

ФИЗИОЛОГИЯ

Практические рекомендации
по выполнению лабораторных работ



Мозырь
2011

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»

ФИЗИОЛОГИЯ

Практические рекомендации
по выполнению лабораторных работ

«Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области физической культуры»

Мозырь
2011

УДК 612 (076.6)

ББК 28.707.3я73

Ф48

Авторы-составители: **В. В. Валетов**, доктор биологических наук,
профессор;
Е. И. Дегтярева, кандидат биологических наук,
доцент.

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор

УО «БГПУ имени М. Танка»

Ю. М. Досин;

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой нормальной
физиологии Гомельского государственного медицинского университета
Э. С. Питкевич.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
учреждения образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»

Физиология : практические рекомендации по выполнению
лабораторных работ / авт.-сост. В. В. Валетов, Е. И. Дегтярева. –
Мозырь : УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2011. – 124 с.
ISBN 978-985-477-458-9.

Практические рекомендации предназначены для изучения важнейших тем
дисциплины «Физиология». Включают теоретический материал по каждому
разделу, вопросы для самоконтроля, лабораторные работы.

Практические рекомендации адресованы студентам специальности
1 – 03 02 01 Физическая культура.

УДК 612 (076.6)

ББК 28.707.3я73

© Авт.-сост. Валетов В. В., Дегтярева Е. И., 2011
ISBN 978-985-477-458-9 © УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Раздел 1 Физиология крови	5
Тема 1 Общий анализ крови	30
Раздел 2 Физиология сердечно-сосудистой системы	48
Тема 1 Анализ состояния сердечно-сосудистой системы человека	62
Раздел 3 Физиология дыхания	79
Тема 1 Анализ состояния дыхательной системы человека	86
Раздел 4 Физиология мочевыделительной системы.....	95
Тема 1 Общий анализ мочи человека	118
Литература	123

ВВЕДЕНИЕ

Общепризнанным считается, что физиология человека относится к экспериментальным наукам биологического цикла. Техническое оснащение лабораторного практикума с каждым годом усовершенствуется.

Практические рекомендации рассчитаны не только на индивидуальное, но и на групповое исследование. В ходе выполнения лабораторных исследований большое внимание уделяется индивидуальной работе студентов. Каждое занятие в обязательном порядке заносится в протокол, в котором отражается название работы, цель исследований, оборудование и реактивы, методика проведения эксперимента, подводятся итоги исследований с последующей защитой протокола.

Практические рекомендации призваны оказать помощь студентам в изучении и освоении таких разделов физиологии человека, как «Физиология крови», «Физиология сердечно-сосудистой системы», «Физиология дыхания», «Физиология мочевыделительной системы». В практические рекомендации включены теоретические сведения, а также методические рекомендации по проведению лабораторных исследований крови, дыхания, сердечно-сосудистой и мочевыделительной систем человека.

Раздел 1 Физиология крови

1. Основные функции крови.
2. Объем и физико-химические свойства крови.
3. Состав крови.
4. Система гемостаза.
5. Группы крови.
6. Резус-фактор.
7. Кроветворение.

1 Основные функции крови

Кровь, лимфа, тканевая, спинномозговая, плевральная, суставная и другие жидкости образуют *внутреннюю среду организма*. Внутренняя среда отличается относительным постоянством своего состава и физико-химических свойств, что создает оптимальные условия для нормальной жизнедеятельности клеток организма.

Кровь, циркулирующая в сосудах, выполняет следующие функции.

Транспортная – перенос различных веществ: кислорода, углекислого газа, питательных веществ, гормонов, медиаторов электролитов, ферментов и др.

Разновидности транспортной функции:

- 1) дыхательная – перенос кислорода от легких к тканям организма, углекислого газа – от клеток к легким;
- 2) трофическая – перенос основных питательных веществ от органов пищеварения к тканям организма;
- 3) экскреторная – транспорт конечных продуктов обмена веществ (мочевины, мочевой кислоты и др.), избытка воды, органических и минеральных веществ к органам их выделения (почки, потовые железы, легкие, кишечник);
- 4) терморегуляторная – перенос тепла от более нагретых органов к менее нагретым.

Защитная – осуществление неспецифического и специфического иммунитета; свертывание крови предохраняет организм человека от кровопотери при травмах.

Регуляторная (гуморальная) – доставка гормонов, пептидов, ионов и других физиологически активных веществ от мест их синтеза к клеткам организма, что позволяет осуществлять регуляцию многих физиологических функций.

Гомеостатическая – поддержание постоянства внутренней среды организма (кислотно-основного равновесия, водно-электролитного баланса и др.).

2 Объем и физико-химические свойства крови

Объем крови – общее количество крови в организме взрослого человека составляет в среднем 6–8% от массы тела, что соответствует 5–6 л.

Относительная плотность крови – 1,050–1,060 – зависит в основном от количества эритроцитов. Относительная плотность плазмы крови – 1,025–1,034, определяется концентрацией белков.

Вязкость крови – 5 усл. ед., плазмы – 1,7–2,2 усл. ед., если вязкость воды принять за 1. Обусловлена наличием в крови эритроцитов и в меньшей степени белков плазмы.

Осмотическое давление крови – сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного в более концентрированный раствор. Осмотическое давление крови в среднем составляет 7,6 атм. Оно обусловлено растворенными в ней осмотически активными веществами, главным образом неорганическими электролитами. Около 60% осмотического давления создается солями натрия (NaCl).

Осмотическое давление определяет распределение воды между тканями и клетками. Функции клеток организма могут осуществляться лишь при относительной стабильности осмотического давления. Если эритроциты поместить в солевой раствор, имеющий осмотическое давление, одинаковое с кровью, они не изменяют свой объем. Такой раствор называют *изотоническим*, или *физиологическим*. Это может быть 0,9% раствор хлористого натрия. В растворе, осмотическое давление которого выше осмотического давления крови, эритроциты сморщиваются, так как вода выходит из них в раствор. В растворе с более низким осмотическим давлением, чем давление крови, эритроциты набухают в результате перехода воды из раствора в клетку. Растворы с более высоким осмотическим давлением, чем давление крови, называются *гипертоническим*, а имеющие более низкое давление – *гипотоническими*.

Онкотическое давление крови – часть осмотического давления, создаваемого белками плазмы. Оно равно 0,03–0,04 атм, или 25–30 мм рт. ст. Онкотическое давление в основном обусловлено альбуминами. Вследствие малых размеров и высокой гидрофильности они обладают выраженной способностью притягивать к себе воду, за счет чего она удерживается в сосудистом русле. При снижении онкотического давления крови происходит выход воды из сосудов в интерстициальное (межклеточное) пространство, что приводит к отеку тканей.

Кисотно-основное состояние крови (КОС). Активная реакция крови обусловлена соотношением водородных и гидроксильных ионов. Для определения активной реакции крови используют водородный показатель

pH – концентрацию водородных ионов, которая выражается отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации ионов водорода. В норме pH – 7,36 (реакция слабощелочная); артериальной крови – 7,4; венозной – 7,35. При различных физиологических состояниях pH крови может изменяться от 7,3 до 7,5. Активная реакция крови является жесткой константой, обеспечивающей ферментативную деятельность. Крайние пределы pH крови, совместимые с жизнью, равны 7,0–7,8. Сдвиг реакции в кислую сторону называется *ацидозом*, который обуславливается увеличением в крови водородных ионов. Сдвиг реакции крови в щелочную сторону называется *алкалозом*. Это связано с увеличением концентрации гидроксильных ионов (OH⁻) и уменьшением концентрации водородных ионов (H⁺).

В организме человека всегда имеются условия для сдвига активной реакции крови в сторону ацидоза или алкалоза, которые могут привести к изменению pH крови. В клетках тканей постоянно образуются кислые продукты. Накоплению кислых соединений способствует потребление белковой пищи. Напротив, при усиленном потреблении растительной пищи в кровь поступают основания. Поддержание постоянства pH крови является важной физиологической задачей и обеспечивается буферными системами крови. К буферным системам крови относятся гемоглобиновая, карбонатная, фосфатная и белковая.

Буферные системы нейтрализуют значительную часть поступающих в кровь кислот и щелочей, тем самым препятствуя сдвигу активной реакции крови. В организме в процессе метаболизма в большей степени образуются кислые продукты. Поэтому запасы щелочных веществ в крови во много раз превышают запасы кислых. Их рассматривают как щелочной резерв крови.

Гемоглобиновая буферная система на 75% обеспечивает буферную емкость крови. Оксигемоглобин является более сильной кислотой, чем восстановленный гемоглобин. Оксигемоглобин обычно бывает в виде калиевой соли. В капиллярах тканей в кровь поступает большое количество кислых продуктов распада. Одновременно в тканевых капиллярах при диссоциации оксигемоглобина происходит отдача кислорода и появление большого количества щелочнореагирующих солей гемоглобина. Эти соли взаимодействуют с кислыми продуктами распада, например, угольной кислотой. В результате образуются бикарбонаты и восстановленный гемоглобин. В легочных капиллярах гемоглобин, отдавая ионы водорода, присоединяет кислород и становится сильной кислотой, которая связывает ионы калия. Ионы водорода используются для образования угольной кислоты, в дальнейшем выделяющейся из легких в виде H₂O и CO₂.

Карбонатная буферная система по своей мощности занимает второе место. Она представлена угольной кислотой (H₂CO₃) и бикарбонатом

натрия или калия (NaHCO_3 , KHCO_3) в пропорции 1/20. Если в кровь поступает кислота, более сильная, чем угольная, то в реакцию вступает, например, бикарбонат натрия. Образуются нейтральная соль и слабодиссоциированная угольная кислота. Угольная кислота под действием карбоангидразы эритроцитов распадается на H_2O и CO_2 , последний выделяется легкими в окружающую среду. Если в кровь поступает основание, то в реакцию вступает угольная кислота, образуя гидрокарбонат натрия и воду. Избыток бикарбоната натрия удаляется через почки. Бикарбонатный буфер широко используется для коррекции нарушений кислотно-основного состояния организма.

Фосфатная буферная система состоит из натрия дигидрофосфата (NaH_2PO_4) и натрия гидрофосфата (Na_2HPO_4). Первое соединение обладает свойствами слабой кислоты и взаимодействует с поступившими в кровь щелочными продуктами. Второе соединение имеет свойства слабой щелочи и вступает в реакцию с более сильными кислотами.

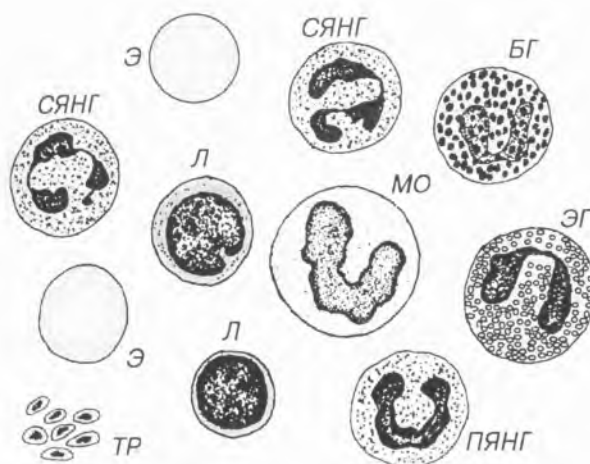
Белковая буферная система осуществляет роль нейтрализации кислот и щелочей благодаря амфотерным свойствам: в кислой среде белки плазмы ведут себя как основания, в основной – как кислоты.

Буферные системы имеются и в тканях, что способствует поддержанию рН тканей на относительно постоянном уровне. Главными буферами тканей являются белки и фосфаты.

