийного мышления свидетельствует то, насколько свободно испытуемый устанавливает связи между абстрактными понятиями и изображениями в процессе рисования и воспроизведением слов по рисункам.

По качеству рисунков можно определить и степень утомляемости испытуемого. Об этом свидетельствуют нарастающая небрежность, ослабление нажима при рисовании к концу выполнения задания.

III. Определение объёма оперативной памяти.

Исследователь составляет карточку с 10 рядами цифр, в каждом из которых 5 цифр. Затем зачитывает вслух первый ряд, спустя 15 секунд, второй и т. д. Испытуемому необходимо запомнить числовой ряд, а затем во время интервалов в уме сложить первое число со вторым и полученную сумму записать в протокол; второе число сложить с третьим, сумму записать; третье с четвертым, их сумму записать, и четвертое с пятым, сумму записать. В результате должно быть получено и записано четыре суммы для каждого ряда из пяти цифр:

1	
2	
3	
4	
5	

6	
7	
8	
9	
10	

Записанные в протокол результаты сравниваются с правильными ответами (считает исследователь), а затем подсчитывается количество правильно найденных сумм. Норма взрослого человека – 30 и более.

Задание 5. Определение типов памяти.

Проведение работы

Работа состоит из 4 частей. После каждой части отдых 3-5 минут.

1. Исследователь читает вслух с интервалом 5 секунд слова карточки №1. Через 10 секунд после последнего исследуемый записывает в протокол запомнившиеся слова и проверяет правильность воспроизведения.

2. Исследователь даёт испытуемому карточку №2, текстом вниз. Исследуемый по команде поворачивает карточку и читает слова в течение 1 минуты, затем переворачивает карточку и через 10 секунд записывает запомнившиеся слова.

3. Исследователь читает вслух слова карточки №3 с таким интервалом, чтобы исследуемый шепотом повторил и «записал» в воздухе каждое слово. Через 10 секунд исследуемый записывает в протокол запомнившиеся слова и проверяет правильность воспроизведения.

4. Исследователь даёт исследуемому карточку №4, текстом вниз. Исследуемый по команде поворачивает карточку и по очереди смотрит на каждое слово, читает его вслух и «записывает» его в воздухе. Затем переворачивает карточку и через 10 секунд записывает запомнившиеся слова. Рассчитайте для каждого опыта коэффициент продуктивности памяти, используя формулу: $K=B/A$, где **A** – количество слов в карточке, **B** – количество запомнившихся слов.

Результаты работы запишите в протокол и сделайте выводы.

Протокол опыта:

Карточка 1	Карточка 2	Карточка 3	Карточка 4
1. Воздух. 2. Земля. 3. Малина. 4. Стул. 5. Журнал. 6. Птица. 7. Железо. 8. Дом. 9. Корова. 10. Бумага.	1. Курица. 2. Кофе. 3. Стол. 4. Планета. 5. Ложка. 6. Замок. 7. Зима. 8. Вино. 9. Печка. 10. Собака.	1. Кресло. 2. Яблоко. 3. Небо. 4. Животное. 5. Шляпа. 6. Плита. 7. Бритва. 8. Стена. 9. Бутылка. 10. Часы.	1. Деканат. 2. Асфальт. 3. Берёза. 4. Письмо. 5. Друг. 6. Хлеб. 7. Шкаф. 8. Каникулы. 9. Бинокль. 10. Водопровод.

Карточка 1	Карточка 2	Карточка 3	Карточка 4
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Вид памяти	Количество слов в ряду (А)	Количество запомнившихся слов (В)	Коэффициент продуктивности памяти (К=В/А)
Слуховая			
Зрительная			
Моторно-слуховая			
Комбинированная			

Задание 6. Определение уровня развития логического мышления.

Проведение работы

Проанализировав каждый ряд задания и установив закономерность его построения, определите и запишите два числа, которые продолжили бы ряд. Время выполнения работы фиксируется.

