

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Филиал Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»

Кафедра экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

Методические указания по
теоретическому разделу дисциплины «Физиология человека»
в вопросах и ответах для студентов всех форм обучения
по специальности:
20.05.01 Пожарная безопасность

поселок Яблоновский

2017

УДК 37.037.1 (07)

ББК 75.1

У 91

Печатается по решению кафедры экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин Филиала МГТУ в поселке Яблоновском (протокол № 1 от 31.08.2017 г.)

Составитель: Кирий Евгения Викторовна, доцент, кандидат педагогических наук, доцент кафедры экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин Филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском

Учебное пособие по дисциплине «Физиология человека» разработано в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Данное издание может помочь студентам в приобретении основ теоретических и методических знаний по физической культуре и спорту, обеспечивающих грамотное самостоятельное использование их средств, форм и методов. Методические рекомендации предназначены для студентов всех форм обучения, для всех специальностей.

Содержание

ЛЕКЦИЯ № 1. Физиологические свойства и особенности функционирования возбудимых тканей.....	4
ЛЕКЦИЯ № 2. Физиология мышц.....	9
ЛЕКЦИЯ № 3. Физиология центральной нервной системы.....	12
ЛЕКЦИЯ № 4. Общая схема регуляции двигательной активности. Спинной мозг и ствольные центры в регуляции движений.....	23
ЛЕКЦИЯ № 5. Кровь, как внутренняя среда организма. Функции крови Плазма крови. Форменные элементы крови. Особенности венозного кровотока. Микроциркуляция.....	30
ЛЕКЦИЯ № 6. Физиология компонентов крови.....	32
ЛЕКЦИЯ № 7. Физиология сердца.....	41

ЛЕКЦИЯ № 1. Физиологические свойства и особенности функционирования возбудимых тканей

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.
 2. 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).
 3. 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.
 4. 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.
 5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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).

10. 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.

11. 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).

12. 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

13. 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 K , 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 K , 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 K 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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 № 2. Физиология мышц

1. Физические и физиологические свойства скелетных, сердечной и гладких мышц

По морфологическим признакам выделяют три группы мышц:

- 1) поперечно-полосатые мышцы (скелетные мышцы);
- 2) гладкие мышцы;
- 3) сердечную мышцу (или миокард).

Функции поперечно-полосатых мышц:

- 1) двигательная (динамическая и статическая);
- 2) обеспечения дыхания;
- 3) мимическая;
- 4) рецепторная;
- 5) депонирующая;
- 6) терморегуляторная.

Функции гладких мышц:

- 1) поддержание давления в полых органах;
- 2) регуляция давления в кровеносных сосудах;
- 3) опорожнение полых органов и продвижение их содержимого.

Функция сердечной мышцы — насосная, обеспечение движения крови по сосудам.

Физиологические свойства скелетных мышц:

- 1) возбудимость (ниже, чем в нервном волокне, что объясняется низкой величиной мембранного потенциала);
- 2) низкая проводимость, 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).

Различают два вида сокращения:

- а) изотоническое сокращение (изменяется длина, тонус не меняется);
 - б) изометрическое сокращение (изменяется тонус без изменения длины волокна).
- Различают одиночные и тетанические сокращения. Одиночные сокращения возникают при действии одиночного раздражения, а тетанические возникают в ответ на серию нервных импульсов;
- б) эластичность (способность развивать напряжение при растягивании).

Физиологические особенности гладких мышц.

Гладкие мышцы имеют те же физиологические свойства, что и скелетные мышцы, но имеют и свои особенности:

- 1) нестабильный мембранный потенциал, который поддерживает мышцы в состоянии постоянного частичного сокращения — тонуса;
- 2) самопроизвольную автоматическую активность;
- 3) сокращение в ответ на растяжение;

- 4) пластичность (уменьшение растяжения при увеличении растяжения);
- 5) высокую чувствительность к химическим веществам.

Физиологической особенностью сердечной мышцы является ее автоматизм. Возбуждение возникает периодически под влиянием процессов, протекающих в самой мышце. Способностью к автоматизму обладают определенные атипические мышечные участки миокарда, бедные миофибриллами и богатые саркоплазмой.

2. Механизмы мышечного сокращения

Электрохимический этап мышечного сокращения.

1. Генерация потенциала действия. Передача возбуждения на мышечное волокно происходит с помощью ацетилхолина. Взаимодействие ацетилхолина (АХ) 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 инозитрифосфата, который активирует кальциевые каналы мембран, что приводит к выходу ионов Са 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 Са запускают механизм мышечного сокращения;
- 2) за счет ионов Са происходит скольжение тонких актиновых нитей по отношению к миозиновым.

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

- 1) Са²⁺ реагирует с тропонином;
- 2) Са²⁺ активирует АТФ-азу;
- 3) Са²⁺ снимает заряды с АДФ, АТФ, АТФ-азы.

Взаимодействие ионов Са 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 Са

ЛЕКЦИЯ № 3. Физиология центральной нервной системы

Основные принципы функционирования ЦНС. Структура, функции, методы изучения ЦНС

Основным принципом функционирования ЦНС является процесс регуляции, управления физиологическими функциями, которые направлены на поддержание постоянства свойств и состава внутренней среды организма. ЦНС обеспечивает оптимальные взаимоотношения организма с окружающей средой, устойчивость, целостность, оптимальный уровень жизнедеятельности организма.

Различают два основных вида регуляции: гуморальный и нервный.

Гуморальный процесс управления предусматривает изменение физиологической активности организма под влиянием химических веществ, которые доставляются жидкими средами организма. Источником передачи информации являются химические вещества — утилизоны, продукты метаболизма (углекислый газ, глюкоза, жирные кислоты), информоны, гормоны желез внутренней секреции, местные или тканевые гормоны.

Нервный процесс регуляции предусматривает управление изменения физиологических функций по нервным волокнам при помощи потенциала возбуждения под влиянием передачи информации.

Характерные особенности:

- 1) является более поздним продуктом эволюции;
- 2) обеспечивает быструю регуляцию;
- 3) имеет точного адресата воздействия;
- 4) осуществляет экономичный способ регуляции;
- 5) обеспечивает высокую надежность передачи информации.

В организме нервный и гуморальный механизмы работают как единая система нейрогуморального управления. Это комбинированная форма, где одновременно используются два механизма

управления, они взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Нервная система представляет собой совокупность нервных клеток, или нейронов.

По локализации различают:

- 1) центральный отдел — головной и спинной мозг;
- 2) периферический — отростки нервных клеток головного и спинного мозга.

По функциональным особенностям различают:

- 1) соматический отдел, регулирующий двигательную активность;
- 2) вегетативный, регулирующий деятельность внутренних органов, желез внутренней секреции, сосудов, трофическую иннервацию мышц и самой ЦНС.

Функции нервной системы:

- 1) интегративно-координационная функция. Обеспечивает функции различных органов и физиологических систем, согласует их деятельность между собой;
 - 2) обеспечение тесных связей организма человека с окружающей средой на биологическом и социальном уровнях;
 - 3) регуляция уровня обменных процессов в различных органах и тканях, а также в самой себе;
 - 4) обеспечение психической деятельности высшими отделами ЦНС.
2. Нейрон. Особенности строения, значение, виды

Структурной и функциональной единицей нервной ткани является нервная клетка — нейрон.

Нейрон — специализированная клетка, которая способна принимать, кодировать, передавать и хранить информацию, устанавливать контакты с другими нейронами, организовывать ответную реакцию организма на раздражение.

Функционально в нейроне выделяют:

- 1) воспринимающую часть (дендриты и мембрану сомы нейрона);
- 2) интегративную часть (сому с аксоновым холмиком);
- 3) передающую часть (аксонный холмик с аксоном).

Воспринимающая часть.

Дендриты — основное воспринимающее поле нейрона. Мембрана дендрита способна реагировать на медиаторы. Нейрон имеет несколько ветвящихся дендритов. Это объясняется тем, что нейрон как информационное образование должен иметь большое

количество входов. Через специализированные контакты информация поступает от одного нейрона к другому. Эти контакты называются «шипики».

Мембрана сомы нейрона имеет толщину 6 нм и состоит из двух слоев липидных молекул. Гидрофильные концы этих молекул обращены в сторону водной фазы: один слой молекул обращен внутрь, другой — наружу. Гидрофильные концы повернуты друг к другу — внутрь мембраны. В двойной липидный слой мембраны встроены белки, которые выполняют несколько функций:

- 1) белки-насосы — перемещают в клетке ионы и молекулы против градиента концентрации;
- 2) белки, встроенные в каналы, обеспечивают избирательную проницаемость мембраны;
- 3) рецепторные белки осуществляют распознавание нужных молекул и их фиксацию на мембране;
- 4) ферменты облегчают протекание химической реакции на поверхности нейрона.

В некоторых случаях один и тот же белок может выполнять функции как рецептора, фермента, так и насоса.

Интегративная часть.

Аксонный холмик — место выхода аксона из нейрона.

Сома нейрона (тело нейрона) выполняет наряду с информационной и трофическую функцию относительно своих отростков и синапсов. Сома обеспечивает рост дендритов и аксонов. Сома нейрона заключена в многослойную мембрану, которая обеспечивает формирование и распространение электротонического потенциала к аксонному холмику.

Передающая часть.

Аксон — вырост цитоплазмы, приспособленный для проведения информации, которая собирается дендритами и перерабатывается в нейроне. Аксон дендритной клетки имеет постоянный диаметр и покрыт миелиновой оболочкой, которая образована из глии, у аксона разветвленные окончания, в которых находятся митохондрии и секреторные образования.

Функции нейронов:

- 1) генерализация нервного импульса;
- 2) получение, хранение и передача информации;
- 3) способность суммировать возбуждающие и тормозящие сигналы (интегративная функция).

Виды нейронов:

- 1) по локализации:
 - а) центральные (головной и спинной мозг);

- б) периферические (мозговые ганглии, черепные нервы);
- 2) в зависимости от функции:
 - а) афферентные (чувствительные), несущие информацию от рецепторов в ЦНС;
 - б) вставочные (коннекторные), в элементарном случае обеспечивающие связь между афферентным и эфферентным нейронами;
 - в) эфферентные:
 - двигательные — передние рога спинного мозга;
 - секреторные — боковые рога спинного мозга;
- 3) в зависимости от функций:
 - а) возбуждающие;
 - б) тормозящие;
- 4) в зависимости от биохимических особенностей, от природы медиатора;
- 5) в зависимости от качества раздражителя, который воспринимается нейроном:
 - а) мономодальный;
 - б) полимодальные.

Рефлекторная дуга, ее компоненты, виды, функции

Деятельность организма — закономерная рефлекторная реакция на стимул. Рефлекс — реакция организма на раздражение рецепторов, которая осуществляется с участием ЦНС. Структурной основой рефлекса является рефлекторная дуга.

Рефлекторная дуга — последовательно соединенная цепочка нервных клеток, которая обеспечивает осуществление реакции, ответа на раздражение.

Рефлекторная дуга состоит из шести компонентов: рецепторов, афферентного (чувствительного) пути, рефлекторного центра, эфферентного (двигательного, секреторного) пути, эффектора (рабочего органа), обратной связи.

Рефлекторные дуги могут быть двух видов:

- 1) простые — моносинаптические рефлекторные дуги (рефлекторная дуга сухожильного рефлекса), состоящие из 2 нейронов (рецепторного (афферентного) и эффекторного), между ними имеется 1 синапс;
- 2) сложные — полисинаптические рефлекторные дуги. В их состав входят 3 нейрона (их может быть и больше) — рецепторный, один или несколько вставочных и эффекторный.

Представление о рефлекторной дуге как о целесообразном ответе организма диктует необходимость дополнить рефлекторную дугу еще одним звеном — петлей

обратной связи. Этот компонент устанавливает связь между реализованным результатом рефлекторной реакции и нервным центром, который выдает исполнительные команды. При помощи этого компонента происходит трансформация открытой рефлекторной дуги в закрытую.

Особенности простой моносинаптической рефлекторной дуги:

- 1) территориально сближенные рецептор и эффектор;
- 2) рефлекторная дуга двухнейронная, моносинаптическая;
- 3) нервные волокна группы А α (70—120 м/с);
- 4) короткое время рефлекса;
- 5) мышцы, сокращающиеся по типу одиночного мышечного сокращения.

Особенности сложной моносинаптической рефлекторной дуги:

- 1) территориально разобщенные рецептор и эффектор;
- 2) рецепторная дуга трехнейронная (может быть и больше нейронов);
- 3) наличие нервных волокон группы С и В;
- 4) сокращение мышц по типу тетануса.

Особенности вегетативного рефлекса:

- 1) вставочный нейрон находится в боковых рогах;
- 2) от боковых рогов начинается преганглионарный нервный путь, после ганглия — постганглионарный;
- 3) эфферентный путь рефлекса вегетативной нервной дуги прерывается вегетативным ганглием, в котором лежит эфферентный нейрон.

Отличие симпатической нервной дуги от парасимпатической:

У симпатической нервной дуги преганглионарный путь короткий, так как вегетативный ганглий лежит ближе к спинному мозгу, а постганглионарный путь длинный.