Поддержание рН осуществляется также с помощью легких и почек. Через легкие удаляется избыток углекислоты. Почки при ацидозе выделяют больше кислого одноосновного фосфата натрия, а при алкалозе – больше щелочных солей: двухосновного фосфата натрия и бикарбоната натрия.

3 Состав крови

Кровь состоит из жидкой части плазмы и взвешенных в ней форменных элементов: эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов (рисунок 1.1). На долю форменных элементов приходится 40–45%, на долю плазмы – 55–60% от объема крови. Это соотношение получило название *гематокритного соотношения*, или *гематокритного числа*. Часто под гематокритным числом понимают только объем крови, приходящийся на долю форменных элементов. В состав плазмы крови входят вода (90–92%) и сухой остаток (8–10%). Сухой остаток состоит из органических и неорганических веществ. К органическим веществам плазмы крови относятся белки, которые составляют 7–8%. Белки представлены альбуминами (4,5%), глобулинами (2–3,5%) и фибриногеном (0,2–0,4%).



Э – эритроцит, ТР – тромбоциты, СЯНГ – сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит, ПЯНГ – палочкоядерный нейтрофильный гранулоцит, ЭГ – эозинофильный гранулоцит, БГ – базофильный гранулоцит, Л – лимфоцит, МО – моноцит

Рисунок 1.1 – Мазок крови человека

Белки плазмы крови выполняют разнообразные функции:

- 1) коллоидно-осмотический и водный гомеостаз;
- 2) обеспечение агрегатного состояния крови;
- 3) кислотно-основной гомеостаз;
- 4) иммунный гомеостаз;
- 5) транспортная функция;
- 6) питательная функция;
- 7) участие в свертывании крови.

Альбумины составляют около 60% всех белков плазмы. Благодаря относительно небольшой молекулярной массе (70000) и высокой концентрации альбумины создают 80% онкотического давления. Их транспортная функция заключается в переносе холестерина, жирных кислот, билирубина, солей желчных кислот, солей тяжелых металлов, лекарственных препаратов (антибиотиков, сульфаниламидов). Альбумины синтезируются в печени.

Глобулины подразделяются на несколько фракций: α -, β - и γ -глобулины.

α -Глобулины включают гликопротеины, т. е. белки, простетической группой которых являются углеводы. Около 60% всей глюкозы плазмы циркулирует в составе гликопротеинов. Эта группа белков транспортирует гормоны, витамины, микроэлементы, липиды. К α -глобулинам относятся эритропоэтин, плазминоген, протромбин.

β -Глобулины участвуют в транспорте фосфолипидов, холестерина, стероидных гормонов, катионов металлов. К этой фракции относится

белок трансферрин, обеспечивающий транспорт железа, а также многие факторы свертывания крови.

γ -Глобулины включают в себя различные антитела или иммуноглобулины 5 классов: Jg A, Jg G, Jg M, Jg D и Jg E, защищающие организм от вирусов и бактерий. К γ -глобулинам относятся также α - и β -агглютинины крови, определяющие ее групповую принадлежность.

Фибриноген – первый фактор свертывания крови, относится к группе γ -глобулинов. Под воздействием тромбина переходит в нерастворимую форму – фибрин, обеспечивая образование сгустка крови. Фибриноген образуется в печени.

Глобулины образуются в печени, костном мозге, селезенке, лимфатических узлах.

К органическим веществам плазмы крови относятся также *небелковые азотсодержащие соединения* (аминокислоты, полипептиды, мочевины, мочевая кислота, креатинин, аммиак). Общее количество небелкового азота в плазме, так называемого *остаточного азота*, составляет 11–15 ммоль/л (30–40 мг %). Содержание остаточного азота в крови резко возрастает при нарушении функции почек.

В плазме крови содержатся также *безазотистые органические вещества*: глюкоза 4,4–6,6 ммоль/л (80–120 мг %), нейтральные жиры, липиды, ферменты, расщепляющие гликоген, жиры и белки, проферменты и ферменты, участвующие в процессах свертывания крови и фибринолиза.

Неорганические вещества плазмы крови составляют 0,9%. К этим веществам относятся в основном катионы Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} и анионы HPO_4^{2-} , HCO^- . Содержание катионов является более жесткой величиной, чем содержание анионов. Ионы обеспечивают нормальную функцию всех клеток организма, в том числе клеток возбудимых тканей, обуславливают осмотическое давление, регулируют pH.

В плазме постоянно присутствуют все витамины, микроэлементы, промежуточные продукты метаболизма (молочная и пировиноградная кислоты).

Форменные элементы крови

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

Эритроциты

В норме в крови у мужчин содержится $4,0\text{--}5,0 \times 10^{12}/\text{л}$, или 4 000 000–5 000 000 эритроцитов в 1 мкл, у женщин – $3,5 \times 10^{12}/\text{л}$, или 3 500 000 в 1 мкл. Повышение количества эритроцитов в крови называется *эритроцитозом*, уменьшение *эритропенией*, что часто сопутствует малокровию, или *анемии*. При анемии может быть снижено или число эритроцитов, или содержание в них гемоглобина, или и то и другое. Как эритроцитозы, так и эритропении бывают ложными (в случаях сгущения или разжижения крови) и истинными.

Эритроциты человека лишены ядра и состоят из стромы, заполненной гемоглобином, и белково-липидной оболочки. Эритроциты имеют преимущественно форму двояковогнутого диска диаметром 7,5 мкм, толщиной на периферии 2,5 мкм, в центре – 1,5 мкм. Эритроциты такой формы называются нормоцитами. Особая форма эритроцитов приводит к увеличению диффузионной поверхности, что способствует лучшему выполнению основной функции эритроцитов – дыхательной. Специфическая форма обеспечивает также прохождение эритроцитов через узкие капилляры.

Эритроциты выполняют в организме следующие функции:

- 1) основной функцией является дыхательная – перенос кислорода от альвеол легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) регуляция рН крови благодаря одной из мощнейших буферных систем крови – гемоглобиновой;
- 3) питательная – перенос на своей поверхности аминокислот от органов пищеварения к клеткам организма;
- 4) защитная – адсорбция на своей поверхности токсических веществ;
- 5) участие в процессе свертывания крови за счет содержания факторов свертывающей и противосвертывающей систем крови;
- 6) эритроциты являются носителями разнообразных ферментов (холинэстераза, угольная ангидраза, фосфатаза) и витаминов (В₁, В₂, В₆, аскорбиновая кислота);
- 7) эритроциты несут в себе групповые признаки крови (агглютиноген А или В).

Гемоглобин и его соединения

Гемоглобин – особый белок, благодаря которому эритроциты выполняют дыхательную функцию. У мужчин в крови содержится в среднем 130–160 г/л гемоглобина, у женщин – 120–150 г/л.

Гемоглобин состоит из белка глобина и гема. Гем имеет в своем составе атом железа, способный присоединять или отдавать молекулу кислорода. При этом валентность железа, к которому присоединяется кислород, не изменяется, т. е. железо остается двухвалентным. Гемоглобин, присоединивший к себе кислород, превращается в *оксигемоглобин*. Это соединение непрочное. В виде оксигемоглобина переносится большая часть кислорода. Гемоглобин, отдавший кислород, называется *восстановленным*, или *дезоксигемоглобином*. Гемоглобин, соединенный с углекислым газом, носит название *карбогемоглобина*. Это соединение также легко распадается. В виде карбогемоглобина переносится 20% углекислого газа.

В особых условиях гемоглобин может вступать в соединение и с другими газами. Соединение гемоглобина с угарным газом (СО) называется *карбоксигемоглобином*. Карбоксигемоглобин является

прочным соединением. Гемоглобин блокирован угарным газом и неспособен осуществлять перенос кислорода. Сродство гемоглобина к угарному газу выше его сродства к кислороду, поэтому даже небольшое количество угарного газа в воздухе является опасным для жизни.

При некоторых патологических состояниях, например, при отравлении сильными окислителями (бертолетовой солью, перманганатом калия и др.) образуется прочное соединение гемоглобина с кислородом – *метгемоглобин*, в котором происходит окисление железа, и оно становится трехвалентным. В результате этого гемоглобин теряет способность отдавать кислород тканям, что может привести к гибели человека.

В скелетных и сердечной мышцах находится мышечный гемоглобин, называемый *миоглобином*. Он играет важную роль в снабжении кислородом работающих мышц.

Имеется несколько форм гемоглобина, отличающихся строением белковой части – глобина. У плода содержится гемоглобин F. В эритроцитах взрослого человека преобладает гемоглобин A (90%). Различия в строении белковой части определяют сродство гемоглобина к кислороду. У фетального гемоглобина оно намного больше, чем у гемоглобина A. Это помогает плоду не испытывать гипоксии при относительно низком парциальном напряжении кислорода в его крови.

Ряд заболеваний связан с появлением в крови патологических форм гемоглобина. Наиболее известной наследственной патологией гемоглобина является серповидноклеточная анемия. Форма эритроцитов напоминает серп. Отсутствие или замена нескольких аминокислот в молекуле глобина при этом заболевании приводит к существенному нарушению функции гемоглобина.

В клинических условиях принято вычислять степень насыщения эритроцитов гемоглобином. Это так называемый *цветовой показатель*. В норме он равен 1. Такие эритроциты называются *нормохромными*. При цветовом показателе более 1,1 эритроциты *гиперхромные*, менее 0,85 – *гипохромные*. Цветовой показатель важен для диагностики анемий различной этиологии.

Гемолиз

Процесс разрушения оболочки эритроцитов и выход гемоглобина в плазму крови называется *гемолизом*. При этом плазма окрашивается в красный цвет и становится прозрачной – «лаковая кровь». Различают несколько видов гемолиза.

Осмотический гемолиз может возникнуть в гипотонической среде. Концентрация раствора NaCl, при которой начинается гемолиз, носит название *осмотической резистентности эритроцитов*. Для здоровых людей границы минимальной и максимальной стойкости эритроцитов находятся в пределах от 0,4 до 0,34%.

Химический гемолиз может быть вызван хлороформом, эфиром, разрушающими белково-липидную оболочку эритроцитов.

Биологический гемолиз встречается при действии ядов змей, насекомых, микроорганизмов, при переливании несовместимой крови под влиянием иммунных гемолизиннов.

Температурный гемолиз возникает при замораживании и размораживании крови в результате разрушения оболочки эритроцитов кристалликами льда.

Механический гемолиз происходит при сильных механических воздействиях на кровь, например встряхивании ампулы с кровью.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

Скорость оседания эритроцитов у здоровых мужчин составляет 8–9 мм в час, у женщин – 9–12 мм в час. СОЭ зависит от многих факторов: количества, объема, формы и величины заряда эритроцитов, их способности к агрегации, белкового состава плазмы. В большей степени СОЭ зависит от свойств плазмы, чем эритроцитов. СОЭ увеличивается при беременности, стрессе, воспалительных, инфекционных и онкологических заболеваниях, при уменьшении числа эритроцитов, при увеличении содержания фибриногена. СОЭ снижается при увеличении количества альбуминов. Многие стероидные гормоны (эстрогены, глюкокортикоиды), а также лекарственные вещества (салицилаты) вызывают повышение СОЭ.

Лейкоциты

Лейкоциты, или белые кровяные тельца, представляют собой бесцветные клетки, содержащие ядро и протоплазму, размером от 8 до 20 мкм.