Задание:

- 1) 2, 3, 4, 5, 6, 7
- 2) 6, 9, 12, 15, 18, 21
- 3) 1, 2, 4, 8, 16, 32
- 4) 4, 5, 8, 9, 12, 13
- 5) 19, 16, 14, 11, 9, 6
- 6) 29, 28, 26, 23, 19, 14
- 7) 16, 8, 4, 2, 1, 0,5
- 8) 1, 4, 9, 16, 25, 36
- 9) 21, 18, 16, 15, 12, 10
- 10) 3, 6, 8, 16, 18, 36

Оцените результаты: сравните ответы с правильными (см. «Правильные ответы»), и, используя таблицу, представленную в работе, определите уровень развития логического мышления:

Время выполнения задания	Кол-во ошибок	Баллы	Уровень развития логического мышления
2 мин. и менее	0	5	Очень высокий
2 мин. 10 сек. - 4 мин. 30 сек.	0	4	Хороший уровень, выше, чем у большинства людей
4 мин. 35 сек. - 9 мин. 50 сек.	0	3+	Хорошая норма большинства людей
4 мин. 35 сек. - 9 мин. 50 сек.	1	3	Средняя норма

4 мин. 35 сек. - 9 мин. 50 сек.	2 - 3	3 -	Низкая норма
2 мин. 10 сек. -15 мин.	4 - 5	2	Ниже среднего
10 мин. - 15 мин.	0 - 3	2+	Низкая скорость мышления, «тугодум»
более 16 мин.	более 5	1	Дефект логического мышления у человека, прошедшего обучение в объёме начальной школы, либо высокое переутомление

Задание 7. Определение уровня развития понятийного мышления.

Проведение работы

В «образце» расположены 6 пар слов, каждой из которых присущи определённые отношения, например, «Овца – стадо» – это часть и целое, «Малина – ягода» – определение, «Море – океан» – различаются в количественном отношении и т. д. В части «материал» расположены 20 пар слов, принцип связи которых вы должны сопоставить с одним из «Образцов» и указать номер аналогичного образца:

Образец:

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1. Овца – стадо | 4. Свет – темнота |
| 2. Малина – ягода | 5. Отравление – смерть |
| 3. Море – океан | 6. Враг – неприятель |

Материал:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1 Испуг – бегство | 11 Десять – число |
| 2 Физика – наука | 12 Праздность – безделье |
| 3 Правильно – верно | 13 Глава – роман |
| 4 Грядка – огород | 14 Покой – движение |
| 5 Похвала – брань | 15 Бережливость – скупость |
| 6 Пара – два | 16 Прохлада – мороз |
| 7 Слово – фраза | 17 Обман – недоверие |
| 8 Бодрость – вялость | 18 Пение – искусство |
| 9 Свобода – независимость | 19 Капля – дождь |
| 10 Мечь – поджог | 20 Радость – печаль |

Сравните полученные результаты с правильными ответами (см. «Правильные ответы»). Подсчитайте количество правильных ответов и, используя таблицу, оцените уровень развития понятийного мышления:

Ошибки	Баллы	Уровень развития понятийного мышления
0	5	Очень высокий
1	4	Хороший, выше чем у большинства людей. Умение чётко выражать свои мысли в понятиях
2	3+	Хорошая норма большинства людей. Иногда бывает неточность в использовании понятий
3-4	3	Средняя норма. Подчас допускаются ошибки и имеет место неточность в использовании понятий
5-6	3-	Низкая норма. Часто неточное выражение мыслей и неверное понимание чужих сложных рассуждений
7 и более	2	Ниже среднего

Задание 8. Исследование внимания.

Проведение работы

Часть 1. Работа выполняется в двух вариантах:

Просматривая бланк 1, испытуемый должен вычёркивать букву «А», а букву «К» – подчёркивать. Через 4 минуты после начала работы экспериментатор говорит слово «черта» и испытуемый должен остановить работу и поставить вертикальную черту. Затем испытуемый должен продолжать работу, изменив задание: букву «А» – подчёркивать, а букву «К» – вычёркивать. Через 4 минуты экспериментатор произносит «черта – конец работы» и испытуемый должен поставить вертикальную черту.