У парасимпатической дуги все наоборот: преганглионарный путь длинный, так как ганглий лежит близко к органу или в самом органе, а постганглионарный путь короткий.

Функциональные системы организма

Функциональная система — временное функциональное объединение нервных центров различных органов и систем организма для достижения конечного полезного результата.

Полезный результат — самообразующий фактор нервной системы. Результат действия представляет собой жизненно важный адаптивный показатель, который необходим для нормального функционирования организма.

Существует несколько групп конечных полезных результатов:

- 1) метаболическая — следствие обменных процессов на молекулярном уровне, которые создают необходимые для жизни вещества и конечные продукты;
- 2) гомеостатическая — постоянство показателей состояния и состава сред организма;
- 3) поведенческая — результат биологической потребности (половой, пищевой, питьевой);
- 4) социальная — удовлетворение социальных и духовных потребностей.

В состав функциональной системы включаются различные органы и системы, каждый из которых принимает активное участие в достижении полезного результата.

Функциональная система, по П. К. Анохину, включает в себя пять основных компонентов:

- 1) полезный приспособительный результат — то, ради чего создается функциональная система;
- 2) аппарат контроля (акцептор результата) — группу нервных клеток, в которых формируется модель будущего результата;
- 3) обратную афферентацию (поставляет информацию от рецептора в центральное звено функциональной системы) — вторичные афферентные нервные импульсы, которые идут в акцептор результата действия для оценки конечного результата;
- 4) аппарат управления (центральное звено) — функциональное объединение нервных центров с эндокринной системой;
- 5) исполнительные компоненты (аппарат реакции) — это органы и физиологические системы организма (вегетативная, эндокринные, соматические). Состоит из четырех компонентов:
 - а) внутренних органов;
 - б) желез внутренней секреции;
 - в) скелетных мышц;
 - г) поведенческих реакций.

Свойства функциональной системы:

- 1) динамичность. В функциональную систему могут включаться дополнительные органы и системы, что зависит от сложности сложившейся ситуации;
- 2) способность к саморегуляции. При отклонении регулируемой величины или конечного полезного результата от оптимальной величины происходит ряд реакций самопроизвольного комплекса, что возвращает показатели на оптимальный уровень.

Саморегуляция осуществляется при наличии обратной связи.

В организме работает одновременно несколько функциональных систем. Они находятся в непрерывном взаимодействии, которое подчиняется определенным принципам:

- 1) принципу системы генеза. Происходят избирательное созревание и эволюция функциональных систем (функциональные системы кровообращения, дыхания, питания, созревают и развиваются раньше других);
- 2) принципу многосвязного взаимодействия. Происходит обобщение деятельности различных функциональных систем, направленное на достижение многокомпонентного результата (параметры гомеостаза);
- 3) принципу иерархии. Функциональные системы выстраиваются в определенный ряд в соответствии со своей значимостью (функциональная система целостности ткани, функциональная система питания, функциональная система воспроизведения и т. д.);
- 4) принципу последовательного динамического взаимодействия. Осуществляется четкая последовательность смены деятельности одной функциональной системы другой.

Координационная деятельность ЦНС

Координационная деятельность (КД) ЦНС представляет собой согласованную работу нейронов ЦНС, основанную на взаимодействии нейронов между собой.

Функции КД:

- 1) обеспечивает четкое выполнение определенных функций, рефлексов;
- 2) обеспечивает последовательное включение в работу различных нервных центров для обеспечения сложных форм деятельности;
- 3) обеспечивает согласованную работу различных нервных центров (при акте глотания в момент глотания задерживается дыхание, при возбуждении центра глотания тормозится центр дыхания).

Основные принципы КД ЦНС и их нейронные механизмы.

1. Принцип иррадиации (распространения). При возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов. Иррадиация объясняется:

- 1) наличием ветвистых окончаний аксонов и дендритов, за счет разветвлений импульсы распространяются на большое количество нейронов;
- 2) наличием вставочных нейронов в ЦНС, которые обеспечивают передачу импульсов от клетки к клетке. Иррадиация имеет границы, которая обеспечивается тормозным нейроном.

2. Принцип конвергенции. При возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток.

3. Принцип реципрокности — согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т. д.).

4. Принцип доминанты. Доминанта — господствующий очаг возбуждения в ЦНС в данный момент. Это очаг стойкого, неколеблущегося, нераспространяющегося возбуждения. Он имеет определенные свойства: подавляет активность других нервных центров, имеет повышенную возбудимость, притягивает нервные импульсы из других очагов, суммирует нервные импульсы. Очаги доминанты бывают двух видов: экзогенного происхождения (вызванные факторами внешней среды) и эндогенными (вызванные факторами внутренней среды). Доминанта лежит в основе формирования условного рефлекса.

5. Принцип обратной связи. Обратная связь — поток импульсов в нервную систему, который информирует ЦНС о том, как осуществляется ответная реакция, достаточна она или нет. Различают два вида обратной связи:

1) положительная обратная связь, вызывающая усиление ответной реакции со стороны нервной системы. Лежит в основе порочного круга, который приводит к развитию заболеваний;

2) отрицательная обратная связь, снижающая активность нейронов ЦНС и ответную реакцию. Лежит в основе саморегуляции.

Принцип субординации.

В ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга.

Принцип взаимодействия процессов возбуждения и торможения. ЦНС координирует процессы возбуждения и торможения: оба процесса способны к конвергенции, процесс возбуждения и в меньшей степени торможения способны к иррадиации. Торможение и возбуждение связаны индукционными взаимоотношениями. Процесс возбуждения индуцирует торможение, и наоборот. Различаются два вида индукции:

1) последовательная. Процесс возбуждения и торможения сменяют друг друга по времени;

2) взаимная. Одновременно существует два процесса — возбуждения и торможения. Взаимная индукция осуществляется путем положительной и отрицательной взаимной индукции: если в группе нейронов возникает торможение, то вокруг него возникают очаги возбуждения (положительная взаимная индукция), и наоборот.

По определению И. П. Павлова, возбуждение и торможение — это две стороны одного и того же процесса. Координационная деятельность ЦНС обеспечивает четкое взаимодействие между отдельными нервными клетками и отдельными группами нервных клеток.

Выделяют три уровня интеграции.

Первый уровень обеспечивается за счет того, что на теле одного нейрона могут сходиться импульсы от разных нейронов, в результате происходит или суммирование, или снижение возбуждения.

Второй уровень обеспечивает взаимодействиями между отдельными группами клеток.

Третий уровень обеспечивается клетками коры головного мозга, которые способствуют более совершенному уровню приспособления деятельности ЦНС к потребностям организма.

Виды торможения, взаимодействие процессов возбуждения и торможения в ЦНС.

Торможение — активный процесс, возникающий при действии раздражителей на ткань, проявляется в подавлении другого возбуждения, функционального отправления ткани нет.

Торможение может развиваться только в форме локального ответа.

Выделяют два типа торможения:

1) первичное. Для его возникновения необходимо наличие специальных тормозных нейронов. Торможение возникает первично без предшествующего возбуждения под воздействием тормозного медиатора. Различают два вида первичного торможения:

- а) пресинаптическое в аксо-аксональном синапсе;
- б) постсинаптическое в аксодендрическом синапсе.

2) вторичное. Не требует специальных тормозных структур, возникает в результате изменения функциональной активности обычных возбудимых структур, всегда связано с процессом возбуждения. Виды вторичного торможения:

- а) запредельное, возникающее при большом потоке информации, поступающей в клетку. Поток информации лежит за пределами работоспособности нейрона;
- б) пессимальное, возникающее при высокой частоте раздражения;
- в) парабитическое, возникающее при сильно и длительно действующем раздражении;
- г) торможение вслед за возбуждением, возникающее вследствие снижения функционального состояния нейронов после возбуждения;
- д) торможение по принципу отрицательной индукции;

е) торможение условных рефлексов.

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 выраженными. Возбуждение непременно сменяется торможением, и наоборот, т. е. между торможением и возбуждением существуют индукционные отношения.

Торможение лежит в основе координации движений, обеспечивает защиту центральных нейронов от перевозбуждения.

Торможение в ЦНС может возникать при одновременном поступлении в спинной мозг нервных импульсов различной силы с нескольких раздражителей. Более сильное раздражение тормозит рефлексы, которые должны были наступать в ответ на более слабые.

В 1862 г. И. М. Сеченов открыл явление центрального торможения. Он доказал в своем опыте, что раздражение кристалликом хлорида натрия зрительных бугров лягушки (большие полушария головного мозга удалены) вызывает торможение рефлексов спинного мозга. После устранения раздражителя рефлекторная деятельность спинного мозга восстанавливалась. Результат этого опыта позволил И. М. Сеченому сделать заключение, что в ЦНС наряду с процессом возбуждения развивается процесс торможения, который способен угнетать рефлекторные акты организма. Н. Е. Введенский высказал предположение, что в основе явления торможения лежит принцип отрицательной индукции: более возбудимый участок в ЦНС тормозит активность менее возбудимых участков.

Современная трактовка опыта И. М. Сеченова (И. М. Сеченов раздражал ретикулярную формацию ствола мозга): возбуждение ретикулярной формации повышает активность тормозных нейронов спинного мозга — клеток Реншоу, что приводит к торможению α -мотонейронов спинного мозга и угнетает рефлекторную деятельность спинного мозга.

Методы изучения ЦНС

Существуют два большие группы методов изучения ЦНС:

- 1) экспериментальный метод, который проводится на животных;
- 2) клинический метод, который применим к человеку.

К числу экспериментальных методов классической физиологии относятся методы, направленные на активацию или подавление изучаемого нервного образования. К ним относятся:

- 1) метод поперечной перерезки ЦНС на различных уровнях;
- 2) метод экстирпации (удаления различных отделов, денервации органа);
- 3) метод раздражения путем активирования (адекватное раздражение — раздражение электрическим импульсом, схожим с нервным; неадекватное раздражение — раздражение химическими соединениями, градуируемое раздражение электрическим током) или подавления (блокирования передачи возбуждения под действием холода, химических агентов, постоянного тока);
- 4) наблюдение (один из старейших, не утративших своего значения метод изучения функционирования ЦНС. Он может быть использован самостоятельно, чаще используется в сочетании с другими методами).

Экспериментальные методы при проведении опыта часто сочетаются друг с другом.

Клинический метод направлен на изучение физиологического состояния ЦНС у человека.

Он включает в себя следующие методы:

- 1) наблюдение;
- 2) метод регистрации и анализа электрических потенциалов головного мозга (электро-, пневмо-, магнитоэнцефалография);
- 3) метод радиоизотопов (исследует нейрогуморальные регуляторные системы);
- 4) условно-рефлекторный метод (изучает функции коры головного мозга в механизме обучения, развития адаптационного поведения);
- 5) метод анкетирования (оценивает интегративные функции коры головного мозга);
- 6) метод моделирования (математического моделирования, физического и т. д.). Моделью является искусственно созданный механизм, который имеет определенное функциональное подобие с исследуемым механизмом организма человека;
- 7) кибернетический метод (изучает процессы управления и связи в нервной системе). Направлен на изучение организации (системных свойств нервной системы на различных уровнях), управления (отбора и реализации воздействий, необходимых для обеспечения работы органа или системы), информационной деятельности (способности воспринимать и перерабатывать информацию — импульс в целях приспособления организма к изменениям окружающей среды)

ЛЕКЦИЯ № 4. Общая схема регуляции двигательной активности. Спинной мозг и стволовые центры в регуляции движений

1. Физиология спинного мозга

Спинной мозг — наиболее древнее образование ЦНС. Характерная особенность строения — сегментарность.

Нейроны спинного мозга образуют его серое вещество в виде передних и задних рогов. Они выполняют рефлекторную функцию спинного мозга.

Задние рога содержат нейроны (интернейроны), которые передают импульсы в вышележащие центры, в симметричные структуры противоположной стороны, к передним рогам спинного мозга. Задние рога содержат афферентные нейроны, которые реагируют на болевые, температурные, тактильные, вибрационные, проприоцептивные раздражения.

Передние рога содержат нейроны (мотонейроны), дающие аксоны к мышцам, они являются эфферентными. Все нисходящие пути ЦНС двигательных реакций заканчиваются в передних рогах.

В боковых рогах шейных и двух поясничных сегментов располагаются нейроны симпатического отдела вегетативной нервной системы, во втором—четвертом сегментах — парасимпатического.

В составе спинного мозга имеется множество вставочных нейронов, которые обеспечивают связь с сегментами и с вышележащими отделами ЦНС, на их долю приходится 97 % от общего числа нейронов спинного мозга. В их состав входят ассоциативные нейроны — нейроны собственного аппарата спинного мозга, они устанавливают связи внутри и между сегментами.

Белое вещество спинного мозга образовано миелиновыми волокнами (короткими и длинными) и выполняет проводниковую роль. Короткие волокна связывают нейроны одного или разных сегментов спинного мозга. Длинные волокна (проекторные) образуют проводящие пути спинного мозга. Они формируют восходящие пути, идущие к головному мозгу, и нисходящие пути, идущие от головного мозга. Спинной мозг выполняет рефлекторную и проводниковую функции.