Количество лейкоцитов в периферической крови взрослого человека колеблется в пределах $4,0\text{--}9,0 \times 10^9$ /л, или 4000–9000 в 1 мкл. Увеличение количества лейкоцитов в крови называется *лейкоцитозом*, уменьшение – *лейкопенией*. Лейкоцитозы могут быть физиологическими и патологическими (реактивными). Среди физиологических лейкоцитозов различают пищевой, миогенный, эмоциональный, а также лейкоцитоз, возникающий при беременности. Физиологические лейкоцитозы носят перераспределительный характер и, как правило, не достигают высоких показателей. При патологических лейкоцитозах происходит выброс клеток из органов кроветворения с преобладанием молодых форм. В наиболее тяжелой форме лейкоцитоз наблюдается при лейкозах. Лейкоциты, образующиеся при этом заболевании в избыточном количестве, как правило, малодифференцированы и не способны выполнять свои физиологические функции, в частности, защищать организм от патогенных бактерий. Лейкопения наблюдается при повышении радиоактивного фона, при применении некоторых фармакологических препаратов. Особенно

выраженной она бывает в результате поражения костного мозга при лучевой болезни. Лейкопения встречается также при некоторых тяжелых инфекционных заболеваниях (сепсис, милиарный туберкулез). При лейкопении происходит резкое угнетение защитных сил организма в борьбе с бактериальной инфекцией.

Лейкоциты в зависимости от того, однородна ли их протоплазма или содержит зернистость, делят на 2 группы: зернистые, или *гранулоциты*, и незернистые, или *агранулоциты*. Гранулоциты в зависимости от того, какими гистологическими красками они окрашиваются, бывают трех видов: *базофилы* (окрашиваются основными красками), *эозинофилы* (кислыми красками) и *нейтрофилы* (и основными, и кислыми красками). Нейтрофилы по степени зрелости делятся на метамиелоциты (юные), палочкоядерные и сегментоядерные. Агранулоциты бывают двух видов: *лимфоциты* и *моноциты*.

В клинике имеет значение не только общее количество лейкоцитов, но и процентное соотношение всех видов лейкоцитов, получившее название *лейкоцитарной формулы*, или *лейкограммы*.

Таблица 1 – Лейкоцитарная формула здорового человека (в %)

Базофилы	Эозино-филы	Нейтрофилы			Лимфоциты	Моноциты
		Юные	Палочко-ядерные	Сегментно-ядерные		
0–1	1–5	0,5	3–5	60–65	20–35	6–12

При ряде заболеваний характер лейкоцитарной формулы меняется. Увеличение количества юных и палочкоядерных нейтрофилов называется *сдвигом лейкоцитарной формулы влево*. Он свидетельствует об обновлении крови и наблюдается при острых инфекционных и воспалительных заболеваниях, а также при лейкозах.

Все виды лейкоцитов выполняют в организме защитную функцию. Однако осуществление ее различными видами лейкоцитов происходит по-разному.

Нейтрофилы являются самой многочисленной группой. Основная их функция – *фагоцитоз* бактерий и продуктов распада тканей с последующим перевариванием их при помощи лизосомных ферментов (протеазы, пептидазы, оксидазы, дезоксирибонуклеазы). Нейтрофилы первыми приходят в очаг повреждения. Так как они являются сравнительно небольшими клетками, то их называют микрофагами. Нейтрофилы оказывают цитотоксическое действие, а также продуцируют интерферон, обладающий противовирусным действием. Активированные нейтрофилы выделяют арахидоновую кислоту, которая является

предшественником лейкотриенов, тромбоксанов и простагландинов. Эти вещества играют важную роль в регуляции просвета и проницаемости кровеносных сосудов и в запуске таких процессов, как воспаление, боль и свертывание крови. По нейтрофилам можно определить пол человека, так как у женского генотипа имеются круглые выросты – «барабанные палочки».

Эозинофилы также обладают способностью к фагоцитозу, но это не имеет серьезного значения из-за их небольшого количества в крови. Основной функцией эозинофилов является обезвреживание и разрушение токсинов белкового происхождения, чужеродных белков, а также комплекса антиген-антитело. Эозинофилы продуцируют фермент гистаминазу, который разрушает гистамин, освобождающийся из поврежденных базофилов и тучных клеток при различных аллергических состояниях, глистных инвазиях, аутоиммунных заболеваниях. Эозинофилы осуществляют противоглистный иммунитет, оказывая на личинку цитотоксическое действие. Поэтому при этих заболеваниях увеличивается количество эозинофилов в крови (*эозинофилия*). Эозинофилы продуцируют плазминоген, который является предшественником плазмина – главного фактора фибринолитической системы крови. Содержание эозинофилов в периферической крови подвержено суточным колебаниям, что связано с уровнем глюкокортикоидов. В конце второй половины дня и рано утром их на 20% меньше среднесуточного уровня, а в полночь – на 30% больше.

Базофилы продуцируют и содержат биологически активные вещества (гепарин, гистамин и др.), чем и обусловлена их функция в организме. Гепарин препятствует свертыванию крови в очаге воспаления. Гистамин расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению. В базофилах содержатся также гиалуроновая кислота, влияющая на проницаемость сосудистой стенки; фактор активации тромбоцитов (ФАТ); тромбоксаны, способствующие агрегации тромбоцитов; лейкотриены и простагландины. При аллергических реакциях (крапивница, бронхиальная астма, лекарственная болезнь) под влиянием комплекса антиген-антитело происходит дегрануляция базофилов и выход в кровь биологически активных веществ, в том числе гистамина, что определяет клиническую картину заболеваний.

Моноциты обладают выраженной фагоцитарной функцией. Это самые крупные клетки периферической крови и их называют макрофагами. Моноциты находятся в крови 2–3 дня, затем они выходят в окружающие ткани, где, достигнув зрелости, превращаются в тканевые макрофаги (гистиоциты). Моноциты способны фагоцитировать микробы в кислой среде, когда нейтрофилы неактивны. Фагоцитируя микробы, погибшие лейкоциты, поврежденные клетки тканей, моноциты очищают место воспаления и подготавливают его для регенерации. Моноциты

синтезируют отдельные компоненты системы комплемента. Активированные моноциты и тканевые макрофаги продуцируют цитотоксины, интерлейкин (ИЛ-1), фактор некроза опухолей (ФНО), интерферон, тем самым осуществляя противоопухолевый, противовирусный, противомикробный и противопаразитарный иммунитет; участвуют в регуляции гемопоэза. Макрофаги принимают участие в формировании специфического иммунного ответа организма. Они распознают антиген и переводят его в так называемую иммуногенную форму (презентация антигена). Моноциты продуцируют как факторы, усиливающие свертывание крови (тромбоксаны, тромбопластины), так и факторы, стимулирующие фибринолиз (активаторы плазминогена).

Лимфоциты являются центральным звеном иммунной системы организма. Они осуществляют формирование специфического иммунитета, синтез защитных антител, лизис чужеродных клеток, реакцию отторжения трансплантата, обеспечивают иммунную память. Лимфоциты образуются в костном мозге, а дифференцировку проходят в тканях. Лимфоциты, созревание которых происходит в вилочковой железе, называются *T-лимфоцитами*. (тимусзависимые). Различают несколько форм T-лимфоцитов. *T-киллеры* (убийцы) осуществляют реакции клеточного иммунитета, лизируя чужеродные клетки, возбудителей инфекционных заболеваний, опухолевые клетки, клетки-мутанты. *T-хелперы* (помощники), взаимодействуя с В-лимфоцитами, превращают их в плазматические клетки, т. е. помогают течению гуморального иммунитета. *T-супрессоры* (угнетатели) блокируют чрезмерные реакции В-лимфоцитов. Имеются также Т-хелперы и Т-супрессоры, регулирующие клеточный иммунитет. *T-клетки памяти* хранят информацию о ранее действующих антигенах.

В-лимфоциты (бурсозависимые) проходят дифференцировку у человека в лимфоидной ткани кишечника, небных и глоточных миндалин. В-лимфоциты осуществляют реакции гуморального иммунитета. Большинство В-лимфоцитов являются антителопродуцентами. В-лимфоциты в ответ на действие антигенов в результате сложных взаимодействий с Т-лимфоцитами и моноцитами превращаются в плазматические клетки. Плазматические клетки вырабатывают антитела, которые распознают и специфически связывают соответствующие антигены. Различают 5 основных классов антител, или иммуноглобулинов: Ig A, Ig G, Ig M, Ig E, Ig D.

О-лимфоциты (нулевые) не проходят дифференцировку и являются как бы резервом Т- и В-лимфоцитов.

Тромбоциты

Тромбоциты, или кровяные пластинки – плоские клетки неправильной округлой формы диаметром 2–5 мкм. Тромбоциты человека

не имеют ядер. Количество тромбоцитов в крови человека составляет $180\text{--}320 \times 10^9/\text{л}$, или 180 000–320 000 в 1 мкл. Имеют место суточные колебания: днем тромбоцитов больше, чем ночью. Увеличение содержания тромбоцитов в периферической крови называется *тромбоцитозом*, уменьшение – *тромбоцитопенией*.

Главной функцией тромбоцитов является участие в процессе свертывания крови (гемостазе). Тромбоциты способны прилипать к чужеродной поверхности (*адгезия*), а также склеиваться между собой (*агрегация*) под влиянием разнообразных причин. Тромбоциты продуцируют и выделяют ряд биологически активных веществ: серотонин, адреналин, норадреналин, а также вещества, получившие название тромбоцитарных факторов свертывания крови. Тромбоциты способны выделять из клеточных мембран арахидоновую кислоту и превращать ее в тромбоксаны, которые, в свою очередь, повышают агрегационную их активность. Эти реакции происходят под действием фермента циклооксигеназы. Тромбоциты содержат большое количество серотонина и гистамина, которые влияют на величину просвета и проницаемость капилляров, определяя тем самым состояние гистогематических барьеров.

Тромбоциты образуются в красном костном мозге из гигантских клеток мегакариоцитов. Продукция тромбоцитов регулируется *тромбоцитопоэтинами*. Тромбоцитопоэтины образуются в костном мозге, селезенке, печени. Различают тромбоцитопоэтины кратковременного и длительного действия. Первые усиливают отщепление тромбоцитов от мегакариоцитов и ускоряют их поступление в кровь. Вторые способствуют дифференцировке и созреванию мегакариоцитов. Активность тромбоцитопоэтинов регулируется интерлейкинами (ИЛ-6 и ИЛ-11). Количество тромбоцитопоэтинов повышается при воспалении, необратимой агрегации тромбоцитов. Продолжительность жизни тромбоцитов составляет от 5 до 11 дней.

4 Система гемостаза

Кровь циркулирует в кровеносном русле в жидком состоянии. При травме, когда нарушается целостность кровеносных сосудов, кровь должна свертываться. За все это в организме человека отвечает *система РАСК – регуляции агрегатного состояния крови*. Эта регуляция осуществляется сложнейшими механизмами, в которых принимают участие факторы свертывающей, противосвертывающей и фибринолитической систем крови. В здоровом организме эти системы взаимосвязаны. Изменение функционального состояния одной из систем сопровождается компенсаторными сдвигами в деятельности другой. Нарушение

функциональных взаимосвязей может привести к тяжелым патологическим состояниям организма, заключающимся или в повышенной кровоточивости, или во внутрисосудистом тромбообразовании.

К факторам, поддерживающим кровь в жидком состоянии, относятся следующие:

- 1) внутренние стенки сосудов и форменные элементы крови заряжены отрицательно;
- 2) эндотелий сосудов секретирует простаглицлин ПГИ-2 – ингибитор агрегации тромбоцитов, антитромбин III, активаторы фибринолиза;
- 3) факторы свертывающей системы крови находятся в сосудистом русле в неактивном состоянии;
- 4) наличие антикоагулянтов;
- 5) большая скорость кровотока.