Бланк 1 (40 строчек по 35 букв)

А н о к е н г ш щ з х ь а к в н о а о к д ж а я н о к и к а б ю а н о н о а к о р п а в ы ф ю а к к и
 м к о я ь к з а н о н к к у ц й п р а н о к т к а а н о э к д л о а п н о ы а а к у к е н о ш а з к ь а н
 о к а ч я к а о а с м п а г к и а о ш щ л к б д з х ж ю э ь к и к ы к в а к а н о к д б а щ н о а к н о
 и е а а в у а к н о ш щ л к б д а х ж н о а к е н о а а а к а ф ы в а п н о а д ж к я н о м и а к а ю н
 о е а ж а н о р к а п к ф ю б а н о м а ч я к н о щ ш г н а к у а к н о а к б о н и м а к а к н о л о р
 п а к ы ф а к н о а н а ш щ а п о а ж д н к о к ы а н о а к и н о р а т о ш и о а к д а к ж н о а к а
 к н о в а к н о и о а к к щ н к р к н н о с к а о н а и а о о н л а к н к а ц к а е к а ш щ а к а к ы в
 а н и л а ж а я ч к и о т к а к к а е а н о а о к к а к н о ю к а т и к п о я к а а щ к а н о к а к а п
 к а к н о а и м а к я к ж а н о р к а к к ф н о а к е н о ш ш к к а н о д к н о а к а е а к н о и к а -
 к а о н о к а к а а к к ю и о а п ф ы н о к а ж к н о д а щ ц н о р е н а п е к а в н o a k o ш к н
 o a k a k k a k k o n k ш н o a a ф к н o п a o a д и o k a c н o k a n o и и e a n o a o a k a k o k a -
 k a k k н o ч a k k з н o г н a k у н o a n o n o a т и k a k k н o ж a n o a k a v n o a k у k a n n o -
 k a x н o ж д k n o к ы k e a n o a n k a и т o n o л a k k a k ж n o a a n o k у п n o k ю a k -
 k б л o n a р e n k п e k n o a м и k o n n o a k n o a k a ц a k e n г k k з х a k ы k a п р o л d a -
 э k k k к и т a k k k н o a k d k o k п a v ы k a n o т и a c ч a a х a н и г и e k a n o п р a n o -
 a k i k c k я k n o л o p п a v ы k a ц у k n o г ш щ a х a a ж d k a n o a k e a k a п и o a k т o n o -
 k a k a з n o k э a k a ф a y a k n o х a k a a o n п р k n o k n o a v у k i k o k a n o a k n o ж a -
 o k k e n o a щ з n o ф a v a п р o a n o a я ч a м и n o a n o a k a ж k л o n k a v k n o n o a k k a -
 a n o x щ ш a n e k a n o п р a ю n o a и m a n o a k k л o k k a v n o a k a k n n o ш k a n o -
 э ж d k a n o ы y e a c m k n k r k k o k щ л a k d a k ж ю a a ц k ф н o n n o и k х a d б a k n k -
 k o n k п k n o k у a i n o ш a n o k d a x ж o o a n o n k ш k a k a n o v a k n o k d ж k я k a n o -
 n o ю k i e o k n o л o a k a a k k n o a т k k a n o a k a k ш г n o o k ц a п р a k б a o -
 n o a n o ж a k л o n o a k k ф k n o k e и г и o з х a a ж d k n o a k n o a a k n n o k a и o ш a -
 n o a k n o k a n o a a n o u v n o n o n o k k a щ n o r e n р n o a n o a n o k a n o k щ n o a k n o ж -
 n o a k e n o ш k k n o к ы v a p o o n o a n o a k m i n o k ю и и e n o k л o k k a n o k a -
 n o a i k c ч n o k a щ ш n n o k у k k п р a ю k n o i m a ч a э ж k a o k п a v ы k a ц у k e и г -
 ш o n o n o k d k a n o a n o a k m n n o a k n o k щ n o k d a k n o a n o k k ы u v a n o ю x z a o -
 n k n k n o n a k e k a k n o i k o a щ л a k n o a ж