Рефлекторная функция позволяет реализовать все двигательные рефлексы тела, рефлексы внутренних органов, терморегуляции и т. д. Рефлекторные реакции зависят от места, силы раздражителя, площади рефлексогенной зоны, скорости проведения импульса по волокнам, от влияния головного мозга.

Рефлексы делятся на:

- 1) экстероцептивные (возникают при раздражении агентами внешней среды сенсорных раздражителей);
- 2) интероцептивные (возникают при раздражении прессо-, механо-, хемо-, терморцепторов): висцеро-висцеральные — рефлексы с одного внутреннего органа на другой, висцеро-мышечные — рефлексы с внутренних органов на скелетную мускулатуру;
- 3) проприоцептивные (собственные) рефлексы с самой мышцы и связанных с ней образований. Они имеют моносинаптическую рефлекторную дугу. Проприоцептивные рефлексы регулируют двигательную активность за счет сухожильных и позотонических рефлексов. Сухожильные рефлексы (коленный, ахиллов, с трехглавой мышцы плеча и т. д.) возникают при растяжении мышц и вызывают расслабление или сокращение мышцы, возникают при каждом мышечном движении;
- 4) позотонические рефлексы (возникают при возбуждении вестибулярных рецепторов при изменении скорости движения и положения головы по отношению к туловищу, что приводит к перераспределению тонуса мышц (повышению тонуса разгибателей и уменьшению сгибателей) и обеспечивает равновесие тела).

Исследование проприоцептивных рефлексов производится для определения возбудимости и степени поражения ЦНС. Проводниковая функция обеспечивает связь нейронов спинного мозга друг с другом или с вышележащими отделами ЦНС.

2. Физиология заднего и среднего мозга

Структурные образования заднего мозга.

1. V — XII пара черепных нервов.
2. Вестибулярные ядра.
3. Ядра ретикулярной формации.

Основные функции заднего мозга проводниковая и рефлекторная. Через задний мозг проходят нисходящие пути (кортикоспинальный и экстрапирамидный), восходящие — ретикуло- и вестибулоспинальный, отвечающие за перераспределение мышечного тонуса и поддержание позы тела.

Рефлекторная функция обеспечивает:

- 1) защитные рефлексы (слезотечение, мигание, кашель, рвоту, чиханье);
- 2) центр речи обеспечивает рефлексы голосообразования, ядра X, XII, VII черепно-мозговых нервов, дыхательный центр регулируют поток воздуха, кора больших полушарий — центр речи;
- 3) рефлексы поддержания позы (лабиринтные рефлексы).

Статические рефлексы поддерживают тонус мышц для сохранения позы тела, статокINETические перераспределяют тонус мышц для принятия позы, соответствующей моменту прямолинейного или вращательного движения;

4) центры, расположенные в заднем мозге, регулируют деятельность многих систем.

Сосудистый центр осуществляет регуляцию сосудистого тонуса, дыхательный — регуляцию вдоха и выдоха, комплексный пищевой центр — регуляцию секреции желудочных, кишечных желез, поджелудочной железы, секреторных клеток печени, слюнных желез, обеспечивает рефлексы сосания, жевания, глотания.

Повреждение заднего мозга приводит к утрате чувствительности, волевой моторики, терморегуляции, но дыхание, величина артериального давления, рефлекторная активность при этом сохраняются.

Структурные единицы среднего мозга:

- 1) бугры четверохолмия;
- 2) красное ядро;
- 3) черное ядро;
- 4) ядра III — IV пары черепно-мозговых нервов.

Бугры четверохолмия выполняют афферентную функцию, остальные образования — эфферентную. Бугры четверохолмия тесным образом взаимодействуют с ядрами III—IV пар черепно-мозговых нервов, красным ядром, со зрительным трактом. За счет этого взаимодействия происходит обеспечение передними буграми ориентировочной рефлекторной реакции на свет, а задними — на звук. Обеспечивают жизненно важные рефлексы: старт-рефлекс — двигательная реакция на резкий необычный раздражитель (повышение тонуса сгибателей), ориентир-рефлекс — двигательная реакция на новый раздражитель (поворот тела, головы).

Передние бугры с ядрами III—IV черепно-мозговых нервов обеспечивают реакцию конвергенции (схождение глазных яблок к срединной линии), движение глазных яблок. Красное ядро принимает участие в регуляции перераспределения мышечного тонуса, в восстановлении позы тела (повышает тонус сгибателей, понижают тонус разгибателей), поддержании равновесия, подготавливает скелетные мышцы к произвольным и непроизвольным движениям. Черное вещество мозга координирует акт глотания и жевания, дыхания, уровень кровяного давления (патология черного вещества мозга ведет к повышению кровяного давления).

3. Физиология промежуточного мозга

В состав промежуточного мозга входят таламус и гипоталамус, они связывают ствол мозга с корой большого мозга.

Таламус — парное образование, наиболее крупное скопление серого вещества в промежуточном мозге.

Топографически выделяют передние, средние, задние, медиальные и латеральные группы ядер.

По функции выделяют:

1) специфические:

а) переключающие, релейные. Получают первичную информацию от различных рецепторов. Нервный импульс по таламокортикальному тракту идет в строго ограниченную зону коры головного мозга (первичные проекционные зоны), за счет этого возникают специфические ощущения. Ядра вентрабазального комплекса получают импульс от рецепторов кожи, проприорецепторов сухожилий, связок. Импульс направляется в сенсомоторную зону, происходит регуляция ориентировки тела в пространстве. Латеральные ядра переключают импульс от зрительных рецепторов в затылочную зрительную зону. Медиальные ядра реагируют на строго определенную длину звуковой волны и проводят импульс в височную зону;

б) ассоциативные (внутренние) ядра. Первичный импульс идет от релейных ядер, перерабатывается (осуществляется интегративная функция), передается в ассоциативные зоны коры головного мозга, активность ассоциативных ядер возрастает при действии болевого раздражителя;

2) неспецифические ядра. Это неспецифический путь передачи импульсов в кору головного мозга, изменяется частота биопотенциала (моделирующая функция);

3) моторные ядра, участвующие в регуляции двигательной активности. Импульсы от мозжечка, базальных ядер идут в моторную зону, осуществляют взаимосвязь, согласованность, последовательность движений, пространственную ориентацию тела.

Таламус — коллектор всей афферентной информации, кроме обонятельных рецепторов, важнейший интегративный центр.

Гипоталамус находится на дне и по бокам III желудочка мозга. Структуры: серый бугор, воронка, сосцевидные тела. Зоны: гипофизотропная (преоптические и передние ядра), медиальная (средние ядра), латеральная (наружные, задние ядра).

Физиологическая роль — высший подкорковый интегративный центр вегетативной нервной системы, который оказывает действие на:

1) терморегуляцию. Передние ядра — это центр теплоотдачи, где происходит регуляция процесса потоотделения, частоты дыхания и тонуса сосудов в ответ на повышение температуры окружающей среды. Задние ядра — центр теплопродукции и обеспечения сохранности тепла при понижении температуры;

- 2) гипофиз. Либерины способствуют секреции гормонов передней доли гипофиза, статины тормозят ее;
- 3) жировой обмен. Раздражение латеральных (центра питания) ядер и вентромедиальных (центра насыщения) ядер ведет к ожирению, торможение — к кахексии;
- 4) углеводный обмен. Раздражение передних ядер ведет к гипогликемии, задних — к гипергликемии;
- 5) сердечно-сосудистую систему. Раздражение передних ядер показывает тормозное влияние, задних — активирующее;
- 6) моторную и секреторную функции ЖКТ. Раздражение передних ядер повышает моторику и секреторную функцию ЖКТ, задних — тормозит половую функцию. Разрушение ядер ведет к нарушению овуляции, сперматогенеза, снижению половой функции;
- 7) поведенческие реакции. Раздражение стартовой эмоциональной зоны (передних ядер) вызывает чувство радости, удовлетворения, эротические чувства, стопорной зоны (задних ядер) вызывает страх, чувство гнева, ярости.

4. Физиология ретикулярной формации и лимбической системы

Ретикулярная формация ствола мозга — скопление полиморфных нейронов по ходу ствола мозга.

Физиологическая особенность нейронов ретикулярной формации:

- 1) самопроизвольная биоэлектрическая активность. Ее причины — гуморальное раздражение (повышение уровня углекислого газа, биологически активных веществ);
- 2) достаточно высокая возбудимость нейронов;
- 3) высокая чувствительность к биологически активным веществам.

Ретикулярная формация имеет широкие двусторонние связи со всеми отделами нервной системы, по функциональному значению и морфологии делится на два отдела:

- 1) растральный (восходящий) отдел — ретикулярная формация промежуточного мозга;
- 2) каудальный (нисходящий) — ретикулярная формация заднего, среднего мозга, моста.

Физиологическая роль ретикулярной формации — активация и торможение структур мозга.

Лимбическая система — совокупность ядер и нервных трактов.

Структурные единицы лимбической системы:

- 1) обонятельная луковица;
- 2) обонятельный бугорок;
- 3) прозрачная перегородка;
- 4) гиппокамп;

- 5) парагиппокамповая извилина;
- 6) миндалевидные ядра;
- 7) грушевидная извилина;
- 8) зубчатая фасция;
- 9) поясная извилина.

Основные функции лимбической системы:

- 1) участие в формировании пищевого, полового, оборонительного инстинктов;
- 2) регуляция вегетативно-висцеральных функций;
- 3) формирование социального поведения;
- 4) участие в формировании механизмов долговременной и кратковременной памяти
- 5) выполнение обонятельной функции;
- 6) торможение условных рефлексов, усиление безусловных;
- 7) участие в формировании цикла «бодрствование — сон».

Значимыми образованиями лимбической системы являются:

- 1) гиппокамп. Его повреждение ведет к нарушению процесса запоминания, обработки информации, снижению эмоциональной активности, инициативности, замедлению скорости нервных процессов, раздражение — к повышению агрессии, оборонительных реакций, двигательной функции. Нейроны гиппокампа отличаются высокой фоновой активностью. В ответ на сенсорное раздражение реагируют до 60 % нейронов, генерация возбуждения выражается в длительной реакции на однократный короткий импульс;
- 2) миндалевидные ядра. Их повреждение ведет к исчезновению страха, неспособности к агрессии, гиперсексуальности, реакций ухода за потомством, раздражение — к парасимпатическому эффекту на дыхательную и сердечно-сосудистую, пищеварительную системы. Нейроны миндалевидных ядер имеют выраженную спонтанную активность, которая тормозится или усиливается сенсорными раздражителями;
- 3) обонятельная луковица, обонятельный бугорок.

Лимбическая система оказывает регулирующее влияние на кору головного мозга.

5. Физиология коры больших полушарий

Высшим отделом ЦНС является кора больших полушарий, ее площадь составляет 2200 см². Кора больших полушарий имеет пяти-, шестислойное строение. Нейроны представлены сенсорными, моторными (клетками Бетца), интернейронами (тормозными и возбуждающими нейронами). Кора полушарий построена по колончатому принципу. Колонки — функциональные единицы коры, делятся на микромодули,

которые имеют однородные нейроны.

По определению И. П. Павлова, кора больших полушарий — главный распорядитель и распределитель функций организма.

Основные функции коры больших полушарий:

- 1) интеграция (мышление, сознание, речь);
- 2) обеспечение связи организма с внешней средой, приспособление его к ее изменениям;
- 3) уточнение взаимодействия между организмом и системами внутри организма;
- 4) координация движений (возможность осуществлять произвольные движения, делать непроизвольные движения более точными, осуществлять двигательные задачи).

Эти функции обеспечиваются корригирующими, запускающими, интегративными механизмами. И. П. Павлов, создавая учение об анализаторах, выделял три отдела: периферический (рецепторный), проводниковый (трех-нейронный путь передачи импульса с рецепторов), мозговой (определенные области коры больших полушарий, где происходит переработка нервного импульса, который приобретает новое качество). Мозговой отдел состоит из ядер анализатора и рассеянных элементов.

Согласно современным представлениям о локализации функций при прохождении импульса в коре головного мозга возникают три типа поля.

1. Первичная проекционная зона лежит в области центрального отдела ядер-анализаторов, где впервые появился электрический ответ (вызванный потенциал), нарушения в области центральных ядер ведут к нарушению ощущений.
2. Вторичная зона лежит в окружении ядра, не связана с рецепторами, по вставочным нейронам импульс идет из первичной проекционной зоны. Здесь устанавливается взаимосвязь между явлениями и их качествами, нарушения ведут к нарушению восприятий (обобщенных отражений).
3. Третичная (ассоциативная) зона имеет мультисенсорные нейроны. Информация переработана до значимой. Система способна к пластической перестройке, длительному хранению следов сенсорного действия. При нарушении страдают форма абстрактного отражения действительности, речь, целенаправленное поведение.