Свертывающие механизмы

Свертывание крови (гемокоагуляция) – это жизненно важная защитная реакция, направленная на сохранение крови в сосудистой системе и предотвращающая гибель организма от кровопотери при травме сосудов.

В остановке кровотечения участвуют: сосуды; ткань, окружающая сосуды; физиологически активные вещества плазмы; форменные элементы крови; главная роль принадлежит тромбоцитам.

Физиологически активные вещества, принимающие участие в свертывании крови и находящиеся в плазме, называются *плазменными факторами свертывания крови*. Они обозначаются римскими цифрами в порядке их хронологического открытия. Некоторые из факторов имеют название, связанное с фамилией больного, у которого впервые обнаружен дефицит соответствующего фактора.

К плазменным факторам свертывания крови относятся:

- I – фибриноген;
- II – протромбин;
- III – тканевой тромбопластин;
- IV – ионы кальция;
- V – Ас-глобулин, или проакцелерин;
- VI – исключен из номенклатуры (акцелерин);
- VII – проконвертин;
- VIII – антигемофильный глобулин А;
- IX – антигемофильный глобулин В, или фактор Кристмаса;
- X – фактор Стюарта – Проуэра;
- XI – плазменный предшественник тромбопластина, или антигемофильный глобулин С;

XII – контактный фактор, или фактор Хагемана;
XIII – фибринстабилизирующий фактор;
XIV – фактор Флетчера (прокалликреин);
XV – фактор Фитцджеральда – Фложе (высокомолекулярный кининоген ВМК).

Большинство плазменных факторов свертывания крови образуется в печени. Для синтеза некоторых из них (II, VII, IX, X) необходим витамин К, содержащийся в растительной пище и синтезируемый микрофлорой кишечника. При недостатке или снижении активности факторов свертывания крови может наблюдаться патологическая кровоточивость. Это может происходить при тяжелых и дегенеративных заболеваниях печени, при недостаточности витамина К. Витамин К является жирорастворимым витамином, поэтому его дефицит может обнаружиться при угнетении всасывания жиров в кишечнике, например, при снижении желчеобразования. Эндогенный дефицит витамина К наблюдается также при подавлении кишечной микрофлоры антибиотиками. Ряд заболеваний, при которых имеется дефицит плазменных факторов, носит наследственный характер. Примером являются различные формы гемофилии, которыми болеют только мужчины, но передают их женщины.

Вещества, находящиеся в тромбоцитах, получили название *тромбоцитарных*, или *пластинчатых факторов* свертывания крови. Их обозначают арабскими цифрами. К наиболее важным тромбоцитарным факторам относятся: ПФ-3 (тромбоцитарный тромбопластин) – липидно-белковый комплекс, на котором как на матрице происходит гемокоагуляция, ПФ-4 – антигепариновый фактор, ПФ-5 – благодаря ему тромбоциты способны к адгезии и агрегации, ПФ-6 (тромбостенин) – актиномиозиновый комплекс, обеспечивающий ретракцию тромба, ПФ-10 – серотонин, ПФ-11 – фактор агрегации, представляющий комплекс АТФ и тромбоксана.

В остановке кровотечения участвуют 2 механизма: *сосудисто-тромбоцитарный* и *коагуляционный*.

Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз

Благодаря этому механизму происходит остановка кровотечения из мелких сосудов с низким артериальным давлением. При травме наблюдается рефлекторный спазм поврежденных кровеносных сосудов, который в дальнейшем поддерживается сосудосуживающими веществами (серотонин, норадреналин, адреналин), освобождающимися из тромбоцитов и поврежденных клеток тканей. Внутренняя стенка сосудов в месте повреждения изменяет свой заряд с отрицательного на положительный. Благодаря способности к адгезии под влиянием фактора Виллебранда, содержащегося в субэндотелии и кровяных пластинках, отрицательно заряженные тромбоциты прилипают к положительно

заряженной раневой поверхности. Практически одновременно происходит агрегация – скучивание и склеивание тромбоцитов с образованием тромбоцитарной пробки, или тромба. Сначала под влиянием АТФ, АДФ и адреналина тромбоцитов и эритроцитов образуется рыхлая тромбоцитарная пробка, через которую проходит плазма (обратимая агрегация). Затем тромбоциты теряют свою структурность и сливаются в однообразную массу, образуя пробку, непроницаемую для плазмы (необратимая агрегация). Эта реакция протекает под действием тромбина, образующегося в небольших количествах под действием тканевого тромбопластина. Тромбин разрушает мембрану тромбоцитов, что ведет к выходу из них серотонина, гистамина, ферментов, факторов свертывания крови. Пластинчатый фактор 3 дает начало образованию тромбоцитарной протромбиназы, что приводит к образованию на агрегатах тромбоцитов небольшого количества нитей фибрина, среди которых задерживаются эритроциты и лейкоциты. После образования тромбоцитарного тромба происходит его уплотнение и закрепление в поврежденном сосуде за счет ретракции кровяного сгустка. Ретракция осуществляется под влиянием тромбостенина тромбоцитов за счет сокращения актин-миозинового комплекса тромбоцитов. Тромбоцитарная пробка образуется в целом в течение 1–3 минут с момента повреждения, и кровотечение из мелких сосудов останавливается.

В крупных сосудах тромбоцитарный тромб не выдерживает высокого давления и вымывается. Поэтому в крупных сосудах гемостаз может быть осуществлен путем формирования более прочного фибринового тромба, для образования которого необходим ферментативный коагуляционный механизм.

Коагуляционный гомеостаз

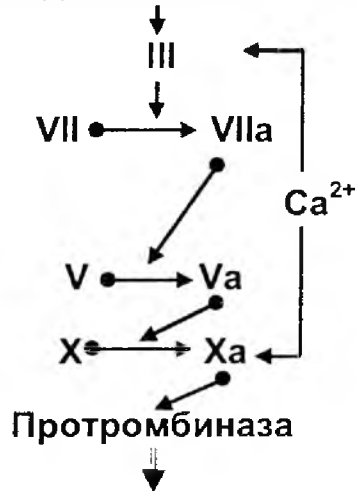
Свертывание крови – это цепной ферментативный процесс, в котором последовательно происходит активация факторов свертывания и образование их комплексов. Сущность свертывания крови заключается в переходе растворимого белка крови фибриногена в нерастворимый фибрин, в результате чего образуется прочный фибриновый тромб.

Процесс свертывания крови осуществляется в 3 последовательные фазы.

Первая фаза является самой сложной и продолжительной. Во время этой фазы происходит образование активного ферментативного комплекса – протромбиназы, являющейся активатором протромбина (рисунок 1.2).

I ФАЗА ВНЕШНИЙ ПУТЬ СВЕРТЫВАНИЯ КРОВИ

Повреждение клеток тканей



I ФАЗА ВНУТРЕННИЙ ПУТЬ СВЕРТЫВАНИЯ

Контакт крови с отрицательно заряженной поверхностью



Рисунок 1.2 – Первая фаза коагуляционного гомеостаза

В образовании этого комплекса принимают участие тканевые и кровяные факторы. В результате формируются тканевая и кровяная протромбиназы. Образование тканевой протромбиназы начинается с активации тканевого тромбопластина, образующегося при повреждении стенок сосудов и окружающих тканей. Вместе с VII фактором и ионами кальция он активирует X фактор. В результате взаимодействия

активированного X фактора с V фактором и с фосфолипидами ткани или плазмы образуется тканевая протромбиназа. Этот процесс длится 5–10 секунд.

Образование кровяной протромбиназы начинается с активации XII фактора при его контакте с волокнами коллагена поврежденных сосудов. В активации и действии XI фактора участвуют также высокомолекулярный кининоген (ф XV) и калликреин (ф XIV). Затем XII фактор активирует XI фактор, образуя с ним комплекс. Активный XI фактор совместно с IV фактором активирует IX фактор, который, в свою очередь, активирует VIII фактор. Затем происходит активация X фактора, который образует комплекс с V фактором и ионами кальция, чем и заканчивается образование кровяной протромбиназы. В этом также участвует тромбоцитарный фактор 3. Этот процесс длится 5–10 минут.

Вторая фаза. Во время этой фазы под влиянием протромбиназы происходит переход протромбина в активный фермент тромбин. В этом процессе принимают участие факторы IV, V, X (рисунок 1.3).

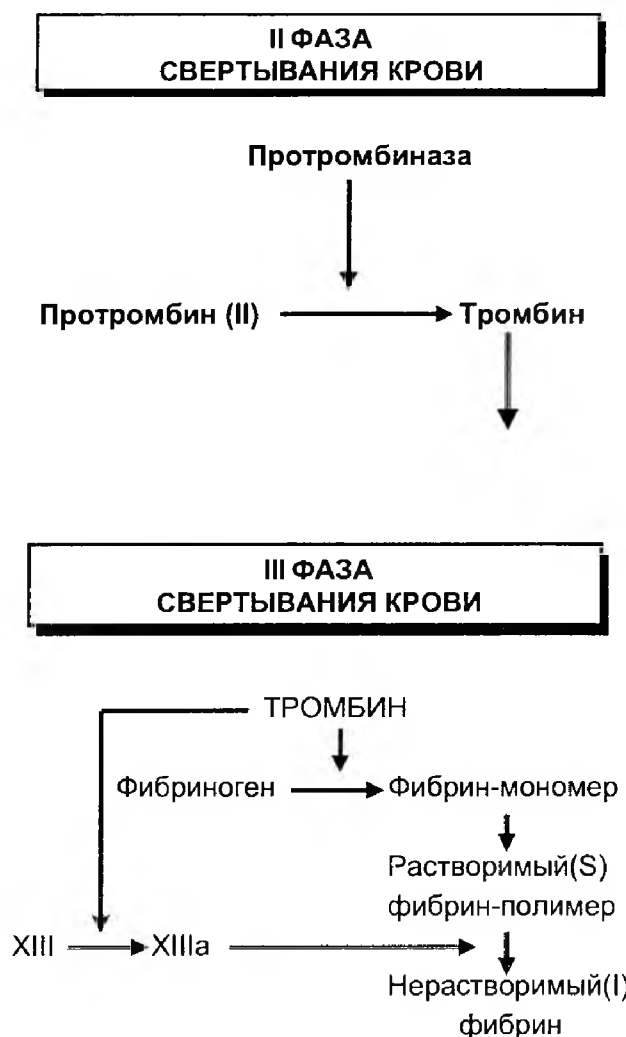


Рисунок 1.3 – Вторая и третья фазы коагуляционного гомеостаза

Третья фаза. В эту фазу растворимый белок крови фибриноген превращается в нерастворимый фибрин, образующий основу тромба. Вначале под влиянием тромбина происходит образование фибрин-мономера. Затем с участием ионов кальция образуется растворимый фибрин-полимер. Под влиянием фибринстабилизирующего фактора XIII происходит образование нерастворимого фибрин-полимера, устойчивого к фибринолизу. В фибриновых нитях оседают форменные элементы крови, в частности, эритроциты, и формируется кровяной сгусток, или тромб, который закупоривает рану (рисунок 1.3).

После образования сгустка начинается *процесс ретракции*, т. е. уплотнения и закрепления тромба в поврежденном сосуде. Это происходит с помощью сократительного белка тромбоцитов тромбостенина и ионов кальция. Через 2–3 часа сгусток сжимается до 25–50% от своего первоначального объема и идет отжатие сыворотки, т. е. плазмы, лишенной фибриногена. За счет ретракции тромб становится более плотным и стягивает края раны.