II. Просматривая бланк 2 испытуемый должен за 8 минут вычеркнуть все пары цифр «7» и «2».

Бланк 2 (40 строчек по 35 цифр)

7 2 3 3 8 3 8 7 2 5 6 3 2 7 2 7 8 3 3 2 7 8 3 6 7 2 3 2 3 3 3 7 8 5 6 3 7 2 8 3 7 2 8 2 8 2 7 6 3 2 5 7 2
 5 8 7 2 8 7 2 7 8 3 2 3 8 3 8 3 8 2 7 8 5 8 7 2 8 8 3 8 3 7 2 2 3 8 8 7 2 7 3 3 8 7 8 8 8 7 8 5 8 7 2 3 7
 2 3 8 7 2 7 8 3 3 8 8 7 2 3 8 3 2 3 8 2 3 8 7 3 8 3 7 2 8 3 7 2 3 3 8 2 3 3 3 8 8 7 2 2 8 5 7 8 3 3 8 7 2
 6 2 3 7 2 7 3 3 2 7 2 2 3 8 8 3 3 2 8 7 2 3 8 7 5 3 3 5 3 8 2 5 7 2 5 7 8 3 6 5 8 7 2 3 8 7 2 8 2 7 8 7 2
 5 8 3 8 5 7 2 3 6 5 8 7 8 7 2 8 3 2 5 6 7 2 5 8 3 2 8 7 2 2 7 2 3 5 8 7 2 3 8 7 2 5 6 2 3 8 7 2 2 3 8 3 2
 5 8 7 2 3 5 2 5 8 7 2 3 3 6 3 2 7 8 6 7 2 3 6 7 2 8 7 8 7 2 8 8 7 2 5 8 6 2 7 2 8 3 5 2 7 2 2 6 7 2 3 5 8
 7 2 5 8 7 2 3 2 3 8 5 6 6 3 5 8 7 8 7 2 2 3 5 8 7 8 7 2 5 3 8 8 2 7 3 2 8 7 2 3 8 2 7 7 2 3 5 8 7 2 8 7 2
 3 8 7 2 5 5 2 7 2 5 6 7 2 3 7 2 3 2 5 8 7 2 3 2 3 7 2 8 5 6 7 2 7 8 3 8 7 2 8 3 2 5 8 7 2 2 8 3 6 3 8 3 8
 7 8 3 7 2 8 7 8 3 8 7 2 7 2 3 8 3 2 7 8 5 2 7 2 6 3 5 3 7 2 7 6 7 2 5 2 5 8 5 8 5 8 5 2 7 7 8 7 2 8 8 8 7
 2 8 5 8 8 7 2 5 8 2 2 3 6 7 2 6 3 7 2 2 8 3 2 3 8 7 2 8 5 2 7 8 8 5 3 2 7 2 2 8 3 6 7 2 8 7 8 5 2 7 8 3 8
 8 8 7 2 5 6 7 2 8 3 2 2 8 7 2 3 5 8 8 6 5 8 3 5 2 7 2 8 5 3 7 2 3 2 5 8 7 8 3 7 2 5 8 3 7 2 8 2 3 5 7 2 5
 6 3 8 7 2 5 6 3 2 2 3 6 3 8 7 2 8 7 8 5 2 8 8 3 7 2 8 5 8 8 8 7 2 7 8 3 7 2 8 7 6 5 3 7 2 6 3 5 8 7 8 7 2