Совместная работа больших полушарий и их асимметрия. Для совместной работы полушарий имеются морфологические предпосылки. Мозолистое тело осуществляет горизонтальную связь с подкорковыми образованиями и ретикулярной формацией ствола мозга. Таким образом осуществляется содружественная работа полушарий и реципрокная иннервация при совместной работе.

Функциональная асимметрия. В левом полушарии доминируют речевые, двигательные, зрительные и слуховые функции. Мыслительный тип нервной системы является левополушарным, а художественный — правополушарным.

ЛЕКЦИЯ № 5. Кровь, как внутренняя среда организма. Функции крови Плазма крови. Форменные элементы крови. Особенности венозного кровотока.

Микроциркуляция

Гомеостаз. Биологические константы

Понятие о внутренней среде организма было введено в 1865 г. Клодом Бернаром. Она представляет собой совокупность жидкостей организма, омывающих все органы и ткани и принимающих участие в обменных процессах, и включает плазму крови, лимфу, межтканевую, синовиальную и цереброспинальную жидкости. Кровь называют универсальной жидкостью, так как для поддержания нормального функционирования организма в ней должны содержаться все необходимые вещества, т. е. внутренняя среда обладает постоянством — гомеостазом. Но это постоянство относительно, так как все время происходит потребление веществ и выделение метаболитов — гомеостазис. При отклонении от нормы формируется функциональная система, осуществляющая восстановление измененных показателей.

Гомеостаз характеризуется определенными среднестатистическими показателями, которые могут колебаться в небольших пределах и иметь сезонные, половые и возрастные отличия. Таким образом, по определению П. К. Анохина, все биологические константы делятся на жесткие и пластичные. Жесткие могут колебаться в небольших пределах без значительных нарушений жизнедеятельности. К ним относятся рН крови, величина осмотического давления, концентрация ионов Na, K, Ca в плазме крови. Пластичные могут варьироваться в значительных пределах без каких-либо последствий для организма. К этой группе принадлежат величина кровяного давления, уровень глюкозы, жиров, витаминов и т. д.

Таким образом, биологические константы формируют состояние физиологической нормы.

Физиологическая норма — это оптимальный уровень жизнедеятельности, при котором обеспечивается приспособление организма к условиям существования за счет изменения интенсивности обменных процессов.

2. Понятие о системе крови, ее функции и значение.

Физико-химические свойства крови

Понятие системы крови было введено в 1830-х гг. Х. Лангом.

Кровь — это физиологическая система, которая включает в себя:

- 1) периферическую (циркулирующую и депонированную) кровь;
- 2) органы кроветворения;
- 3) органы кроверазрушения;
- 4) механизмы регуляции.

Система крови обладает рядом особенностей:

- 1) динамичностью, т. е. состав периферического компонента может постоянно изменяться;
- 2) отсутствием самостоятельного значения, так как все свои функции выполняет в постоянном движении, т. е. функционирует вместе с системой кровообращения. Ее компоненты образуются в различных органах.

В организме кровь выполняет множество функций:

- 1) транспортную;
- 2) дыхательную;
- 3) питательную;
- 4) экскреторную;
- 5) терморегулирующую;
- 6) защитную.

Кровь также регулирует поступление к тканям и органам питательных веществ и поддерживает гомеостаз. Транспортная функция заключается в переносе большинства биологически активных веществ с помощью белков плазм (альбуминов и глобулинов). Дыхательная функция осуществляется в виде транспорта кислорода и углекислого газа. Питательная функция заключается в том, что кровь доставляет ко всем органам и тканям питательные вещества — белки, углеводы, липиды.

За счет наличия высокой теплопроводности, высокой теплоотдачи и способности легко и быстро перемещаться из глубоких органов к поверхностным тканям кровь регулирует уровень теплообмена организма с окружающей средой. Через кровь доставляются к местам выделения продукты метаболизма. Органы кроветворения и кроверазрушения поддерживают на постоянном уровне различные показатели, т. е. обеспечивают гомеостаз. Защитная функция заключается в участии в реакциях

неспецифической резистентности организма (врожденный иммунитет) и в приобретенном иммунитете, системе фибринолиза за счет наличия в составе лейкоцитов, тромбоцитов и эритроцитов. Кровь является суспензией, так как состоит из взвешенных в плазме форменных элементов — лейкоцитов, тромбоцитов и эритроцитов. Соотношение плазмы и форменных элементов зависит от того, где находится кровь. В циркулирующей крови преобладает плазма — 50—60 %, содержание форменных элементов — 40—45 %. В депонированной крови, наоборот, плазмы — 40—45 %, а форменных элементов — 50—60 %. Для определения процентного соотношения плазмы и форменных элементов вычисляют гематокритный показатель. В норме он составляет у женщин 42 ± 5 %, а у мужчин — 47 ± 7 %.

Физико-химические свойства крови обусловлены ее составом:

- 1) суспензионное;
- 2) коллоидное;
- 3) реологическое;
- 4) электролитное.

Суспензионное свойство связано со способностью форменных элементов находиться во взвешенном состоянии. Коллоидное свойство обеспечивается в основном белками, которые могут удерживать воду (лиофильные белки). Электролитное свойство связано с наличием неорганических веществ. Его показателем является величина осмотического давления. Реологическая способность обеспечивает текучесть и влияет на периферическое сопротивление.

ЛЕКЦИЯ № 6. Физиология компонентов крови

1. Плазма крови, ее состав

Плазма составляет жидкую часть крови и является водно-солевым раствором белков. Состоит на 90—95 % из воды и на 8—10 % из сухого остатка. В состав сухого остатка входят неорганические и органические вещества. К органическим относятся белки, азотосодержащие вещества небелковой природы, безазотистые органические компоненты, ферменты. Белки составляют 7—8 % от сухого остатка (что составляет 67—75 г/л) и выполняют ряд функций. Они отличаются по строению, молекулярной массе, содержанию различных веществ.

При увеличении концентрации белков возникает гиперпротеинемия, при уменьшении — гипопропротеинемия, при появлении патологических белков — парапротеинемия, при изменении их соотношения — диспротеинемия. В норме в плазме

присутствуют альбумины и глобулины. Их соотношение определяется белковым коэффициентом, который равняется 1,5—2,0.

Альбумины — мелкодисперсные белки, молекулярная масса которых 70 000—80 000 Д. В плазме их содержится около 50—60 %, что составляет 37—41 г/л. В организме они выполняют следующие функции:

- 1) являются депо аминокислот;
- 2) обеспечивают суспензионное свойство крови, поскольку являются гидрофильными белками и удерживают воду;
- 3) участвуют в поддержании коллоидных свойств за счет способности удерживать воду в кровеносном русле;
- 4) транспортируют гормоны, неэтерифицированные жирные кислоты, неорганические вещества и т. д.

При недостатке альбуминов возникает отек тканей (вплоть до гибели организма).

Глобулины — крупнодисперсные молекулы, молекулярная масса которых более 100 000 Д. Их концентрация колеблется в пределах 30—35 %, что составляет около 30—34 г/л. При электрофорезе глобулины распадаются на несколько видов:

- 1) β_1 -глобулины;
- 2) β_2 -глобулины;
- 3) β -глобулины;
- 4) γ -глобулины.

За счет такого строения глобулины выполняют различные функции:

- 1) защитную;
- 2) транспортную;
- 3) патологическую.

Защитная функция связана с наличием иммуноглобулинов — антител, способных связывать антигены. Также они входят в состав защитных систем организма, такие как — системы пропердина и комплемента, обеспечивая неспецифическую резистентность организма. Участвуют в процессах свертывания крови за счет наличия фибриногена, занимающего промежуточное положение между β -глобулинами и γ -глобулинами, являющимися источником фибриновых нитей. Образуют в организме систему фибринолиза, основным компонентом которой является плазминоген. Транспортная функция связана с переносом металлов с помощью гаптоглобина и церулоплазмينا. Гаптоглобин относится к β_2 -глобулинам и образует комплекс с трансферрином,

сохраняющим для организма железо. Церулоплазмин является β_2 -глобулином, который способен соединять медь.

Патологические глобулины образуются в ходе воспалительных реакций, поэтому в норме не обнаруживаются. К ним относятся интерферон (образуется при внедрении вирусов), С-реактивный белок, или белок острой фазы (является β -глобулином и присутствует в плазме при тяжелых, хронических заболеваниях). Таким образом, белки обеспечивают физико-химические свойства крови и выполняют защитную функцию.

В плазме также содержатся аминокислоты, мочевины, мочевая кислота, креатинин; Их содержание невелико, поэтому они обозначаются как остаточный азот крови. В норме он составляет примерно 14,3—28,6 %.

Уровень остаточного азота поддерживается за счет наличия белков в пище, выделительной функции почек и интенсивности белкового обмена.

Органические вещества в плазме представлены в виде продуктов обмена углеводов и липидов. Компоненты обмена углеводов:

- 1) глюкоза, содержание которой в норме составляет 4,44— 6,66 ммоль/л в артериальной крови и 3,33—5,55 ммоль/л в венозной и зависит от количества углеводов в пище, состояния эндокринной системы;
- 2) молочная кислота, содержание которой резко повышается при критических состояниях. В норме ее содержание равно 1—1,1 ммоль/л;
- 3) пировиноградная кислота (образуется при утилизации углеводов, в норме содержится приблизительно 80—85 ммоль/л).

Продуктом липидного метаболизма является холестерин, участвующий в синтезе гормонов, желчных кислот, построении клеточной мембраны, выполняющий энергетическую функцию.

В свободном виде он представлен в форме липопротеидов — комплекса белков и липидов. Выделяют пять групп:

- 1) хиломикроны (участвуют в транспорте триацилглицеридов экзогенного происхождения, образуются в эндоплазматической сети энтероцитов);
- 2) липопротеиды очень низкой плотности (переносят триацилглицериды эндогенного происхождения);
- 3) липопротеиды низкой плотности (доставляют холестерин к клеткам и тканям);
- 4) липопротеиды высокой плотности (образуют комплексы с холестерином и фосфолипидами).

Биологически активные вещества и ферменты относятся к группе веществ, обладающих высокой энзимной активностью, на их долю приходится 0,1 % сухого остатка.

Неорганические вещества являются электролитами, т. е. анионами и катионами.

Они выполняют ряд функций:

- 1) регулируют осмотическое давление;
- 2) поддерживают рН крови;
- 3) участвуют в возбуждении клеточной мембраны.

У каждого элемента имеются свои функции:

- 1) йод необходим для синтеза гормонов щитовидной железы;
- 2) железо входит в состав гемоглобина;
- 3) медь катализирует эритропоэз.

Осмотическое давление крови обеспечивается за счет концентрации в крови осмотически активных веществ, т. е. это разность давлений между электролитами и неэлектролитами.

Осмотическое давление относится к жестким константам, его величина 7,3—8,1 атм.

Электролиты создают до 90—96 % всей величины осмотического давления, из них 60 % — хлорид натрия, так как электролиты имеют низкую молекулярную массу и создают высокую молекулярную концентрацию. Неэлектролиты составляют 4—10 % величины осмотического давления и обладают высокой молекулярной массой, поэтому создают низкую осмотическую концентрацию. К ним относятся глюкоза, липиды, белки плазмы крови. Осмотическое давление, создаваемое белками, называется онкотическим. С его помощью форменные элементы поддерживаются во взвешенном состоянии в кровеносном русле. Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо, чтобы величина осмотического давления всегда была в пределах допустимой нормы.

2. Физиология эритроцитов

Эритроциты — красные кровяные тельца, содержащие дыхательный пигмент — гемоглобин. Эти безъядерные клетки образуются в красном костном мозге, а разрушаются в селезенке. В зависимости от размеров делятся на нормоциты, микроциты и макроциты. Примерно 85 % всех клеток имеет форму двояковогнутого диска или линзы с диаметром 7,2—7,5 мкм. Такая структура обусловлена наличием в цитоскелете белка спектрина и оптимальным соотношением холестерина и лецитина. Благодаря данной форме эритроцит способен переносить дыхательные газы — кислород и углекислый газ.

Важнейшими функциями эритроцита являются:

- 1) дыхательная;
- 2) питательная;
- 3) ферментативная;
- 4) защитная;

5) буферная.

Гемоглобин участвует в иммунологических реакциях.

Дыхательная функция связана с наличием гемоглобина и бикарбоната калия, за счет которых осуществляется перенос дыхательных газов.

Питательная функция связана со способностью мембраны клеток адсорбировать аминокислоты и липиды, которые с током крови транспортируются от кишечника к тканям.

Ферментативная функция обусловлена присутствием на мембране карбоангидразы, метгемоглобинредуктазы, глутатионредуктазы, пероксидазы, истинной холинэстеразы и др.

Защитная функция осуществляется в результате оседания токсинов микробов и антител, а также за счет присутствия факторов свертывания крови и фибринолиза. Поскольку эритроциты содержат антигены, то их используют в иммунологических реакциях для выявления антител в крови. Эритроциты являются самыми многочисленными форменными элементами крови. Так, у мужчин в норме содержится $4,5—5,5 \times 10^{12}/л$, а у женщин — $3,7—4,7 \times 10^{12}/л$. Однако количество форменных элементов крови изменчиво (их увеличение называется эритроцитозом, а при уменьшение — эритропенией).