Фибринолиз

Фибринолиз – это процесс расщепления фибринового сгустка, в результате которого происходит восстановление просвета сосуда. Фибринолиз начинается одновременно с ретракцией сгустка, но идет медленнее. Это тоже ферментативный процесс, который осуществляется под влиянием *плазмина (фибринолизин)*. Плазмин находится в плазме крови в неактивном состоянии в виде пламиногена. Под влиянием кровяных и тканевых активаторов пламиногена происходит его активация. Высокоактивным тканевым активатором является урокиназа. Кровяные активаторы находятся в крови в неактивном состоянии и активируются адреналином, лизокиназами. Плазмин расщепляет фибрин на отдельные полипептидные цепи, в результате чего происходит лизис (растворение) фибринового сгустка (рисунок 1.4).

Если нет условий для фибринолиза, то возможна организация тромба, т. е. замещение его соединительной тканью. Иногда тромб может оторваться от места своего образования и вызвать закупорку сосуда в другом месте (эмболия).

У здоровых людей активация фибринолиза всегда происходит вторично в ответ на усиление гемокоагуляции. Под влиянием ингибиторов фибринолиз может тормозиться.

СИСТЕМА ФИБРИНОЛИЗА

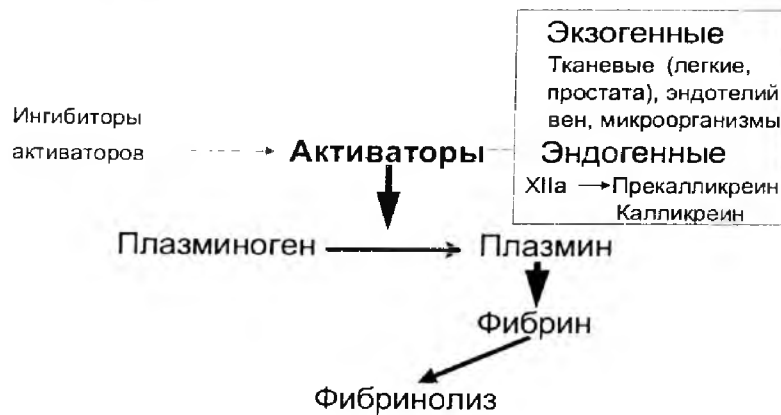


Рисунок 1.4 – Схема фибринолиза

Противосвертывающие механизмы

Наряду с веществами, способствующими свертыванию крови, в кровотоке находятся вещества, препятствующие гемокоагуляции. Они называются естественными *антикоагулянтами*. Одни антикоагулянты постоянно находятся в крови. Это первичные антикоагулянты. Вторичные антикоагулянты образуются в процессе свертывания крови и фибринолиза.

К первичным антикоагулянтам относят антитромбопластины, антитромбины, гепарин. Антитромбины связывают тромбин. Антитромбопластины обладают антитромбопластинным и анти-протромбиназным действием. Антитромбин III является плазменным кофактором гепарина. Без гепарина антитромбин III может лишь очень медленно инактивировать тромбин в крови. Гепарин, образуя комплекс с антитромбином III, переводит его в антитромбин, обладающий способностью молниеносно связывать тромбин в крови. Активированный антитромбин III блокирует активацию и превращение в активную форму факторов XII, XI, X, IX. Гепарин образуется в тучных клетках и базофильных лейкоцитах. Его особенно много в печени, легких, сердце и мышцах. Впервые был выделен из печени. Примером вторичных антикоагулянтов является антитромбин I, или фибрин, который адсорбирует и инактивирует тромбин. Продукты деградации фибрина нарушают полимеризацию фибрин-мономера, блокируют фибрин-мономер, угнетают агрегацию тромбоцитов.

К факторам, ускоряющим процесс свертывания крови, относятся:

- 1) тепло, так как свертывание крови является ферментативным процессом;
- 2) ионы кальция, так как они участвуют во всех фазах гемокоагуляции;
- 3) соприкосновение крови с шероховатой поверхностью (поражение сосудов атеросклерозом, сосудистые швы в хирургии);

4) механические воздействия (давление, раздробление тканей, встряхивание емкостей с кровью, так как это приводит к разрушению форменных элементов крови и выходу факторов, участвующих в свертывании крови).

К факторам, замедляющим и предотвращающим гемокоагуляцию, относятся:

- 1) понижение температуры;
- 2) цитрат и оксалат натрия (связывают ионы кальция);
- 3) гепарин (подавляет все фазы гемокоагуляции);
- 4) гладкая поверхность (гладкие швы при сшивании сосудов в хирургии, покрытие силиконом или парафинирование канюль и емкостей для донорской крови).

5 Группы крови

Учение о группах крови возникло в связи с проблемой переливания крови. В 1901 г. К. Ландштейнер обнаружил в эритроцитах людей *агглютиногены* А и В. В плазме крови находятся *агглютинины альфа* и *бетта* (гамма-глобулины). В зависимости от наличия или отсутствия в крови конкретного человека агглютиногенов и агглютининов различают 4 группы крови. Эта система получила название АВО. Группы крови в ней обозначаются цифрами и теми агглютиногенами, которые содержатся в эритроцитах данной группы. Групповые антигены – это наследственные врожденные свойства крови, не меняющиеся в течение всей жизни человека. Агглютининов в плазме крови новорожденных нет. Они образуются в течение первого года жизни ребенка под влиянием веществ, поступающих с пищей, а также вырабатываемых кишечной микрофлорой, к тем антигенам, которых нет в его собственных эритроцитах.

I группа (O) – в эритроцитах агглютиногенов нет, в плазме содержатся агглютинины α и β ;

II группа (A) – в эритроцитах содержится агглютиноген А, в плазме – агглютинин β ;

III группа (B) – в эритроцитах находится агглютиноген В, в плазме – агглютинин α ;

IV группа (AB) – в эритроцитах обнаруживаются агглютиногены А и В, в плазме агглютининов нет.

У жителей Центральной Европы I группа крови встречается в 33,5%, II группа – 37,5%, III группа – 21%, IV группа – 8%. У 90% коренных жителей Америки встречается I группа крови. Более 20% населения Центральной Азии имеют III группу крови.

Агглютинация происходит в том случае, если в крови человека

встречаются агглютиноген с одноименным агглютинином: агглютиноген А с агглютинином α или агглютиноген В с агглютинином β . При переливании несовместимой крови в результате агглютинации и последующего их гемолиза развивается гемотрансфузионный шок, который может привести к смерти. Поэтому было разработано правило переливания небольших количеств крови (200 мл), по которому учитывали наличие агглютиногенов в эритроцитах донора и агглютининов в плазме реципиента. Плазму донора во внимание не принимали, так как она сильно разбавлялась плазмой реципиента. Согласно данному правилу, кровь I группы можно переливать людям со всеми группами крови (I, II, III, IV), поэтому людей с первой группой крови называют универсальными донорами. Кровь II группы можно переливать людям со II и IV группами крови, кровь III группы – с III и IV. Кровь IV группы можно переливать только людям с этой же группой крови. В то же время людям с IV группой крови можно переливать любую кровь, поэтому их называют универсальными реципиентами. При необходимости переливания больших количеств крови этим правилом пользоваться нельзя.

В дальнейшем было установлено, что агглютиногены А и В существуют в разных вариантах, отличающихся по антигенной активности: A_1 , A_2 , A_3 и т. д., B_1 , B_2 и т. д. Активность убывает в порядке их нумерации. Наличие в крови людей агглютиногенов с низкой активностью может привести к ошибкам при определении группы крови, а значит, и переливанию несовместимой крови. Также было обнаружено, что у людей с I группой крови на мембране эритроцитов имеется антиген Н. Этот антиген встречается и у людей с II, III и IV группами крови, однако у них он проявляется в качестве скрытой детерминанты. У людей с II и IV группами крови часто встречаются анти-Н-антитела. Поэтому при переливании крови I группы людям с другими группами крови также могут развиваться гемотрансфузионные осложнения. В связи с этим в настоящее время пользуются правилом, по которому переливается только одногруппная кровь.

6 Система резус

К. Ландштейнером и А. Винером в 1940 г. в эритроцитах обезьяны макаки-резуса был обнаружен антиген, который они назвали *резус-фактором*. Этот антиген находится и в крови 85% людей белой расы. Кровь, содержащая резус-фактор, называется резус-положительной. Кровь, в которой резус-фактор отсутствует, называется резус-отрицательной. Резус-фактор передается по наследству. В настоящее время известно, что система резус включает много антигенов. Наиболее активными в антигеном отношении являются антиген D, затем следуют C, E. Они

и чаще встречаются. У аборигенов Австралии в эритроцитах не выявлен ни один антиген системы резус. Система резус, в отличие от системы АВО, не имеет в норме соответствующих агглютининов в плазме. Однако если кровь резус-положительного донора перелить резус-отрицательному реципиенту, то в организме последнего образуются специфические антитела по отношению к резус-фактору – анти резус-агглютинины. При повторном переливании резус-положительной крови этому же человеку у него произойдет агглютинация эритроцитов, т. е. возникает резус-конфликт, протекающий по типу гемотрансфузионного шока. Поэтому резус-отрицательным реципиентам можно переливать только резус-отрицательную кровь. Резус-конфликт также может возникнуть при беременности, если кровь матери резус-отрицательная, а кровь плода резус-положительная. Резус-агглютиногены, проникая в организм матери, могут вызвать выработку у нее антител. Однако значительное поступление эритроцитов плода в организм матери наблюдается только в период родовой деятельности. Поэтому первая беременность может закончиться благополучно. При последующих беременностях резус-положительным плодом антитела проникают через плацентарный барьер, повреждают ткани и эритроциты плода, вызывая выкидыш или тяжелую гемолитическую анемию у новорожденных. С целью иммунопрофилактики резус-отрицательной женщине сразу после родов или аборта вводят концентрированные анти-D-антитела. Кроме агглютиногенов системы АВО и резус-фактора в последние годы на мембране эритроцитов обнаружены и другие агглютиногены.

7 Кроветворение

Кровь – быстро обновляющаяся ткань. Большинство форменных элементов – высокодифференцированные клетки, не способные к делению и продолжительность их жизни весьма ограничена. Они замещаются за счет деления и специализации менее дифференцированных клеток. Этот процесс обеспечивает физиологическую регенерацию крови и называется *кроветворением* или *гемопоезом*. Он происходит в специальных кроветворных тканях (миелоидной и лимфоидной), из которых состоят органы кроветворения. У зародыша кроветворение начинается в стенке желточного мешка, позже эту функцию берут на себя печень, а затем селезенка, тимус и красный костный мозг. К моменту рождения *красный костный мозг* становится окончательным центральным органом кроветворения, где развиваются все форменные элементы крови. От греческого «myelos» и кроветворение в нем называют миелоидным, а его кроветворную ткань – миелоидной тканью.

Согласно *унитарной (монофилетической) теории кроветворения*, которая была впервые сформулирована профессором А. Максимовым почти сто лет назад, все форменные элементы крови развиваются из единой клетки-родоначальницы – *стволовой клетки крови (СКК)*.

Свои стволовые (исходные) клетки есть в каждой ткани. Они детерминируются очень рано, еще на стадии эмбриональных зачатков, но дальше не дифференцируются. Сохраняя всю жизнь способность к делению, они в то же время поддерживают свою численность на постоянном уровне. Это возможно, поскольку только часть дочерних клеток вступает на путь дифференцировки, постепенно превращаясь в зрелые, специализированные клетки. Всю совокупность клеток, начиная от стволовой до ее окончательно зрелых потомков, называют *стволовым диффероном*. Клетки дифферона, которые еще не завершили дифференцировку, называют *предшественниками*.