 7 2 5 7 2 7 2 6 5 8 5 8 7 7 2 8 7 2 3 6 7 2 2 3 6 5 2 7 2 8 7 2 3 2 7 2 5 6 5 8 7 8 3 5 8 7 2 3 8 7 2 8 3
 7 8 7 2 7 2 8 5 7 2 2 7 7 2 2 5 8 7 8 7 2 7 8 5 2 7 8 7 2 3 7 2 7 8 7 2 2 5 8 2 7 3 3 7 2 3 2 5 8 7 8 2 2
 7 8 7 2 6 6 7 2 7 7 2 7 2 5 8 7 2 5 5 7 2 6 3 7 2 7 2 7 7 8 8 7 3 2 7 2 8 5 7 2 2 5 6 5 2 7 2 5 7 2 8 3
 7 7 2 7 2 8 7 2 7 2 2 7 2 5 7 2 2 5 2 7 2 8 7 3 2 7 6 5 7 2 7 8 7 2 7 2 8 7 8 5 8 7 2 6 7 2 3 6 5 8 7 8
 7 2 5 7 2 2 3 8 3 2 8 3 8 5 8 7 8 5 8 3 2 7 7 2 5 7 2 3 2 3 6 5 7 2 2 3 2 8 5 7 8 8 7 2 8 7 2 2 7 2 8 7 2
 3 2 7 2 2 3 2 2 7 2 8 5 7 2 8 7 2 3 7 2 7 2 6 2 7 8 7 2 5 7 2 2 3 7 2 2 8 2 7 2 2 3 7 2 8 3 2 2 7 2
 3 6 7 2 7 8 3 7 2 3 2 7 2 3 2 3 2 8 5 7 2 2 7 7 7 2 7 2 3 8 7 8 7 2 2 3 7 2 6 2 3 8 3 2 7 2 7 8 3 5 2
 5 8 7 2 3 2 7 2 2 7 2 6 5 2 3 7 2 3 8 7 8 7 2 8 8 7 2 5 8 6 2 7 2 8 7 2 2 8 7 2 7 2 8 3 5 8 7 2 7 2 7 2 3
 2 3 8 5 6 6 3 5 8 7 2 3 7 2 3 5 2 7 2 3 6 5 3 7 2 7 2 2 3 2 3 8 5 6 5 2 7 2 3 5 8 7 2 3 8 5 6 7 2 7 2 7 2
 7 8 8 5 2 7 2 2 7 2 7 2 7 2 7 8 7 8 8 5 3 2 3 6 5 8 7 7 2 5 8 7 2 5 8 7 2 5 7 2 7 8 7 2 7 6 5 8 8 8 7 2 8
 5 7 2 8 3 5 8 3 6 2 7 2 8 7 8 7 2 3 7 2 3 3 2 7 7 2 8 5 6 3 2 7 2 3 3 5 7 2 2 5 8 6 5 7 2 3 6 7 2 3 2 7 2
 3 2 7 2 5 8 3 8 5 7 2 7 2 7 8 3 6 5 8 7 2 3 5 8 3 2 7 2 3 2 5 8 3 2 7 2 3 7 2 2 7 7 2 7 2 7 2 7 8 5 6 2 3
 8 5 6 2 3 8 3 2 5 8 7 2 3 5 2 7 2 7 2 3 2 7 2 2 7 2 6 5 2 3 7 2 3 8 7 2 3 8 7 2 3 2 5 8 7 2 3 7 2 3 5 2 7
 2 2 8 7 2 3 5 7 2 6 7 2 3 6 7 2 3 8 5 7 2 3 5 8 7 2 3 7 2 3 5 8 7 2 3 6 7 2 6 2