Эритроциты обладают физиологическими и физико-химическими свойствами:

- 1) пластичностью;
- 2) осмотической стойкостью;
- 3) наличием креаторных связей;
- 4) способностью к оседанию;
- 5) агрегацией;
- 6) деструкцией.

Пластичность во многом обусловлена строением цитоскелета, в котором очень важным является соотношение фосфолипидов и холестерина. Это соотношение выражается в виде липолитического коэффициента и в норме составляет 0,9. Пластичность эритроцитов — способность к обратимой деформации при прохождении через узкие капилляры и микропоры. При снижении количества холестерина в мембране наблюдается снижение стойкости эритроцитов. Осмотическое давление в клетках немного выше, чем в плазме, за счет внутриклеточной концентрации белков. Также на осмотическое давление оказывает влияние и минеральный состав (в эритроцитах преобладает калий и снижено содержание ионов Na). За счет наличия осмотического давления обеспечивается нормальный тургор.

В настоящее время установлено, что эритроциты являются идеальными переносчиками, поскольку обладают креаторными связями, транспортируют различные вещества и осуществляют межклеточное взаимодействие. Способность к оседанию обусловлена удельным весом клеток, который выше, чем все плазмы крови. В норме она невысока и связана с наличием белков альбуминовой фракции, которые способны удерживать гидратную оболочку эритроцитов. Глобулины являются лиофобными коллоидами, которые препятствуют образованию гидратной оболочки. Соотношение альбуминовой и глобулиновой фракций крови (белковый коэффициент) определяет скорость оседания эритроцитов. В норме он составляет 1,5—1,7. При уменьшении скорости кровотока и увеличении вязкости наблюдается агрегация. При быстрой агрегации образуются «монетные столбики» — ложные агрегаты, которые распадаются на полноценные клетки с сохраненной мембраной и внутриклеточной структурой. При длительном нарушении кровотока появляются истинные агрегаты, вызывающие образование микротромба.

Деструкция (разрушение эритроцитов) происходит через 120 дней в результате физиологического старения. Оно характеризуется:

- 1) постепенным уменьшением содержания липидов и воды в мембране;
- 2) увеличенным выходом ионов К и Na;
- 3) преобладанием метаболических сдвигов;
- 4) ухудшением способности к восстановлению метгемоглобина в гемоглобин;
- 5) понижением осмотической стойкости, приводящей к гемолизу.

Стареющие эритроциты за счет понижения способности к деформации застревают в миллиметровых фильтрах селезенки, где поглощаются фагоцитами. Около 10 % клеток подвергаются разрушению в сосудистом русле.

3. Виды гемоглобина и его значение

Гемоглобин относится к числу важнейших дыхательных белков, принимающих участие в переносе кислорода от легких к тканям. Он является основным компонентом эритроцитов крови, в каждом из них содержится примерно 280 млн молекул гемоглобина. Гемоглобин является сложным белком, который относится к классу хромопротеинов и состоит из двух компонентов:

- 1) железосодержащего гема — 4 %;
- 2) белка глобина — 96 %.

Гем является комплексным соединением порфирина с железом. Это соединение довольно неустойчивое и легко превращается либо в гематин, либо в гемин. Строение гема идентично для гемоглобина всех видов животных. Отличия связаны со свойствами белкового компонента, который представлен двумя парами полипептидных цепей. Различают HbA, HbF, HbP формы гемоглобина. В крови взрослого человека содержится до 95—98 % гемоглобина HbA. Его молекула включает в себя 2 α - и 2 β -полипептидные цепи. Фетальный гемоглобин в норме встречается только у новорожденных. Кроме нормальных типов гемоглобина, существуют и аномальные, которые вырабатываются под влиянием генных мутаций на уровне структурных и регуляторных генов. Внутри эритроцита молекулы гемоглобина распространяются по-разному. Вблизи мембраны они лежат к ней перпендикулярно, что улучшает взаимодействие гемоглобина с кислородом. В центре клетки они лежат более хаотично. У мужчин в норме содержание гемоглобина примерно 130—160 г/л, а у женщин — 120—140 г/л.

Выделяют четыре формы гемоглобина:

- 1) оксигемоглобин;
- 2) метгемоглобин;
- 3) карбоксигемоглобин;
- 4) миоглобин.

Оксигемоглобин содержит двухвалентное железо и способен связывать кислород. Он переносит газ к тканям и органам.

При воздействии окислителей (перекисей, нитритов и т. д.) происходит переход железа из двухвалентного в трехвалентное состояние, за счет чего образуется метгемоглобин, который не вступает в обратимую реакцию с кислородом и обеспечивает его транспорт. Карбоксигемоглобин образует соединение с угарным газом.

Он обладает высоким сродством с окисью углерода, поэтому комплекс распадается медленно. Это обуславливает высокую ядовитость угарного газа. Миоглобин по структуре близок к гемоглобину и находится в мышцах, особенно в сердечной. Он связывает кислород, образуя депо, которое используется организмом при снижении кислородной емкости крови. За счет миоглобина происходит обеспечение кислородом работающих мышц.

Гемоглобин выполняет дыхательную и буферную функции.

1 моль гемоглобина способен связать 4 моля кислорода, а 1 г — 1,345 мл газа. Кислородная емкость крови — максимальное количество кислорода, которое может находиться в 100 мл крови. При выполнении дыхательной функции молекула гемоглобина

изменяется в размерах. Соотношение между гемоглобином и оксигемоглобином зависит от степени парциального давления в крови. Буферная функция связана с регуляцией pH крови.

4. Физиология лейкоцитов

Лейкоциты — ядросодержащие клетки крови, размеры которых от 4 до 20 мкм. Продолжительность их жизни сильно варьируется и составляет от 4—5 до 20 дней для гранулоцитов и до 100 дней для лимфоцитов. Количество лейкоцитов в норме у мужчин и женщин одинаково и составляет $4—9 \times 10^9/\text{л}$. Однако уровень клеток в крови непостоянен и подвержен суточными и сезонным колебаниям в соответствии с изменением интенсивности обменных процессов. Лейкоциты делятся на две группы: гранулоциты (зернистые) и агранулоциты.

Среди гранулоцитов в периферической крови встречаются:

- 1) нейтрофилы — 46—76 %;
- 2) эозинофилы — 1—5 %;
- 3) базофилы — 0—1 %.

В группе незернистых клеток выделяют:

- 1) моноциты — 2—10 %;
- 2) лимфоциты — 18—40 %.

Процентное содержание лейкоцитов в периферической крови называется лейкоцитарной формулой, сдвиги которой в разные стороны свидетельствуют о патологических процессах, протекающих в организме. Различают сдвиг вправо — понижение функции красного костного мозга, сопровождающееся увеличением количества старых форм нейтрофильных лейкоцитов. Сдвиг влево является следствием усиления функций красного костного мозга, в крови увеличивается количество молодых форм лейкоцитов. В норме соотношение между молодыми и старыми формами лейкоцитов составляет 0,065 и называется индексом регенерации. За счет наличия ряда физиологических особенностей лейкоциты способны выполнять множество функций. Важнейшими из свойств являются амебовидная подвижность, миграция (способность проникать через стенку неповрежденных сосудов), фагоцитоз.

Лейкоциты выполняют в организме защитную, деструктивную, регенеративную, ферментативную функции.

Защитное свойство связано с бактерицидным и антитоксическим действием агранулоцитов, участием в процессах свертывания крови и фибринолиза. Деструктивное

действие заключается в фагоцитозе отмирающих клеток. Регенеративная активность способствует заживлению ран. Ферментативная роль связана с наличием ряда ферментов. Иммуниет — способность организма защищаться от генетически чужеродных веществ и тел. В зависимости от происхождения может быть наследственным и приобретенным. Он основан на выработке антител на действие антигенов. Выделяют клеточное и гуморальное звенья иммунитета. Клеточный иммунитет обеспечивается активностью Т-лимфоцитов, а гуморальный — В-лимфоцитов.

5. Физиология тромбоцитов

Тромбоциты — безъядерные клетки крови, диаметром 1,5— 3,5 мкм. Они имеют уплощенную форму, и их количество у мужчин и женщин одинаково и составляет $180\text{—}320 \times 10^9/\text{л}$. Эти клетки образуются в красном костном мозге путем отшнуровывания от мегакариоцитов. Тромбоцит содержит две зоны: гранулу (центр, в котором находятся гликоген, факторы свертывания крови и т. д.) и гиаломер (периферическую часть, состоящую из эндоплазматического ретикулума и ионов Са). Мембрана построена из бислоя и богата рецепторами. Рецепторы по функции делятся на специфические и интегрированные. Специфические способны взаимодействовать с различными веществами, за счет чего запускаются механизмы, аналогичные действию гормонов. Интегрированные обеспечивают взаимодействие между тромбоцитами и эндотелиоцитами.

Для тромбоцитов характерны следующие свойства:

- 1) амёбовидная подвижность;
- 2) быстрая разрушаемость;
- 3) способность к фагоцитозу;
- 4) способность к адгезии;
- 5) способность к агрегации.

Тромбоциты выполняют трофическую и динамическую функции и осуществляют регуляцию сосудистого тонуса и принимают участие в процессах свертывания крови. Трофическая функция заключается в обеспечении сосудистой стенки питательными веществами, за счет которых сосуды становятся более упругими. Регуляция сосудистого тонуса достигается благодаря наличию биологического вещества — серотонина, вызывающего сокращения гладкомышечных клеток. Тромбоксан А₂ (производный арахидоновой кислоты) обеспечивает наступление сосудосуживающего эффекта за счет снижения сосудистого тонуса. Тромбоцит принимает активное участие в процессах свертывания крови за счет содержания в гранулах тромбоцитарных факторов, которые

образуются либо в тромбоцитах, либо адсорбируются в плазме крови. Динамическая функция заключается в процессах адгезии и агрегации тромбов. Адгезия — процесс пассивный, протекающий без затраты энергии. Тромб начинает прилипать к поверхности сосудов за счет интергиновых рецепторов к коллагену и при повреждении выделяется на поверхность к фибронектину. Агрегация происходит параллельно адгезии и протекает с затратой энергии. Поэтому главным фактором является наличие АДФ.

При взаимодействии АДФ с рецепторами начинается активация J-белка на внутренней мембране, что вызывает активацию фосфолипаз А и С. Фосфолипаза А способствует образованию из арахидоновой кислоты тромбоксана А₂ (агреганта). Фосфолипаза С способствует образованию инозитолтрифосфата и диацилглицерола. В результате активируется протеинкиназа С, повышается проницаемость для ионов Са. В результате из эндоплазматического ретикулума они поступают в цитоплазму, где Са активирует кальмодулин, который активирует кальцийзависимую протеинкиназу.

ЛЕКЦИЯ № 7. Физиология сердца.

1. Компоненты системы кровообращения.

Круги кровообращения. Система кровообращения состоит из четырех компонентов: сердца, кровеносных сосудов, органов — депо крови, механизмов регуляции.

Система кровообращения является составляющим компонентом сердечно-сосудистой системы, который, помимо системы кровообращения, включает в себя и систему лимфообразования. Благодаря ее наличию обеспечивается постоянное непрерывное движение крови по сосудам, на что влияет ряд факторов:

- 1) работа сердца как насоса;
- 2) разность давления в сердечно-сосудистой системе;
- 3) замкнутость;
- 4) клапанный аппарат сердца и вен, что препятствует обратному току крови;
- 5) эластичность сосудистой стенки, особенно крупных артерий, за счет чего происходит превращение пульсирующего выброса крови из сердца в непрерывный ток;
- 6) отрицательное внутриплевральное давление (присасывает кровь и облегчает ее венозный возврат к сердцу);
- 7) сила тяжести крови;
- 8) мышечная активность (сокращение скелетных мышц обеспечивает проталкивание крови, при этом увеличиваются частота и глубина дыхания, что приводит к понижению

давления в плевральной полости, повышению активности проприорецепторов, вызывая возбуждение в ЦНС и увеличение силы и частоты сердечных сокращений).

В организме человека кровь циркулирует по двум кругам кровообращения — большому и малому, которые вместе с сердцем образуют замкнутую систему.

Малый круг кровообращения был впервые описан М. Серветом в 1553 г. Он начинается в правом желудочке и продолжается в легочный ствол, переходит в легкие, где осуществляется газо-обмен, затем по легочным венам кровь поступает в левое предсердие. Кровь обогащается кислородом. Из левого предсердия артериальная кровь, насыщенная кислородом, поступает в левый желудочек, откуда начинается большой круг. Он был открыт в 1685 г. У. Гарвеем. Кровь, содержащая кислород, по аорте направляется по менее крупным сосудам к тканям и органам, где осуществляется газообмен. В результате по системе полых вен (верхней и нижней), которые впадают в правое предсердие, течет венозная кровь с низким содержанием кислорода.

Особенностью является тот факт, что в большом круге артериальная кровь движется по артериям, а венозная — по венам.