Свойства СКК:

1. Обладают способностью к самоподдержанию своей численности.
2. Редко делятся. Новые форменные элементы образуются за счет деления предшественников.
3. Служат источником всех видов форменных элементов крови. СКК – *плюрипотентная* клетка, т. е. обладает возможностью развития во все виды клеток данной ткани.
4. Из всех клеток дифферона они наиболее устойчивы к повреждающим воздействиям.

Гемопозз включает пролиферацию, дифференцировку и созревание клеток. Дифференцировкой называют процесс последовательных митозов, в ходе которого клетки приобретают специфические морфо-функциональные признаки. Созреванием называют процесс, когда клетка продолжает меняться, но уже не делится.

Кроветворные (гемопозетические) клетки классифицируют по степени зрелости на 6 классов.

I класс – *стволовые* (плюрипотентные) клетки.

II класс – *полустволовые* клетки (полипотентные, т. е. могут давать начало нескольким (но не всем) видам форменных элементов. Сюда относят КП лимфоцитопозза, служит предшественником лимфоцитов и КП миелопозза, из которой образуются все остальные клетки крови.

III класс – *унипотентные КП* – дают начало только одному виду форменных элементов.

Все эти три класса составлены клетками, которые внешне выглядят одинаково (как малый лимфоцит), – морфологически нераспознаваемыми предшественниками. Следующие классы будут состоять из морфологически распознаваемых предшественников.

IV класс – *бласты*, отличаются более крупными размерами. Для

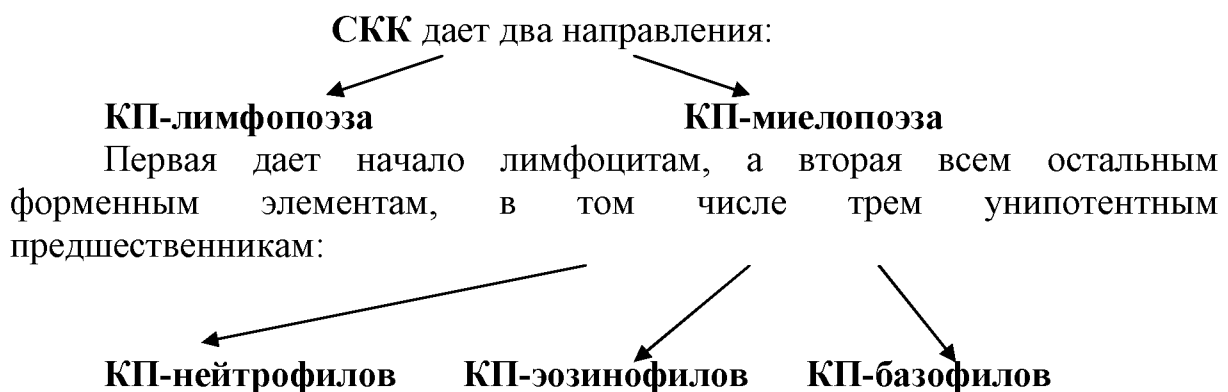
каждого форменного элемента – свой бласт (эритробласт, лимфобласт и т. д.), но внешне все они сходны – как большой лимфоцит.

V класс – *дифференцирующиеся предшественники*. Клетки претерпевают структурную и функциональную дифференцировку, благодаря чему каждая разновидность клеток распознается под микроскопом. Постепенно клетки утрачивают способность к делению и начинают называться созревающими предшественниками.

VI класс – *зрелые форменные элементы*, циркулирующие в кровотоке.

Гранулоцитопоз

Линия гемопоэтических клеток заканчивается зрелыми гранулоцитами.



Каждая из них образует соответствующие *миелобласты* (IV класс) – малодифференцированные базофильные клетки с крупным светлым ядром. V класс этой линии составляют *дифференцирующиеся КП* (промиелоциты, миелоциты) и *созревающие формы* (метамиелоциты, палочкоядерные гранулоциты).

В *промиелоцитах* ядро уплотняется, а в цитоплазме появляются неспецифические азурофильные гранулы, которые также называют первичными. Это лизосомы, которые содержат также и антимикробные вещества. *Миелоциты* – более мелкие клетки с плотным овальным ядром, которое расположено эксцентрично. Кроме первичных, появляются и вторичные гранулы, число которых растет. Содержимое этих гранул различно для трех типов гранулоцитов (придает им разную окраску и определяет разные функции), поэтому их называют еще и специфическими. Это активно пролиферирующие клетки, а последующие формы уже не способны к митозу. *Метамиелоциты* (*юные лейкоциты*) еще уменьшаются в размерах, а их ядра становятся бобовидной формы. Затем ядро приобретает форму изогнутой палочки (*палочкоядерный гранулоцит*). Эти клетки уже присутствуют в периферической крови в количестве 3–5%. Если их содержание

увеличено, это называют «сдвигом лейкоцитарной формулы влево», и обычно свидетельствует о бактериальной инфекции. На следующем этапе в ядре возникают перетяжки, разделяя его на 2–5 связанных сегментов. Это зрелые *сегментоядерные гранулоциты*. В процессе созревания уменьшается число органелл, возрастает содержание специфических гранул, перестраивается цитоскелет.

Гранулоцитопоз стимулируется группой цитокинов (гемопоезинов): интерлейкинами (ИЛ-3, ИЛ-4, ИЛ-5) и колониестимулирующими факторами.

Основные события гранулоцитопоза:

- 1) уменьшение размеров клеток;
- 2) постепенная утрата способности к делению;
- 3) изменение формы ядра и конденсация хроматина;
- 4) выработка и накопление гранул с постепенным преобладанием специфических гранул;
- 5) увеличивается подвижность клеток, что связано с перестройкой цитоскелета;
- 6) приобретение плазмеммой разнообразных рецепторов.

Это позволяет взаимодействовать с другими клетками и обеспечивает фагоцитоз, хемотаксис и пр.

Развитие нейтрофилов идет, в среднем, 13–14 суток, базофилов и эозинофилов – несколько быстрее. Жизненный цикл клеток обязательно включает также и выход из сосудистого русла в окружающие ткани, где они и осуществляют свои функции.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие функции выполняет кровь?
2. Какие форменные элементы входят в состав крови?
3. Что такое лейкоцитарная формула?
4. Охарактеризуйте сосудисто-тромбоцитарный механизм свертывания крови.
5. Охарактеризуйте коагуляционный механизм свертывания крови.

Тема 1 Общий анализ крови

Общий анализ крови включает в себя следующие показатели: количество форменных элементов крови, гемоглобина, цветной показатель, время свертывания крови, резус-фактор, группу крови, СОЭ.

Лабораторная работа № 1

Методика забора крови из краевой вены уха кролика

Для проведения ряда физиологических, биологических, иммунологических и других исследований нужна свежая кровь.

Цель работы: освоить методику забора крови из краевой вены уха кролика.

Материалы и оборудование: ножницы, вата, спирт, йод, стерильная инъекционная игла, гепарин или раствор цитрата натрия, кролик.

Ход работы

Кровь у кроликов берут в малых количествах из краевой ушной вены. Перед забором крови кролику дают попить немного воды. Наиболее подходящим местом для прокола является латеральный край уха. Здесь вена прочно фиксирована к окружающим тканям. Предварительно ножницами выстригают шерсть на месте прокола вены на ухе. Непосредственно перед взятием крови вызывают дополнительную артериальную гиперемия уха. Затем обрабатывают кожу на месте прокола путем протирания тампоном со спиртом. Пальцами зажимают тыльный конец вены и делают прокол, при этом срез иглы направляют кверху. Кровь собирают в пробирку в количестве 2–4 мл, но не более 70 мл за один раз. После данной манипуляции на место прокола положить ватный тампон со спиртом. Затем смазать ранку йодом, проследить, чтобы ранка после прокола была сухая.

Для предотвращения свертывания крови к ней добавляют стабилизаторы, т. е. антикоагулянты. С этой целью используют следующие антикоагулянты (на 10 мл крови):

1. 50 ЕД гепарина медицинского в растворе (в 1 мл раствора 5000 ЕД); 1–2 капли гепарина отмеривают тонкой иглой для внутрикожной туберкулинизации.
2. 3–4 капли 10%-го раствора трилона Б (двунариевая соль ЭДТА – этилендиаминтетрауксусной кислоты).
3. 30 мг натрия цитрата или 0,3 мл 10%-го раствора.
4. 15 мг натрия (калия) оксалата или 0,15 мл 10%-го раствора.
5. 0,3–0,5 мл 10%-го раствора натрия хлорида.

Чтобы кровь хорошо перемешалась с антикоагулянтом, пробирку закрывают пробкой, 10–15 раз легко переворачивают, не взбалтывая.

Стабилизированную кровь хранят в холодильнике при температуре +4° С. Для подсчета форменных элементов кровь пригодна в течение 72 часов, для приготовления мазков – не более 24 часов.

Инъекционную стерильную иглу перед проколом также обрабатывают гепарином или раствором цитрата натрия.

Задание: изучив методику, произвести забор крови из краевой вены уха у кролика. Методику забора крови записать в тетрадь.

Лабораторная работа № 2 **Получение сыворотки крови**

Сыворотка крови широко применяется для выполнения ряда физиологических, биохимических и др. исследований. Сыворотка крови – это плазма, лишенная белка фибриногена.

Цель работы: освоить методику получения сыворотки крови.

Материалы и оборудование: цельная кровь, пробирки, пастеровские пипетки, центрифуга, эфир, вата, йод, стерильная инъекционная игла, кролик.

Ход работы

Свежую кровь необходимо собрать в пробирку, поместить ее в теплое место на 10–15 мин до свертывания. Затем произвести «обведение» пипеткой между стенкой пробирки и краем поверхностной пленки крови, т. о. происходит отслоение образующихся сгустков от стенки пробирки. Пробирку с кровью центрифугируют 20 мин при 1000 об/мин. После окончания центрифугирования произвести визуальный осмотр пробирки и описать содержимое. Сыворотка при этом имеет светло-желтый цвет, расположена в верхней части пробирки. Сыворотку осторожно отделить.

Задание: объяснить отличие сыворотки от цельной крови и плазмы.

Лабораторная работа № 3 **Препарат свежей крови под микроскопом**

Цель работы: изучить под микроскопом свежий препарат крови.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, вата, спирт, эфир, йод, стерильная инъекционная игла, капля свежей крови, антикоагулянт.

Ход работы

Берем каплю свежей крови обычным методом, помещаем ее на предметное стекло, накрываем покровным и под микроскопом выбираем более тонкий слой, чтобы лучше рассмотреть эритроциты, которые располагаются в виде монетных столбиков.

Задание: сделайте рисунок расположения красных кровяных телец в капле свежей крови.

Лабораторная работа № 4

Получение плазмы, дефибринированной крови и фибрина

Кровь состоит из жидкой части – плазмы и находящихся в ней во взвешенном состоянии форменных элементов – эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. В кровеносных сосудах и депо кровь не свертывается, так как имеются свертывающая и антисвертывающая системы. При получении плазмы кровь необходимо предохранять от свертывания добавлением специальных веществ – антикоагулянтов (гепарин, щавелевокислый аммоний, лимоннокислый натрий и др.). При длительном стоянии или центрифугировании такая кровь расслаивается на верхний прозрачный слой (плазму) и нижний (форменные элементы).

Если кровь взять в пробирку без добавления антикоагулянтов, то через некоторое время происходит ее свертывание – образование сгустка из фибрина и форменных элементов и прозрачной жидкости – сыворотки. Когда из крови механическим путем удаляется фибрин, то получается дефибринированная кровь, которая не свертывается.