Оцените результаты:

- 1) подсчитайте общее число просмотренных знаков (например, 1475);
- 2) подсчитайте и оцените число ошибок (пропущенных, неправильно вычеркнутых, неправильно подчеркнутых знаков): каждая ошибка равна 20 баллам, а каждая пропущенная строка – 60 баллам (например, цена 20 ошибок равна 400);
- 3) определите число правильно отмеченных знаков: из общего числа просмотренных знаков вычитается цена всех ошибок (1475 – 400);
- 4) по приведённой ниже таблице определите производительность:

Количество правильно отмеченных знаков	Баллы	Производительность
1 000 - 1200	1	Низкая
1201 - 1350	3	
1351 - 1500	4	Удовлетворительная
1501 - 1700	5	
1701 - 1850	6	
1851 - 2000	7	Высокая
2001 - 2050	8	
Более 2 150	9	

2.

Работа может выполняться в двух вариантах:

I. Возьмите бланк 3, на котором в случайном порядке нанесены цифры от 1 до 40. Всего в таблице 25 чисел, значит, 15 (из 40) пропущено. Вам надо за 1,5 минуты отыскать и записать недостающие числа в порядке возрастания.

Бланк 3

14	5	31	27	37
40	34	23	1	20
19	16	32	13	33
2	6	8	25	9
12	26	36	28	39

II. Возьмите бланк 4, на котором в случайном порядке нанесены цифры от 1 до 70. Всего на бланке 49 чисел, значит, 21 (из 70) пропущено. Вам надо за 3 минуты отыскать и записать недостающие числа в порядке возрастания.

Бланк 4

16	19	42	14	56	27	43
69	26	57	49	68	7	13
31	1	40	21	59	64	70
65	35	45	66	8	34	22
51	6	53	29	17	61	41
46	18	32	12	63	2	50
4	39	23	60	28	55	36

Оцените результаты:

- 1) подсчитайте общее число просмотренных цифр;
- 2) сосчитать и оценить число ошибок: каждая ошибка равна 20 баллам;
- 3) подсчитать количество правильно найденных цифр: из общего числа просмотренных цифр вычесть цену всех ошибок;
- 4) определить результат по приведённой таблице:

Производительность	Высокая			Удовлетворительная			Низкая		
Оценка в баллах	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Количество правильных ответов (бланк 3)	15	14	12-13	10-11	8-9	6-7	5	4	3
Количество правильных ответов (бланк 4)	18	17	15-16	13-14	10-12	8-9	6-7	5-4	3-1

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов для проведения зачета

1. Понятие, предмет и задачи современной физиологии.
2. Методы исследований в физиологии.
3. Краткая история развития физиологии.
4. Физиологическая характеристика возбудимых тканей.
5. Законы раздражения возбудимых тканей.
6. Понятие о состоянии покоя и активности возбудимых тканей.
7. Физико-химические механизмы возникновения потенциала покоя.
8. Строение, функции нерва.
9. Периферическая нервная система: черепно-мозговые и спинномозговые нервы, нервные сплетения.
10. Классификация нервных волокон.
11. Механизм и законы проведения возбуждения по нервам.
12. Парабиоз.
13. Синапс: строение, классификация.
14. Механизмы передачи возбуждения в возбуждающих и тормозных синапсах.
15. Электрические синапсы.
16. Классификация и функции мышечных волокон.
17. Физиологические свойства мышц.
18. Режимы и виды мышечных сокращений.
19. Функциональные свойства двигательной единицы.
20. Механизмы мышечного сокращения и расслабления.
21. Морфофункциональные основы мышечной силы.
22. Кровь как внутренняя среда организма, ее функции.
23. Основные константы крови, их величина и функциональное значение.
24. Эритроциты, их структура, функции. Физиология эритропоэза.
25. Лейкоциты, строение, виды, их роль в организме. Регуляция лейкопоэза.
26. Тромбоциты, особенности их строения и функциональное значение. Этапы свертывания крови.
27. Группы крови. Резус фактор.
28. Структура, функции системы кровообращения
29. Физиологические особенности сердечной мышцы
30. Сердечный цикл
31. Показатели работы сердца
32. Регуляция работы сердца
33. Дыхание, его значение. Органы дыхания. Основные этапы дыхания.
34. Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха.
35. Диффузия газов в легких и тканях.
36. Транспорт газов кровью. Кислородная емкость крови.
37. Дыхательный центр и его автоматия.
38. Регуляция дыхания. Нервные и гуморальные механизмы. Роль рецепторного аппарата. Основные дыхательные рефлексы.
39. Функциональная система поддержания газового состава крови в организме.
40. Недыхательные функции легких.
41. Понятие о пищеварении. Функции пищеварительной системы.
42. Пищеварение в полости рта и акт глотания.
43. Пищеварение в желудке.
44. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке.

45. Пищеварительные функции печени.
46. Пищеварение в тонком кишечнике.
47. Пищеварение в толстом кишечнике.
48. Всасывание продуктов переваривания пищи.
49. Регуляция пищеварения.
50. Влияние мышечной работы на пищеварение.
51. Этапы образования энергии.
52. Методы измерения энергетических затрат.
53. Основной обмен. Должный основной обмен.
54. Принципы составления пищевых рационов.
55. Характеристика продуктов питания. Пищевые вещества и дополнительные компоненты пищи. Витамины.
56. Обмен белков, жиров и углеводов. Нормы потребления.