В малом круге, наоборот, по артериям течет венозная кровь, а по венам — артериальная.

2. Морфофункциональные особенности сердца

Сердце является четырехкамерным органом, состоящим из двух предсердий, двух желудочков и двух ушек предсердий. Именно с сокращения предсердий и начинается работа сердца. Масса сердца у взрослого человека составляет 0,04 % от веса тела. Его стенка образована тремя слоями — эндокардом, миокардом и эпикардом.

Эндокард состоит из соединительной ткани и обеспечивает органу несмачиваемость стенки, что облегчает гемодинамику. Миокард образован поперечно-полосатым мышечным волокном, наибольшая толщина которого в области левого желудочка, а наименьшая — в предсердии. Эпикард является висцеральным листком серозного перикарда, под которым располагаются кровеносные сосуды и нервные волокна. Снаружи сердца располагается перикард — околосердечная сумка. Он состоит из двух слоев — серозного и фиброзного.

Серозный слой образован висцеральным и париетальным листками. Париетальный слой соединяется с фиброзным слоем и образует околосердечную сумку. Между эпикардом и париетальным листком имеется полость, которая в норме должна быть заполнена серозной жидкостью для уменьшения трения.

Функции перикарда:

- 1) защита от механических воздействий;
- 2) предотвращение перерастяжения;
- 3) основа для крупных кровеносных сосудов.

Сердце вертикальной перегородкой делится на правую и левую половины, которые у взрослого человека в норме не сообщаются между собой. Горизонтальная перегородка образована фиброзными волокнами и делит сердце на предсердие и желудочки, которые соединяются за счет атриовентрикулярной пластинки.

В сердце находится два вида клапанов — створчатые и полулунные. Клапан — дубликатура эндокарда, в слоях которого находятся соединительная ткань, мышечные элементы, кровеносные сосуды и нервные волокна.

Створчатые клапаны располагаются между предсердием и желудочком, причем в левой половине — три створки, а в правой — две. Полулунные клапаны находятся в месте выхода из желудочков кровеносных сосудов — аорты и легочного ствола. Они снабжены кармашками, которые при заполнении кровью закрываются. Работа клапанов пассивная, находится под влиянием разности давления. Цикл сердечной деятельности состоит из систолы и диастолы. Систола — сокращение, которое длится 0,1—0,16 с в предсердии и 0,3—0,36 с в желудочке. Систола предсердий слабее, чем систола желудочков. Диастола — расслабление, у предсердий занимает 0,7—0,76 с, у желудочков — 0,47—0,56 с. Продолжительность сердечного цикла составляет 0,8—0,86 с и зависит от частоты сокращений. Время, в течение которого предсердия и желудочки находятся в состоянии покоя, называется общей паузой в деятельности сердца. Она длится примерно 0,4 с. В течение этого времени сердце отдыхает, а его камеры частично наполняются кровью. Систола и диастола — сложные фазы и состоят из нескольких периодов. В систоле различают два периода — напряжения и изгнания крови, включающие в себя:

- 1) фазу асинхронного сокращения — 0,05 с;
- 2) фазу изометрического сокращения — 0,03 с;
- 3) фазу быстрого изгнания крови — 0,12 с;
- 4) фазу медленного изгнания крови — 0,13 с.

Диастола продолжается около 0,47 с и состоит из трех периодов:

- 1) протодиастолического — 0,04 с;
- 2) изометрического — 0,08 с;
- 3) периода наполнения, в котором выделяют фазу быстрого изгнания крови — 0,08 с, фазу медленного изгнания крови — 0,17 с, время пресистолы — наполнение желудочков кровью — 0,1 с.

На продолжительность сердечного цикла влияют частота сердечных сокращений, возраст и пол.

3. Физиология миокарда.

Проводящая система миокарда. Свойства атипического миокарда

Миокард представлен поперечно-полосатой мышечной тканью, состоящей из отдельных клеток — кардиомиоцитов, соединенных между собой с помощью нексусов, и образующих мышечное волокно миокарда. Таким образом, оно не имеет анатомической целостности, но функционирует как синцитий. Это связано с наличием нексусов, обеспечивающих быстрое проведение возбуждения с одной клетки на остальные. По особенностям функционирования выделяют два вида мышц: рабочий миокард и атипическую мускулатуру.

Рабочий миокард образован мышечными волокнами с хорошо развитой поперечно-полосатой исчерченностью. Рабочий миокард обладает рядом физиологических свойств:

- 1) возбудимостью;
- 2) проводимостью;
- 3) низкой лабильностью;
- 4) сократимостью;
- 5) рефрактерностью.

Возбудимость — это способность поперечно-полосатой мышцы отвечать на действие нервных импульсов. Она меньше, чем у поперечно-полосатых скелетных мышц. Клетки рабочего миокарда имеют большую величину мембранного потенциала и за счет этого реагируют только на сильное раздражение.

За счет низкой скорости проведения возбуждения обеспечивается попеременное сокращение предсердий и желудочков. Рефрактерный период довольно длинный и связан с периодом действия. Сокращаться сердце может по типу одиночного мышечного сокращения (из-за длительного рефрактерного периода) и по закону «все или ничего».

Атипические мышечные волокна обладают слабовыраженными свойствами сокращения и имеют достаточно высокий уровень обменных процессов. Это связано с наличием митохондрий, выполняющих функцию, близкую к функции нервной ткани, т. е. обеспечивает генерацию и проведение нервных импульсов. Атипический миокард образует проводящую систему сердца. Физиологические свойства атипического миокарда:

- 1) возбудимость ниже, чем у скелетных мышц, но выше, чем у клеток сократительного миокарда, поэтому именно здесь происходит генерация нервных импульсов;

- 2) проводимость меньше, чем у скелетных мышц, но выше, чем у сократительного миокарда;
- 3) рефрактерный период довольно длинный и связан с возникновением потенциала действия и ионами кальция;
- 4) низкая лабильность;
- 5) низкая способность к сократимости;
- 6) автоматия (способность клеток самостоятельно генерировать нервный импульс). Атипические мышцы образуют в сердце узлы и пучки, которые объединены в проводящую систему. Она включает в себя:

- 1) синоатриальный узел или Киса-Флека (расположен на задней правой стенке, на границе между верхней и нижней полыми венами);
- 2) атриовентрикулярный узел (лежит в нижней части межпредсердной перегородки под эндокардом правого предсердия, он посылает импульсы к желудочкам);
- 3) пучок Гиса (идет через предсердно-желудочную перегородку и продолжается в желудочке в виде двух ножек — правой и левой);
- 4) волокна Пуркинье (являются разветвлениями ножек пучка Гиса, которые отдают свои ветви к кардиомиоцитам).

Также имеются дополнительные структуры:

- 1) пучки Кента (начинаются от предсердных трактов и идут по латеральному краю сердца, соединяя предсердие и желудочки и минуя атриовентрикулярные пути);
- 2) пучок Мейгаля (располагается ниже атриовентрикулярного узла и передает информацию в желудочки в обход пучков Гиса).

Эти дополнительные тракты обеспечивают передачу импульсов при выключении атриовентрикулярного узла, т. е. являются причиной излишней информации при патологии и могут вызвать внеочередное сокращение сердца — экстрасистолю. Таким образом, за счет наличия двух видов тканей сердце обладает двумя главными физиологическими особенностями — длительным рефрактерным периодом и автоматией.

4. Автоматия сердца

Автоматия — это способность сердца сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом. Обнаружено, что в клетках атипического миокарда могут генерироваться нервные импульсы. У здорового человека это происходит в области синоатриального узла, так как эти клетки отличаются от других структур по строению и свойствам. Они имеют веретеновидную форму, расположены группами и окружены

общей базальной мембраной. Эти клетки называются водителями ритма первого порядка, или пейсмекерами. В них с высокой скоростью идут обменные процессы, поэтому метаболиты не успевают выноситься и накапливаются в межклеточной жидкости. Также характерными свойствами являются низкая величина мембранного потенциала и высокая проницаемость для ионов Na и Ca. Отмечена довольно низкая активность работы натрий-калиевого насоса, что обусловлено разностью концентрации Na и K. Автоматия возникает в фазу диастолы и проявляется движением ионов Na внутрь клетки. При этом величина мембранного потенциала уменьшается и стремится к критическому уровню деполяризации — наступает медленная спонтанная диастолическая деполяризация, сопровождающаяся уменьшением заряда мембраны. В фазу быстрой деполяризации возникает открытие каналов для ионов Na и Ca, и они начинают свое движение внутрь клетки. В результате заряд мембраны уменьшается до нуля и изменяется на противоположный, достигая +20—30 мВ. Движение Na происходит до достижения электрохимического равновесия по ионам Na, затем начинается фаза плато. В фазу плато продолжается поступление в клетку ионов Ca. В это время сердечная ткань невозбудима. По достижении электрохимического равновесия по ионам Ca заканчивается фаза плато и наступает период реполяризации — возвращения заряда мембраны к исходному уровню. Потенциал действия синоатриального узла отличается меньшей амплитудой и составляет ± 70 —90 мВ, а обычный потенциал ровняется ± 120 —130 мВ.

В норме потенциалы возникают в синоатриальном узле за счет наличия клеток — водителей ритма первого порядка. Но другие отделы сердца в определенных условиях также способны генерировать нервный импульс. Это происходит при выключении синоатриального узла и при включении дополнительного раздражения.

При выключении из работы синоатриального узла наблюдается генерация нервных импульсов с частотой 50—60 раз в минуту в атриовентрикулярном узле — водителе ритма второго порядка. При нарушении в атриовентрикулярном узле при дополнительном раздражении возникает возбуждение в клетках пучка Гиса с частотой 30—40 раз в минуту — водитель ритма третьего порядка. Градиент автоматии — это уменьшение способности к автоматии по мере удаления от синоатриального узла.

5. Энергетическое обеспечение миокарда

Для работы сердца как насоса необходимо достаточное количество энергии. Процесс обеспечения энергией складывается из трех этапов:

- 1) образования;
- 2) транспорта;

3) потребления.

Образование энергии происходит в митохондриях в виде аденозинтрифосфата (АТФ) в ходе аэробной реакции при окислении жирных кислот (в основном олеиновой и пальмитиновой). В ходе этого процесса образуется 140 молекул АТФ. Поступление энергии может происходить и за счет окисления глюкозы. Но это энергетически менее выгодно, так как при разложении 1 молекулы глюкозы образуется 30—35 молекул АТФ. При нарушении кровоснабжения сердца аэробные процессы становятся невозможными из-за отсутствия кислорода, и активируются анаэробные реакции. В этом случае из 1 молекулы глюкозы поступает 2 молекулы АТФ. Это приводит к появлению сердечной недостаточности. Образовавшаяся энергия транспортируется из митохондрий по миофибриллам и имеет ряд особенностей:

- 1) осуществляется в виде креатинфосфотрансферазы;
- 2) для ее транспорта необходимо наличие двух ферментов — АТФ-АДФ-трансферазы и креатинфосфокиназы. АТФ путем активного транспорта при участии фермента АТФ-АДФ-трансферазы переносится на наружную поверхность мембраны митохондрий и с помощью активного центра креатинфосфокиназы и ионов Mg доставляется на креатин с образованием АДФ и креатинфосфата. АДФ поступает на активный центр транслоказы и закачивается внутрь митохондрий, где подвергается рефосфорилированию. Креатинфосфат направляется к мышечным белкам с током цитоплазмы. Здесь также имеется фермент креатинфосфооксидаза, который обеспечивает образование АТФ и креатина. Креатин с током цитоплазмы подходит к мембране митохондрий и стимулирует процесс синтеза АТФ.

В итоге 70 % образовавшейся энергии расходуется на сокращение и расслабление мышц, 15 % — на работы кальциевого насоса, 10 % поступает на работу натрий-калиевого насоса, 5 % идет на синтетические реакции.

6. Коронарный кровоток, его особенности

Для полноценной работы миокарда необходимо достаточное поступление кислорода, которое обеспечивают коронарные артерии. Они начинаются у основания дуги аорты. Правая коронарная артерия кровоснабжает большую часть правого желудочка, межжелудочковую перегородку, заднюю стенку левого желудочка, остальные отделы снабжает левая коронарная артерия. Коронарные артерии располагаются в борозде между предсердием и желудочком и образуют многочисленные ответвления. Артерии сопровождаются коронарными венами, впадающими в венозный синус.

Особенности коронарного кровотока:

- 1) высокая интенсивность;
- 2) способность к экстракции кислорода из крови;
- 3) наличие большого количества анастомозов;
- 4) высокий тонус гладкомышечных клеток во время сокращения;
- 5) значительная величина кровяного давления.

В состоянии покоя каждые 100 г массы сердца потребляют 60 мл крови. При переходе в активное состояние интенсивность коронарного кровотока увеличивается (у тренированных людей повышается до 500 мл на 100 г, а у нетренированных — до 240 мл на 100 г). В состоянии покоя и активности миокард экстрагирует до 70—75 % кислорода из крови, причем при увеличении потребности в кислороде способность его экстрагировать не увеличивается. Потребность восполняется за счет повышения интенсивности кровотока. За счет наличия анастомозов артерии и вены соединяются между собой в обход капиллярам. Количество дополнительных сосудов зависит от двух причин: тренированности человека и фактора ишемии (недостатка кровоснабжения).