Фибриноген – это белок, принимающий участие в процессе свертывания крови.

Цель работы:

1. Изучить соотношение и взаимосвязь составных частей крови.
2. Научиться получать плазму, дефибринированную кровь, фибрин.
3. Определить содержание фибрина в крови.

Материалы и оборудование: пробирки химические, колбы, стеклянные шарики, цитрат натрия, вата, спирт, йод, эфир, стерильная инъекционная игла, центрифуга, кролик.

Ход работы

Получение плазмы

Кровь с целью предотвращения свертывания смешивают с цитратом натрия (5 мл свежей крови с 0,2 мл раствора цитрата натрия). Затем кровь помещают в центрифугу и при 3000 об/мин в течение 10 мин отделяют плазму от форменных элементов. После центрифугирования в пробирке четко разделяется 2 слоя: верхний, соломенного цвета слой – плазма, нижний, темно-красный слой – форменные элементы.

Окрашивание плазмы в розовый цвет свидетельствует о частичном гемолизе эритроцитов и содержании в плазме гемоглобина.

Дефибринированная кровь

Дефибринированная кровь: это кровь, содержащая все составные компоненты, кроме белка фибрина.

Для получения такой крови необходимо в колбочку, содержащую 5–10 мл свежей крови, положить несколько стеклянных шариков и в течение 10–15 мин перемешивать кровь путем вращательных движений. При этом фибриноген оседает в виде нитей на стеклянных шариках. Содержимое колбы фильтруют через два слоя марли. Полученный фильтрат будет содержать сыворотку и форменные элементы – такая кровь называется дефибринированной.

Получение фибрина

Фибрин получают из предыдущей работы: его отмывают дистиллированной водой от стеклянных шариков.

Определение содержания фибрина в крови

Для определения содержания фибрина в крови необходимо взять в пробирку 1 мл цитратной плазмы (1 мл 3,8%-го раствора лимоннокислого натрия и 9 мл крови), добавить 0,4 мл 5%-го раствора CaCl_2 и перемешать, вращая пробирку между ладонями в течение 2 мин. Образовавшийся сгусток фибрина намотать на стеклянную палочку, промыть струей дистиллированной воды и поместить на беззольный фильтр. Высушить при комнатной температуре в течение 5–7 ч до воздушно-сухого состояния и взвесить на торсионных весах. В норме в 1 мл цитратной крови содержится 6–9 мг фибрина. Для определения количества фибриногена в 1 л крови полученную величину умножают на коэффициент 222.

Задание: проанализировать разницу между плазмой, сывороткой и дефибринированной кровью. Рассчитать содержание фибрина в исследованной пробе крови. Сравнить полученные данные с нормальным содержанием фибрина в 1 мл крови.

Вопросы:

1. Как получить плазму, сыворотку крови и фибрин?
2. Назовите широко применяемые антикоагулянты и объясните механизм их влияния на кровь.
3. В чем отличие плазмы от сыворотки крови?
4. Что происходит при пониженном содержании фибриногена в крови?

Лабораторная работа № 5

Определение объемного соотношения плазмы и форменных элементов (гематокрита)

В некоторых случаях в организме человека наблюдается физиологическое или патологическое обезвоживание (сгущение крови) или, наоборот, разжижение крови. В обоих случаях в единице объема крови соответственно увеличивается или уменьшается содержание форменных элементов. В нормальной крови плазма составляет 55–65% от общего объема крови, а форменные элементы – 35–45%. Это соотношение меняется в зависимости от функционального состояния и при некоторых заболеваниях. Показатель гематокрита используется при вычислении ряда важных характеристик крови: среднего объема эритроцитов, среднечелочной концентрации гемоглобина и др. Гематокрит – это объемное соотношение плазмы крови к форменным элементам, выраженное в процентах.

Цель работы: освоить методику определения гематокрита при помощи центрифугирования.

Материалы и оборудование: центрифуга, полиэтиленовая трубочка, стерильная инъекционная игла, шприц, ножницы, спирт, йод, эфир, вата, кристаллы цитрата Na.

Ход работы

Кровь забирают у кролика способом, описанным выше в работе № 1. В выступившую каплю крови вносят пинцетом два-три кристаллика цитрата Na. Кровь набирают в шприц. Затем кровью заполняют капилляр (полиэтиленовая трубочка) без пузырьков воздуха. Края капилляра запломбировывают пластилином. Помещают капилляр в центрифужную пробирку таким образом, чтобы концы его были обращены кверху. Капилляр помещают в центрифугу, закрывают крышку и начинают центрифугирование со скоростью 3000 об/мин в течение 3–5 мин, после чего капилляр извлекают из пробирки пинцетом.

Обратите внимание на распределение плазмы и форменных элементов в капилляре и объясните.

Для вычисления гематокритного числа необходимо измерить линейкой общую наполняемость капилляра кровью, а также измерить столбик плазмы и форменных элементов и высчитать процентное соотношение плазмы крови и форменных элементов.

Задание: рассчитать процентное соотношение плазмы и форменных элементов в исследованной пробе крови. При обсуждении результатов сравнить полученные данные с нормальным соотношением объемов плазмы и форменных элементов.

Лабораторная работа № 6

Определение относительной плотности крови

Цель работы: освоить методику определения плотности крови.

Материалы и оборудование: пипетки, пробирки, растворы хлороформа в бензоле с плотностью 1,060; 1,050; 1,040; 1,030, вата, эфир, йод, стерильная инъекционная игла, свежая кровь.

Ход работы

В четыре пробирки вносим по 5–6 мл раствора хлороформа в бензоле с относительной плотностью 1,060; 1,050; 1,040; 1,030. Затем пипеткой вносим в каждую пробирку по капле свежей крови в средний слой раствора. Ведем наблюдение за перемещением капли крови в растворе (вверх, вниз, без движения). Плотность крови будет соответствовать относительной плотности того раствора, в котором капля крови оставалась без движения.

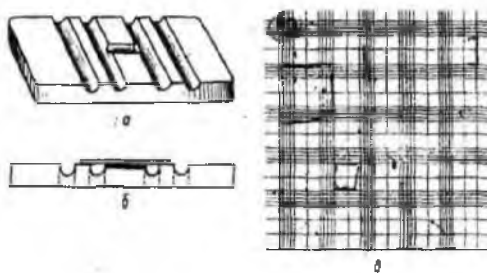
Задание: результаты, полученные в ходе опыта, сравнить с нормой.

Лабораторная работа № 7

Подсчет форменных элементов крови

Для подсчета форменных элементов кровь разбавляют в специальных смесителях, чтобы создать нужную концентрацию клеток, удобную для подсчета. Разбавленной кровью заполняют специальную счетную камеру и подсчитывают под микроскопом число форменных элементов. Зная объем камеры и разбавление крови, вычисляют число кровяных телец в 1 мм цельной крови.

Для подсчета форменных элементов используют камеру Горяева. Счетная камера Горяева представляет собой толстое предметное стекло, в средней части которого находятся четыре желоба. Между ними имеются три узкие площадки. Средняя площадка ниже боковых на 0,1 мм и разделена пополам поперечным желобком (рисунок 1.5).



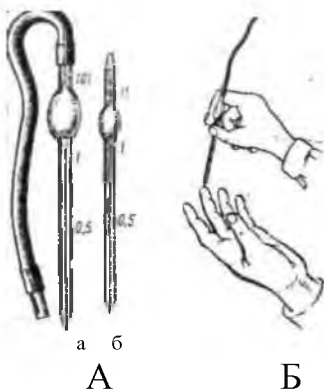
а – вид сверху, б – вид сбоку, в – сетка Горяева

Рисунок 1.5 – Счетная камера Горяева

По обе стороны от этого желобка расположены сетки, нанесенные на стекло. Сетка Горяева состоит из 225 больших квадратов, в их число входят квадраты, разделенные дополнительно на 16 маленьких квадратиков. Таких больших квадратов, содержащих по 16 маленьких, в камере – 25. Единицей отсчета является маленький квадрат. Его сторона равна $1/20$ мм, площадь – $1/20 \times 1/20 = 1/400$ мм². Объем крови, помещающийся над маленьким квадратом, равен $1/400$ мм² x $1/10$ мм = $1/4000$ мм³ ($1/10$ мм – высота слоя крови).

Когда в меланжер для эритроцитов набирают кровь до метки 0,5 и раствор, которым разбавляют кровь, до метки 101, то кровь разбавляется в 200 раз. Если в меланжер для подсчета лейкоцитов набрать кровь до метки 0,5, а раствор – до 11, то кровь разбавляется в 20 раз (рисунок 1.6).

Для подсчета эритроцитов в качестве разбавляющего раствора применяют 3%-ный раствор NaCl. Эритроциты в нем сморщиваются и становятся заметнее для подсчета.



а – меланжер для подсчета эритроцитов, б – то же, для лейкоцитов

Рисунок 1.6 – Меланжеры для подсчета форменных элементов крови (А) и взятие крови в меланжер (Б)

Для подсчета лейкоцитов необходимо разбавлять кровь 5%-ным раствором СН₃СООН. В этих условиях эритроциты разрушаются, и в поле зрения остаются только лейкоциты (точнее, их ядра). Уксусную кислоту подкрашивают метиленовым синим, при этом ядра лейкоцитов становятся видны отчетливее.

Подсчет эритроцитов

В норме в 1 мм³ крови содержится 4,5–5 млн. эритроцитов.

Цель работы: освоить методику подсчета эритроцитов в крови.

Материалы и оборудование: микроскоп, камера Горяева, смеситель для подсчета эритроцитов, стерильный скарификатор, чашка для разбавления раствора, фильтровальная бумага, 3%-ный раствор NaCl, вата, спирт, йод, эфир. Объект исследования – кровь.

Ход работы

Камеру помещают под микроскоп и рассматривают сетку вначале при малом, а затем при большом увеличении. Накрывают камеру покровным стеклом, притирая его края к стеклу камеры до появления радужных колец (в перчатках). Оставив камеру под микроскопом, заполняют смеситель для эритроцитов, держа его вертикально набирают кровь до метки 0,5, следя, чтобы в капилляр не попали пузырьки воздуха. Обтирают конец капилляра фильтровальной бумагой и быстро, пока кровь не свернулась, переносят его в чашку с раствором, продолжая держать смеситель вертикально. Насасывают раствор до метки 101, т. е. разводят кровь в 200 раз, после чего смеситель переводят в горизонтальное положение и кладут на стол. Для подсчета эритроцитов берут заполненный смеситель, зажимая нижний конец пальцем, снимают резиновую трубку и, зажав оба конца смесителя третьим и первым пальцами, в течение минуты перемешивают кровь. Выдувают из смесителя на вату 3 капли, а 4-ю наносят на среднюю площадку камеры у края покровного стекла. Капиллярными силами капля сама втягивается под покровное стекло и заполняет камеру. Излишек раствора крови стекает в желобок. Если на сетку попал воздух или на боковых площадках оказался излишек раствора, камеру следует промыть дистиллированной водой, насухо вытереть марлей и заполнить снова. Заполненную камеру ставят под микроскоп и, если форменные элементы расположены равномерно (что является показателем хорошего перемешивания крови), приступают к подсчету. При подсчете форменных элементов лучше использовать окуляр х 15. Для того чтобы получить наиболее точные данные, необходимо подсчитать число эритроцитов в 5 больших квадратах, расположенных в различных местах сетки, например, по диагонали. Рекомендуются на листе бумаги нарисовать 5 больших квадратов, разделив каждый из них на 16 маленьких, в каждый маленький квадрат вписывают найденное число эритроцитов. Во избежание двукратного подсчета клеток, лежащих на границе между малыми квадратами, пользуются следующим правилом: «Относящимися к данному квадрату считаются эритроциты, лежащие как внутри квадрата, так и на его левой и верхней границе; эритроциты, лежащие на правой и нижней границе, в данном квадрате не считаются». Подсчитав, таким образом, сумму эритроцитов в 5 больших квадратах (что составляет 80 маленьких), находят среднее арифметическое число эритроцитов в одном маленьком квадрате. Зная, что объем пространства камеры над одним маленьким квадратом равен $1/4000 \text{ мм}^3$ разведенной крови, умножают найденное число на 4000. Получают число эритроцитов в 1 мм^3 разведенной крови. Умножив на величину разведения (200), получают количество эритроцитов в 1 мм^3 цельной крови. Таким образом, формула для вычисления количества эритроцитов следующая:

$$x = (\Sigma x 4000 \times 200) / 80, \quad (1.1)$$

где x – искомое число эритроцитов в 1 мм цельной крови;
 Σ – сумма эритроцитов в 80 маленьких квадратах;
4000 – множитель для получения содержания эритроцитов в 1 мм³ крови;
200 – степень разведения крови;
80 – число маленьких квадратиков в 5 больших квадратах.