Перечень вопросов для проведения экзамена

1. Функции выделения. Функции почек.
2. Процесс мочеобразования: фильтрация, реабсорбция, секреция.
3. Регуляция мочеобразования.
4. Мочеотделение и мочевыведение.
5. Влияние мышечной работы на функцию выделения.
6. Понятие о теплообмене.
7. Температура «ядра» и «оболочки» тела. Температура тела человека. Кожная температура.
8. Механизм теплопродукции.
9. Механизм теплоотдачи.
10. Гипотермия и гипертермия.
11. Нейрогуморальные механизмы терморегуляции.
12. Регуляция температуры тела при мышечной работе.
13. Понятие о железах внутренней и внешней секреции.
14. Биологические свойства гормонов.
15. Метаболизм гормонов, регуляция их секреции.
16. Молекулярно-клеточные механизмы действия гормонов.
17. Методы исследования желез внутренней секреции.
18. Функции гипофиза.
19. Функции эпифиза.
20. Функции тимуса.
21. Функции щитовидной железы.
22. Функции паращитовидных желез.
23. Функции поджелудочной железы.
24. Функции надпочечников.
25. Функции половых желез.
26. Общий адаптационный синдром.
27. Адаптация к физической нагрузке.
28. Понятие о высшей нервной деятельности. (И.П. Павлов).
29. Характеристика безусловных и условных рефлексов.
30. Условия и механизм образования условных рефлексов.
31. Классификация условных рефлексов.
32. Первая и вторая сигнальные системы.
33. Торможение условных рефлексов.
34. Типы высшей нервной деятельности.

35. Динамический стереотип.
36. Физиологические особенности вегетативной нервной системы.
37. Симпатический отдел вегетативной нервной системы.
38. Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы.
39. Метасимпатическая нервная система.
40. Уровни регуляции вегетативных функций.
41. Общий план строения сенсорных систем (анализаторов). Функции сенсорных систем, их классификация.
42. Характеристика рецепторов и основных систем их классификации.
43. Механизм возбуждения рецепторов.
44. Адаптация рецепторов.
45. Кортикальный уровень сенсорных систем
46. Взаимодействие различных сенсорных систем.
47. Особенности рецепторов зрительных сенсорных систем.
48. Особенности рецепторов вестибулярных сенсорных систем.
49. Особенности рецепторов двигательных сенсорных систем.
50. Значение этих систем в управлении движениями.
51. Уровни интегративной деятельности мозга.
52. Концепция рефлекторной дуги.
53. Основные структуры мозга, обеспечивающие формирование поведенческого акта.
54. Активность нейронов и поведение.
55. Физиологические основы психических функций человека.
56. Особенности взаимодействия человека с окружающей средой.
57. Понятие гомеостаза. Определение адаптации.
58. Уровни адаптации: физиологический, психический, социальный.
59. Стресс и его стадии, общие черты психологического стресса.
60. Пограничные состояния и адаптация.
61. Механизмы психической адаптации по Ю.А. Александровскому.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Перечень основной и дополнительной литературы

Основная

1. Лысова, Н. Ф. Возрастная анатомия и физиология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 44.03.01 "Педагогическое образование" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Ф. Лысова, Р. И. Айзман. – Москва: ИНФРА-М, 2022.- 350 с.
2. Айзман, Р. И. Возрастная физиология и психофизиология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 44.03.01 "Педагогическое образование" / Р. И. Айзман, Н. Ф. Лысова; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Новосибирский государственный педагогический университет". – Москва: ИНФРА-М, 2022.- 351 с.
3. Кулаичев, А. П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика: учебное пособие для вузов по дисциплинам "Физиология", "Психология" / А. П. Кулаичев. - 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2022.- 469 с.