Коронарный кровоток характеризуется относительно высокой величиной кровяного давления. Это связано с тем, что коронарные сосуды начинаются от аорты. Значение этого заключается в том, что создаются условия для лучшего перехода кислорода и питательных веществ в межклеточное пространство.

Во время систолы к сердцу поступает до 15 % крови, а во время диастолы — до 85 %. Это связано с тем, что во время систолы сокращающиеся мышечные волокна сдавливают коронарные артерии. В результате происходит порционный выброс крови из сердца, что отражается на величине кровяного давления. Регуляция коронарного кровотока осуществляется с помощью трех механизмов — местных, нервных, гуморальных. Ауторегуляция может осуществляться двумя способами — метаболическим и миогенным. Метаболический способ регуляции связан с изменением просвета коронарных сосудов за счет веществ, образовавшихся в результате обмена. Расширение коронарных сосудов происходит под действием нескольких факторов:

- 1) недостаток кислорода приводит к повышению интенсивности кровотока;
- 2) избыток углекислого газа вызывает ускоренный отток метаболитов;
- 3) аденозил способствует расширению коронарных артерий и повышению кровотока.

Слабый сосудосуживающий эффект возникает при избытке пирувата и лактата. Миогенный эффект Остроумова—Бейлиса заключается в том, что гладкомышечные клетки начинают реагировать сокращением на растяжение при повышении кровяного давления и расслабляются при понижении. В результате этого скорость кровотока не изменяется при значительных колебаниях величины кровяного давления.

Нервная регуляция коронарного кровотока осуществляется в основном симпатическим отделом вегетативной нервной системы и включается при повышении интенсивности коронарного кровотока. Это обусловлено следующими механизмами:

- 1) в коронарных сосудах преобладают 2-адренорецепторы, которые при взаимодействии с норадреналином понижают тонус гладкомышечных клеток, увеличивая просвет сосудов;
- 2) при активации симпатической нервной системы повышается содержание метаболитов в крови, что приводит к расширению коронарных сосудов, в результате наблюдается улучшенное кровоснабжение сердца кислородом и питательными веществами.

Гуморальная регуляция сходна с регуляцией всех видов сосудов.

7. Рефлекторные влияния на деятельность сердца

За двустороннюю связь сердца с ЦНС отвечают так называемые кардиальные рефлексы. В настоящее время выделяют три рефлекторных влияния — собственные, сопряженные, неспецифические. Собственные кардиальные рефлексы возникают при возбуждении рецепторов, заложенных в сердце и в кровеносных сосудах, т. е. в собственных рецепторах сердечно-сосудистой системы. Они лежат в виде скоплений — рефлексогенных или рецептивных полей сердечно-сосудистой системы. В области рефлексогенных зон имеются механо- и хеморецепторы. Механорецепторы будут реагировать на изменение давления в сосудах, на растяжение, на изменение объема жидкости. Хеморецепторы реагируют на изменение химического состава крови. При нормальном состоянии эти рецепторы характеризуются постоянной электрической активностью. Так, при изменении давления или химического состава крови изменяется импульсация от этих рецепторов.

Выделяют шесть видов собственных рефлексов:

- 1) рефлекс Бейнбриджа;
- 2) влияния с области каротидных синусов;
- 3) влияния с области дуги аорты;
- 4) влияния с коронарных сосудов;
- 5) влияния с легочных сосудов;
- 6) влияния с рецепторов перикарда.

Рефлекторные влияния с области каротидных синусов — ампулообразных расширений внутренней сонной артерии в месте бифуркации общей сонной артерии. При повышении давления увеличивается импульсация от этих рецепторов, импульсы передаются по волокнам IV пары черепно-мозговых нервов, и повышается активность IX пары черепно-мозговых нервов. В результате возникает иррадиация возбуждения, и по волокнам

блуждающих нервов оно передается в сердце, приводя к уменьшению силы и частоты сердечных сокращений. При понижении давления в области каротидных синусов уменьшается импульсация в ЦНС, активность IV пары черепно-мозговых нервов понижается и наблюдается снижение активности ядер X пары черепно-мозговых нервов. Наступает преобладающее влияние симпатических нервов, вызывающих повышение силы и частоты сердечных сокращений.

Значение рефлекторных влияний с области каротидных синусов заключается в обеспечении саморегуляции деятельности сердца. При повышении давления рефлекторные влияния с дуги аорты приводят к увеличению импульсации по волокнам блуждающих нервов, что приводит к повышению активности ядер и уменьшению силы и частоты сердечных сокращений, и наоборот. При повышении давления рефлекторные влияния с коронарных сосудов приводят к торможению работы сердца. В этом случае наблюдаются угнетение дыхания, глубины дыхания и изменение газового состава крови. При перегрузке рецепторов с легочных сосудов наблюдается торможение работы сердца. При растяжении перикарда или раздражении химическими веществами наблюдается торможение сердечной деятельности. Таким образом, собственные кардиальные рефлексы саморегулируют величину кровяного давления и работы сердца. К сопряженным кардиальным рефлексам относятся рефлекторные влияния от рецепторов, которые непосредственно не связаны с деятельностью сердца. Например, это рецепторы внутренних органов, глазного яблока, температурные и болевые рецепторы кожи и др. Их значение заключается в обеспечении приспособления работы сердца при изменяющихся условиях внешней и внутренней среды. Также они подготавливают сердечно-сосудистую систему к предстоящей перегрузке.

Неспецифические рефлексы в норме отсутствуют, но их можно наблюдать в процессе эксперимента.

Таким образом, рефлекторные влияния обеспечивают регуляцию сердечной деятельности в соответствии с потребностями организма.

8. Нервная регуляция деятельности сердца

Нервная регуляция характеризуется рядом особенностей.

1. Нервная система оказывает пусковое и корректирующее влияние на работу сердца, обеспечивая приспособление к потребностям организма.
2. Нервная система регулирует интенсивность обменных процессов. Сердце иннервируется волокнами ЦНС — экстракардиальные механизмы и собственными волокнами — интракардиальные. В основе интракардиальных механизмов регуляции

лежит метсимпатическая нервная система, содержащая все необходимые внутрисердечные образования для возникновения рефлекторной дуги и осуществления местной регуляции. Важную роль играют и волокна парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы, обеспечивающих афферентную и эфферентную иннервацию. Эфферентные парасимпатические волокна представлены блуждающими нервами, телами I преганглионарных нейронов, находящихся на дне ромбовидной ямки продолговатого мозга. Их отростки заканчиваются интрамурально, и тела II постганглионарных нейронов располагаются в системе сердца. Блуждающие нервы обеспечивают иннервацию образований проводящей системы: правый — синоатриального узла, левый — атриовентрикулярного. Центры симпатической нервной системы лежат в боковых рогах спинного мозга на уровне I—V грудных сегментов. Она иннервирует миокард желудочков, миокард предсердий, проводящую систему.

При активации симпатической нервной системы изменяются сила и частота сердечных сокращений. Центры ядер, иннервирующих сердце, находятся в состоянии постоянного умеренного возбуждения, за счет чего к сердцу поступают нервные импульсы. Тонус симпатического и парасимпатического отделов неодинаков. У взрослого человека преобладает тонус блуждающих нервов. Он поддерживается за счет импульсов, поступающих из ЦНС от рецепторов, заложенных в сосудистой системе. Они лежат в виде нервных скоплений рефлексогенных зон:

- 1) в области каротидного синуса;
- 2) в области дуги аорты;
- 3) в области коронарных сосудов.

При перерезке нервов, идущих от каротидных синусов в ЦНС, отмечается падение тонуса ядер, иннервирующих сердце.

Блуждающие и симпатические нервы являются антагонистами и оказывают на работу сердца пять видов влияния:

- 1) хронотропное;
- 2) батмотропное;
- 3) дромотропное;
- 4) инотропное;
- 5) тонотропное.

Парасимпатические нервы оказывают отрицательное влияние по всем пяти направлениям, а симпатические — наоборот. Афферентные нервы сердца передают импульсы из ЦНС на окончания блуждающих нервов — первично-чувствующие хеморецепторы, реагирующие на изменение величины кровяного давления. Они

расположены в миокарде предсердий и левого желудочка. При повышении давления увеличивается активность рецепторов, и возбуждение передается в продолговатый мозг, работа сердца рефлекторно изменяется. Однако в сердце обнаружены свободные нервные окончания, которые образуют субэндокардиальные сплетения. Они контролируют процессы тканевого дыхания. От этих рецепторов импульсы поступают к нейронам спинного мозга и обеспечивают возникновение боли при ишемии. Таким образом, афферентную иннервацию сердца выполняют в основном волокна блуждающих нервов, связывающие сердце с ЦНС.

9. Гуморальная регуляция деятельности сердца

Факторы гуморальной регуляции делят на две группы:

- 1) вещества системного действия;
- 2) вещества местного действия.

К веществам системного действия относят электролиты и гормоны. Электролиты (ионы Са) оказывают выраженное влияние на работу сердца (положительный инотропный эффект). При избытке Са может произойти остановка сердца в момент систолы, так как нет полного расслабления. Ионы Na способны оказывать умеренное стимулирующее влияние на деятельность сердца. При повышении их концентрации наблюдается положительный батмотропный и дромотропный эффект. Ионы К в больших концентрациях оказывают тормозное влияние на работу сердца вследствие гиперполяризации. Однако небольшое повышение содержания К стимулирует коронарный кровоток. В настоящее время обнаружено, что при увеличении уровня К по сравнению с Са наступает снижение работы сердца, и наоборот. Гормон адреналин увеличивает силу и частоту сердечных сокращений, улучшает коронарный кровоток и повышает обменные процессы в миокарде. Тироксин (гормон щитовидной железы) усиливает работу сердца, стимулирует обменные процессы, повышает чувствительность миокарда к адреналину. Минералокортикоиды (альдостерон) стимулируют реабсорбцию Na и выведение К из организма. Глюкагон повышает уровень глюкозы в крови за счет расщепления гликогена, приводя к положительному инотропному эффекту. Половые гормоны в отношении к деятельности сердца являются синергистами и усиливают работу сердца. Вещества местного действия действуют там, где вырабатываются. К ним относятся медиаторы. Например, ацетилхолин оказывает пять видов отрицательного влияния на деятельность сердца, а норадреналин — наоборот. Тканевые гормоны (кинины) — вещества, обладающие высокой биологической активностью, но они быстро разрушаются, поэтому и оказывают местное действие. К ним относятся брадикинин,

калдин, умеренно стимулирующие сосуды. Однако при высоких концентрациях могут вызвать снижение работы сердца. Простагландины в зависимости от вида и концентрации способны оказывать различные влияния. Метаболиты, образующиеся в ходе обменных процессов, улучшают кровоток. Таким образом, гуморальная регуляция обеспечивает более длительное приспособление деятельности сердца к потребностям организма.

10. Сосудистый тонус и его регуляция

Сосудистый тонус в зависимости от происхождения может быть миогенным и нервным.

Миогенный тонус возникает, когда некоторые гладкомышечные клетки сосудов начинают спонтанно генерировать нервный импульс. Возникающее возбуждение распространяется на другие клетки, и происходит сокращение. Тонус поддерживается за счет базального механизма. Разные сосуды обладают разным базальным тонусом: максимальный тонус наблюдается в коронарных сосудах, скелетных мышцах, почках, а минимальный — в коже и слизистой оболочке. Его значение заключается в том, что сосуды с высоким базальным тонусом на сильное раздражение отвечают расслаблением, а с низким — сокращением.

Нервный механизм возникает в гладкомышечных клетках сосудов под влиянием импульсов из ЦНС. За счет этого происходит еще большее увеличение базального тонуса. Такой суммарный тонус — тонус покоя, с частотой импульсов 1—3 в секунду. Таким образом, сосудистая стенка находится в состоянии умеренного напряжения — сосудистого тонуса. В настоящее время выделяют три механизма регуляции сосудистого тонуса — местный, нервный, гуморальный. Ауторегуляция обеспечивает изменение тонуса под влиянием местного возбуждения. Этот механизм связан с расслаблением и проявляется расслаблением гладкомышечных клеток. Существует миогенная и метаболическая ауторегуляция. Миогенная регуляция связана с изменением состояния гладких мышц — это эффект Остроумова—Бейлиса, направленный на поддержание на постоянном уровне объема крови, поступающей к органу. Метаболическая регуляция обеспечивает изменение тонуса гладкомышечных клеток под влиянием веществ, необходимых для обменных процессов и метаболитов. Она вызвана в основном сосудорасширяющими факторами:

- 1) недостатком кислорода;
- 2) повышением содержания углекислого газа;
- 3) избытком К, АТФ, аденина, цАТФ.

Метаболическая регуляция наиболее выражена в коронарных сосудах, скелетных мышцах, легких, головном мозге. Таким образом, механизмы ауторегуляции настолько выражены, что в сосудах некоторых органах оказывают максимальное сопротивление суживающему влиянию ЦНС.

Нервная регуляция осуществляется под влиянием вегетативной нервной системы, осуществляющей действие как вазоконстриктора, так и вазодилататора. Симпатические нервы вызывают сосудосуживающий эффект в тех из них, в которых преобладают β_1 -адренорецепторы. Это кровеносные сосуды кожи, слизистых оболочек, желудочно-кишечного тракта. Импульсы по сосудосуживающим нервам поступают и в состоянии покоя (1—3 в секунду), и в состоянии активности (10—15 в секунду).

Сосудорасширяющие нервы могут быть различного происхождения:

- 1) парасимпатической природы;
- 2) симпатической природы;
- 3) аксон-рефлекс.

Парасимпатический отдел иннервирует сосуды языка, слюнных желез, мягкой мозговой оболочки, наружных половых органов. Медиатор ацетилхолин взаимодействует с М-холинорецепторами сосудистой стенки, что приводит к расширению.

Для симпатического отдела характерна иннервация коронарных сосудов, сосудов головного мозга, легких, скелетных мышц. Это связано с тем, что адренергические нервные окончания взаимодействуют с β -адренорецепторами, вызывая расширение сосудов. Аксон-рефлекс возникает при раздражении рецепторов кожи, осуществляющихся в пределах аксона одной нервной клетки, вызывая расширение просвета сосуда в данной области.

Таким образом, нервная регуляция осуществляется симпатическим отделом, который может оказывать как расширяющее, так и суживающее действие. Парасимпатическая нервная система оказывает прямое расширяющее действие. Гуморальная регуляция осуществляется за счет веществ местного и системного действия. К веществам местного действия относятся ионы Ca , оказывающие суживающий эффект и участвующие в возникновении потенциала действия, кальциевых мостиков, в процессе сокращения мышц. Ионы K также вызывают расширение сосудов и в большом количестве приводят к гиперполяризации клеточной мембраны. Ионы Na при избытке могут вызвать повышение кровяного давления и задержку воды в организме, изменяя уровень выделения гормонов. Гормоны оказывают следующее действие:

- 1) вазопрессин повышает тонус гладкомышечных клеток артерий и артериол, приводя к их сужению;

- 2) адреналин способен оказывать расширяющее и суживающее действие;
- 3) альдостерон задерживает Na в организме, влияя на сосуды, повышая чувствительность сосудистой стенки к действию ангиотензина;
- 4) тироксин стимулирует обменные процессы в гладкомышечных клетках, что приводит к сужению;
- 5) ренин вырабатывается клетками юкстагломерулярного аппарата и поступает в кровоток, действуя на белок ангиотензиноген, который превращается в ангиотензин II, ведущий к сужению сосудов;
- 6) атриопептиды оказывают расширяющее действие. Метаболиты (например, углекислый газ, пировиноградная кислота, молочная кислота, ионы H) действуют как хеморецепторы сердечно-сосудистой системы, повышая скорость передачи импульсов в ЦНС, что приводит к рефлекторному сужению.

Вещества местного действия производят разнообразный эффект:

- 1) медиаторы симпатической нервной системы оказывают в основном суживающее действие, а парасимпатической — расширяющее;
- 2) биологически активные вещества: гистамин — расширяющее действие, а серотонин — суживающее;
- 3) кинины (брадикинин и калидин) вызывают расширяющее действие;
- 4) простагландины в основном расширяют просвет;
- 5) эндотелиальные ферменты расслабления (группа веществ, образуемых эндотелиоцитами) оказывают выраженный местный суживающий эффект.

Таким образом, на сосудистый тонус оказывают влияние местные, нервные и гуморальные механизмы.

11. Функциональная система, поддерживающая на постоянном уровне величину кровяного давления

Функциональная система, поддерживающая на постоянном уровне величину кровяного давления, — временная совокупность органов и тканей, формирующаяся при отклонении показателей с целью вернуть их к норме. Функциональная система состоит из четырех звеньев:

- 1) полезного приспособительного результата;
- 2) центрального звена;
- 3) исполнительного звена;
- 4) обратной связи.

Полезный приспособительный результат — нормальная величина кровяного давления, при изменении которого повышается импульсация от механорецепторов в ЦНС, в результате возникает возбуждение. Центральное звено представлено сосудодвигательным центром. При возбуждении его нейронов импульсы конвергируют и сходят на одной группе нейронов — акцепторе результата действия. В этих клетках возникает эталон конечного результата, затем вырабатывается программа для его достижения.

Исполнительное звено включает внутренние органы:

- 1) сердце;
- 2) сосуды;
- 3) выделительные органы;
- 4) органы кроветворения и кроверазрушения;
- 5) депонирующие органы;
- 6) дыхательную систему (при изменении отрицательного внутриплеврального давления изменяется венозный возврат крови к сердцу);
- 7) железы внутренней секреции, которые выделяют адреналин, вазопрессин, ренин, альдостерон;
- 8) скелетные мышцы, изменяющие двигательную активность.

В результате деятельности исполнительного звена происходит восстановление величины кровяного давления. От механорецепторов сердечно-сосудистой системы исходит вторичный поток импульсов, несущих информацию об изменении величины кровяного давления в центральное звено. Эти импульсы поступают к нейронам акцептора результата действия, где происходит сопоставление полученного результата с эталоном. Таким образом, при достижении нужного результата функциональная система распадается.

В настоящее время известно, что центральный и исполнительный механизмы функциональной системы включаются не одновременно, поэтому по времени включения выделяют:

- 1) кратковременный механизм;
- 2) промежуточный механизм;
- 3) длительный механизм.

Механизмы кратковременного действия включаются быстро, но продолжительность их действия несколько минут, максимум 1 ч. К ним относятся рефлекторные изменение работы сердца и тонуса кровеносных сосудов, т. е. первым включается нервный механизм.

Промежуточный механизм начинает действовать постепенно в течение нескольких часов. Этот механизм включает:

- 1) изменение транскапиллярного обмена;
- 2) понижение фильтрационного давления;
- 3) стимуляцию процесса реабсорбции;
- 4) релаксацию напряженных мышц сосудов после повышения их тонуса.

Механизмы длительного действия вызывают более значительные изменения функций различных органов и систем (например, изменение работы почек за счет изменения объема выделяющейся мочи). В результате происходит восстановление кровяного давления. Гормон альдостерон задерживает Na, который способствует реабсорбции воды и повышению чувствительности гладких мышц к сосудосуживающим факторам, в первую очередь к системе «ренин — ангиотензин». Таким образом, при отклонении от нормы величины кровяного давления различные органы и ткани объединяются с целью восстановления показателей. При этом формируется три ряда заграждений:

- 1) уменьшение сосудистой регуляции и работы сердца;
- 2) уменьшение объема циркулирующей крови;
- 3) изменение уровня белка и форменных элементов.

12. Гистогематический барьер и его физиологическая роль

Гистогематический барьер— это барьер между кровью и тканью. Впервые были обнаружены советскими физиологами в 1929 г. Морфологическим субстратом гистогематического барьера является стенка капилляров, состоящая из:

- 1) фибриновой пленки;
- 2) эндотелия на базальной мембране;
- 3) слоя перицитов;
- 4) адвентиции.

В организме они выполняют две функции — защитную и регуляторную. Защитная функция связана с защитой ткани от поступающих веществ (чужеродных клеток, антител, эндогенных веществ и др.). Регуляторная функция заключается в обеспечении постоянного состава и свойств внутренней среды организма, проведении и передаче молекул гуморальной регуляции, удалении от клеток продуктов метаболизма. Гистогематический барьер может быть между тканью и кровью и между кровью и жидкостью.

Основным фактором, влияющим на проницаемость гистогематического барьера, является проницаемость. Проницаемость — способность клеточной мембраны сосудистой стенки пропускать различные вещества. Она зависит от:

- 1) морфофункциональных особенностей;
- 2) деятельности ферментных систем;
- 3) механизмов нервной и гуморальной регуляции.

В плазме крови находятся ферменты, которые способны изменять проницаемость сосудистой стенки. В норме их активность невелика, но при патологии или под действием факторов повышается активность ферментов, что приводит к повышению проницаемости. Этими ферментами являются гиалуронидаза и плазмин.

Нервная регуляция осуществляется по бессинаптическому принципу, так как медиатор с током жидкости поступает в стенки капилляров. Симпатический отдел вегетативной нервной системы уменьшает проницаемость, а парасимпатический — увеличивает.

Гуморальная регуляция осуществляется веществами, делящимися на две группы — повышающие проницаемость и понижающие проницаемость. Повышающее влияние оказывают медиатор ацетилхолин, кинины, простагландины, гистамин, серотонин, метаболиты, обеспечивающие сдвиг рН в кислую среду. Понижающее действие способны оказывать гепарин, норадреналин, ионы Са. Гистогематические барьеры являются основой для механизмов транскапиллярного обмена. Таким образом, на работу гистогематических барьеров большое влияние оказывают строение сосудистой стенки капилляров, а также физиологические и физико-химические факторы.

Текущий контроль

1. Теоретические вопросы для опроса (устного, письменного)

1. Анатомия, физиология и гигиена человека. Общий обзор организма.
2. Органы и системы органов. Типы тканей, многообразие видов клеток в организме человека.
3. Регуляция деятельности мышц. Значение опорно-двигательной системы.
4. Состав, строение и рост костей.
5. Органы кровообращения. Сердце и сосуды (артерии, капилляры, вены).
6. Свертывание крови как защитная реакция. Группы крови.
7. Группы крови. Значение переливания крови.
8. Регуляция работы сердца. Автоматия сердца.
9. Гигиена сердечно-сосудистой системы.
10. Обмен веществ и энергии в организме человека.
11. Движение крови по сосудам. Пульс. Кровяное давление.
12. Дыхательная система. Регуляция работы органов дыхания.
13. Плазма и форменные элементы крови. Эритроциты и лейкоциты, их строение и функции.
14. Пищеварение в полости рта, желудке, кишечнике.
15. Печень. Поджелудочная железа – их роль в пищеварении.
16. Понятие о нейро-гуморальной регуляции желудочного сокоотделения. Работы И.П. Павлова по изучению пищеварения.
17. Нервная система человека. Высшая нервная деятельность.
18. Строение и функции головного и спинного мозга.
19. Строение и функции органов зрения.
20. Иммуитет. Профилактика инфекций.
21. Иммуитет. Роль И.И. Мечникова в создании учения об иммуитете. Профилактические мероприятия.
22. Инфекционные заболевания дыхательной системы.
23. Инфекционные заболевания системы пищеварения.
24. Витамины. Их роль в обмене веществ.
25. Органы выделения.
26. Железы внутренней секреции. Гормоны, их роль в организме.

27. Изменение работоспособности в трудовом процессе. Интенсивность нагрузки. Ритмичность.
28. Генетика человека. Соотношение биологического и социального наследования.

2. Тестирование

1. Что является основным предметом физиологии?

- a. изучение строения органов и систем
- b. изучение функций организма
- c. изучение биоэнергетики организма
- d. изучение биохимических процессов

2. Уровни организации живой материи:

- a. клеточный
- b. тканевой
- c. органный
- d. организменный
- e. все перечисленные выше

3. Основные физиологические функции живых тканей:

- a. раздражимость
- b. возбудимость
- c. проводимость
- d. сократимость
- e. спонтанная автоматия
- f. все перечисленные выше

4. Какое из этих утверждений относится к физико-химическим свойствам плазмы крови?

- a. удельный вес
- b. осмотическое давление
- c. буферные системы
- d. вязкость
- e. все перечисленные выше

5. Какое из этих утверждений относится к функции крови?

- a. проводниковая
- b. рефлекторная
- c. буферная
- d. дыхательная
- e. тромбообразующая

6. Вязкость крови больше, чем воды, в основном благодаря ...

- a. высокой концентрации белков в плазме
- b. наличию эритроцитов
- c. факторам свертывания крови
- d. закону четвертой степени (законом Пуазейля)
- e. вспениванию плазмы

- 7. Какие клетки крови относятся к иммунокомпетентным?**
- a. лимфоциты
 - b. тромбоциты
 - c. эритроциты
 - d. лейкоциты
 - e. все перечисленные выше
- 8. Какие из этих веществ могут быстро проходить через мембрану клетки?**
- a. углекислый газ
 - b. аминокислоты
 - c. глюкоза
 - d. ионы натрия
 - e. ионы водорода
- 9. Каким наиболее важным способом переносятся вещества из плазмы в тканевую жидкость?**
- a. диффузией
 - b. перфузией
 - c. активным транспортом
 - d. облегченной диффузией
- 10. Концентрация нейромедиатора в синаптической щели определяется ...**
- a. скоростью активного захвата медиатора окружающими нейронами
 - b. количеством медиатора, высвобождаемым из пресинаптического нервного окончания
 - c. скоростью ферментативного гидролиза медиатора в синаптической щели
 - d. скоростью диффузии медиатора из пресинаптического нервного окончания в синаптическую щель
 - e. всем сказанным выше