Дополнительная

1. Логвин, В. П. Лабораторный практикум по учебной дисциплине "Физиология" / В. П. Логвин; М-во спорта и туризма Республики Беларусь, Учреждение образования "Белорусский государственный университет физической культуры". - 6-е изд., стер. – Минск: БГУФК, 2019. – 130с.
2. Физиология: методические рекомендации / [сост.: О. Н. Малах, Т. Ю. Крестьянинова]; М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Витебский государственный университет имени П. М. Машерова", Каф. теории и методики физической культуры и спортивной медицины. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2021. - 39 с.
3. Ермолаев, Ю. А. Возрастная физиология: Учеб. пособие для студ. высш. и сред. проф. учеб. заведений физ. культуры / Ю. А. Ермолаев. - М.: СпортАкадемПресс, 2001.- 444 с.
4. Нормальная физиология: в 3 т.: учеб. пособие для студ., обучающихся по спец. 040100 "Лечебное дело", 040200 "Педиатрия", 040300 "Медико-профилактическое дело", 040400 "Стоматология". Т. 1: Общая физиология / В. Н. Яковлев [и др.]; под ред. В. Н. Яковлева. – Москва: Академия, 2006.- 240 с.
5. Физиология человека: учебник для студентов медицинских институтов / Е. Б. Бабский [и др.] ; под ред. Г. И. Косицкого. - Изд. 4-е, перераб. и доп., стер. – Москва: Альянс, 2022. – 559с.
6. Нормальная физиология: учеб. пособие для студ., обучающихся по спец. 040100 "Лечебное дело", 040200 "Педиатрия", 040300 "Медико-профилактическое дело", 040400 "Стоматология»: в 3 т. Т. 2: Частная физиология / В. Н. Яковлев [и др.]; под ред. В. Н. Яковлева. - Москва: Академия, 2006.- 287 с.
7. Нормальная физиология: в 3 т.: учеб. пособие для студ., обучающихся по спец. 040100 "Лечебное дело", 040200 "Педиатрия", 040300 "Медико-профилактическое дело", 040400 "Стоматология". Т. 1: Общая физиология / В. Н. Яковлев [и др.]; под ред. В. Н. Яковлева. – Москва: Академия, 2006. - 240 с.
8. Нормальная физиология: учеб. пособие для студ., обучающихся по спец. 040100 "Лечебное дело", 040200 "Педиатрия", 040300 "Медико-профилактическое дело", 040400 "Стоматология" : в 3 т. Т. 2 : Частная физиология / В. Н. Яковлев [и др.] ; под ред. В. Н. Яковлева. – Москва: Академия, 2006. - 287 с.
9. Нормальная физиология: учеб. пособие для студ., обучающихся по спец. 040100 "Лечебное дело", 040200 "Педиатрия", 040300 "Медико-профилактическое дело", 040400 "Стоматология»: в 3 т. Т. 3: Интегративная физиология / В. Н. Яковлев [и др.]; под ред. В. Н. Яковлева. – Москва: Академия, 2006. - 219 с.
10. Саваневский, Н. К. Физиология человека: учеб.-метод. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по спец. "Туризм и гостеприимство" / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич; под ред. Н. К. Саваневского. – Минск: Новое знание, 2015; Москва: Инфра-М, 2015. - 686 с.
11. Зинчук, В. В. Нормальная физиология. Краткий курс : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальностям "Лечебное дело", "Педиатрия" / В. В. Зинчук, О. А. Балбатун, Ю. М. Емельяничик ; под ред. В. В. Зинчука. - 3-е изд., стер. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 430 с.

Учебное издание

ФИЗИОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ:

1-88 02 01-01 СПОРТИВНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

(ТРЕНЕРСКАЯ РАБОТА С УКАЗАНИЕМ ВИДА СПОРТА)

6-05-0115-01 ОБРАЗОВАНИЕ

В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

6-05-1012-02 ТРЕНЕРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

(С УКАЗАНИЕМ ВИДА СПОРТА)

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине

Составитель

ФЕДОТОВА Ольга Юрьевна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

А.В. Табанюхова

Подписано в печать 16.11.2024. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 15,45. Тираж 55 экз. Заказ 165.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.