Задание:

1. Запишите, сколько эритроцитов содержится в 1 мм³ исследованной крови.
2. Сравните полученные данные с нормой.

Подсчет лейкоцитов

Лейкоциты – белые кровяные тельца. Основная их функция – защитная (фагоцитоз, а также выработка антител). В норме в 1 мм крови содержится 4000–9000 лейкоцитов.

Цель работы: освоить методику подсчета лейкоцитов в крови.

Материалы и оборудование: микроскоп, счетная камера Горяева, смеситель для подсчета лейкоцитов, стерильный скарификатор, чашка для разбавляющего раствора, фильтровальная бумага, 5%-ный раствор CH_3COOH , подкрашенный метиленовым синим, вата, спирт, йод, эфир. Объект исследования – кровь.

Ход работы

Последовательность процедур та же, что и при подсчете эритроцитов. Набирают кровь в меланжер для подсчета лейкоцитов до метки 0,5 и 5% уксусную кислоту до метки 11. Перемешивают кровь в смесителе встряхиванием, затем заполняют счетную камеру, соблюдая те же предосторожности, что и при подсчете эритроцитов. Лейкоциты считают в 25 больших квадратах, что составляет 400 малых. Формула для вычисления количества лейкоцитов:

$$x = (L \times 4000 \times 20) / 400, \quad (1.2)$$

где x – искомое число лейкоцитов в 1 мм³ цельной крови;
 L – сумма лейкоцитов в 400 маленьких квадратах.
4000 – множитель для получения содержания эритроцитов в 1 мм³ крови;
20 – степень разведения крови;
400 – число маленьких квадратиков в 25 больших квадратах.

Задание:

1. Запишите, сколько лейкоцитов содержится в 1 мм^3 исследованной крови.
2. Сравните полученные результаты с нормой.

Лабораторная работа № 8

Определение содержания гемоглобина в крови по методу Сали

Гемоглобин – сложный белок, хромопротеид – содержится в эритроцитах. Функция гемоглобина – перенос кислорода от легких к тканям и отчасти перенос CO_2 в обратном направлении. Определение содержания гемоглобина обязательно проводится в ходе анализа крови. В крови содержится в среднем 14 г % гемоглобина (у женщин – 12,1–13,8 г %, у мужчин – 13,3–15,6 г %).

Определение гемоглобина производят визуальным способом, основанном на следующем принципе: если исследуемый раствор путем разбавления довести до окраски, одинаковой со стандартным раствором, то концентрация растворенных веществ обоих растворов будет одинакова, а количества веществ будут соотноситься как их объемы. Зная количество веществ в стандартном растворе (16,7 г %, что принято за 100 % гемоглобина), легко вычислить его содержание в исследуемом растворе в относительных процентах.

Цель работы: освоить методику и определить количество гемоглобина в исследуемой крови.

Материалы и оборудование: гемометр Сали, стерильный скарификатор, 0,1 Н раствор HCl , фильтровальная бумага, вата, спирт, эфир, йод, дистиллированная вода. Объект исследования – кровь.

Гемометр Сали (рисунок 1.7) представляет собой штатив, задняя стенка которого сделана из матового стекла. В штатив вставлены три пробирки одинакового диаметра. Две крайние *a* сверху запаяны и содержат раствор солянокислого гематина, средняя *b* градуирована и открыта. Она предназначена для исследуемой крови. В комплект к гемометру прилагаются капилляр (с меткой 20 мм^3), стеклянная палочка и пипетка.

Рисунок 1.7 – Гемометр Сали и капилляр

Ход работы

В среднюю пробирку гемометра наливают 0,1N раствор HCl до нижней кольцевой метки. Затем набирают кровь в капилляр до метки, удаляя излишек путем прикладывания фильтровальной бумаги к кончику капилляра. Выдувают кровь на дно средней пробирки так, чтобы верхний слой соляной кислоты оставался неокрашенным. Не вынимая пипетки, ополаскивают ее соляной кислотой из верхнего слоя. После этого содержимое пробирки перемешивают, ударяя пальцем по ее дну, и оставляют стоять 5–10 мин. Это время необходимо для полного превращения гемоглобина в солянокислый гематин. Затем к раствору прибавляют по каплям дистиллированную воду до тех пор, пока цвет полученного раствора не будет одинаков с цветом стандартного (добавляя воду, раствор перемешивают стеклянной палочкой).

Цифра, стоящая на уровне нижнего мениска полученного раствора, показывает содержание гемоглобина в исследуемой крови в грамм-процентах. Перевод полученных данных в единицы СИ (в г/л) производят путем умножения измеренного количества гемоглобина в г/% на 10. Можно вычислить относительное содержание гемоглобина в исследуемой крови следующим образом.

Допустим, в крови 14 г% гемоглобина,

тогда: $16,7 - 100\%$

$14,0 - x$

$$x = (100 * 14,0) / 16,7 = 84\%.$$

x – относительное содержание гемоглобина.

Задание:

1. Запишите, какое содержание гемоглобина в исследуемой крови.
2. Сравните полученную цифру с нормой.

Лабораторная работа № 9

Вычисление цветного показателя крови

При некоторых заболеваниях крови человека нарушается соотношение между содержанием гемоглобина и количеством эритроцитов. Насыщенность эритроцитов гемоглобином изменяется. Для того чтобы судить, нормально ли насыщен гемоглобином каждый эритроцит, используют условную величину – так называемый цветной показатель крови (ЦП).

Цель работы: освоить методику и определить цветной показатель исследуемой крови.

Ход работы

Для вычисления цветного показателя количество гемоглобина в крови, выраженное в относительных процентах (по отношению к стандарту, принимаемому за 100%), делят на три первые цифры числа эритроцитов и полученное значение умножают на 5.

Такой способ вычисления рассчитан на то, что в идеальных условиях (при содержании гемоглобина = 100% и эритроцитов – 5 млн в 1 мм³ крови) цветной показатель соответственно равен $(100 : 500) \times 5 = 1$.

Если цветной показатель меньше единицы, то такое явление называется гипохромазией, больше единицы – гиперхромазией.

Для расчета величины цветного показателя крови ЦП необходимо использовать цифры, полученные в предшествующих работах: процентное содержание гемоглобина в крови и количество эритроцитов Э в 1 мм³ крови, из которого используют первые три цифры. Данные, проставляют в формулу $ЦП = (Г \times 5) : Э$.

Задание: дайте оценку полученного цветного показателя по сравнению с нормой.

Лабораторная работа № 10

Изучение различных видов гемолиза

Гемолизом называется разрушение эритроцитов с выходом гемоглобина в плазму крови. Гемолизированная кровь прозрачна и называется «лаковой». Под микроскопом в ней не видно эритроцитов, так как они разрушены. Не выполняя своей основной дыхательной функции, гемолизированная кровь оказывает вредное воздействие на организм.

Цель работы: изучить различные виды гемолиза.

Материалы и оборудование: штатив с пятью пробирками, пипетки, физиологический раствор, дистиллированная вода, 0,1%-ный раствор HCl, 5%-ный раствор аммиака, 5 мл нитратной крови любого животного (в пробирке).

Ход работы

В штатив ставят 4 пробирки, в каждую из которых наливают по 3 мл соответственно физиологического раствора, дистиллированной воды, 0,1%-ного раствора HCl и 5%-ного раствора аммиака; в 5-й пробирке – цитратная кровь. Во все 4 пробирки вносят пипеткой по 2 капли крови из 5-й пробирки. Оставшуюся в 5-й пробирке кровь помещают на 1 ч в морозильную камеру холодильника. Затем пробирку вынимают и оттаивают в стакане с горячей водой. Рассматривая содержимое всех 5 пробирок, сравнивают результаты.

Задание:

1. Определите наличие или отсутствие гемолиза в 1, 2, 3, 4 и 5-й пробирках.
2. Опишите механизм гемолиза в каждой пробирке.

Лабораторная работа № 11

Изучение осмотической резистентности эритроцитов

Под осмотической резистентностью подразумевают способность эритроцита противостоять понижающемуся осмотическому давлению. При различных заболеваниях крови резистентность эритроцитов может меняться, поэтому определение ее границ имеет диагностическое значение в клинике.

Цель работы: изучить осмотическую резистентность эритроцитов.

Материалы и оборудование: штатив с 18-ю пробирками, растворы NaCl убывающей концентрации (0,9%-ный, 0,85, 0,8 и т. д. до 0,1%-ного), пробирка с цитратной кровью любого животного, взятой не более чем за 3 ч до опыта, 2 пипетки.

Ход работы

Пробирки последовательно нумеруют и ставят в штатив. Пипеткой наливают в каждую пробирку по 3 мл раствора NaCl в таком порядке: в 1-ю пробирку – 0,9%-ный раствор, во 2-ю – 0,85%-ный раствор, в 3-ю – 0,8%-ный и т. д. до 0,1%-ного раствора.

Затем с помощью пипетки в каждую из пробирок добавляют по 2 капли цитратной крови. Через 5 мин смотрят результаты – наличие или отсутствие гемолиза.

Задание:

1. Запишите, в какой из пробирок и при какой концентрации раствора NaCl отмечаются первые признаки гемолиза.
2. Отметьте, при какой концентрации кровь полностью гемолизирована (стала «лаковой»).
3. Определите верхнюю и нижнюю границы резистентности эритроцитов и сравните данные с нормой.

Лабораторная работа № 12 Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

Стабилизированная цитратом Na кровь при отстаивании разделяется на верхний, светлый слой плазмы и нижний красный слой форменных элементов, среди которых значительно преобладают эритроциты. Оседание эритроцитов связано с изменением их электростатических свойств, и скорость оседания в основном зависит от свойств плазмы. При изменениях состава или электрического заряда белков плазмы СОЭ может возрастать. В норме СОЭ у мужчин – 7–9 мм/ч, у женщин – 7–12 мм/ч.

Цель работы: определить скорость оседания эритроцитов в исследуемой крови.

Материалы и оборудование: прибор Панченкова, стерильный скарификатор, часовое стекло, 5%-ный раствор цитрата Na, вата, спирт, йод. Объект исследования – кровь.

Ход работы

Капилляром из прибора Панченкова (рисунок 1.8) набирают 5%-ный раствор цитрата Na до метки 50 (P) и выпускают раствор на часовое стекло.

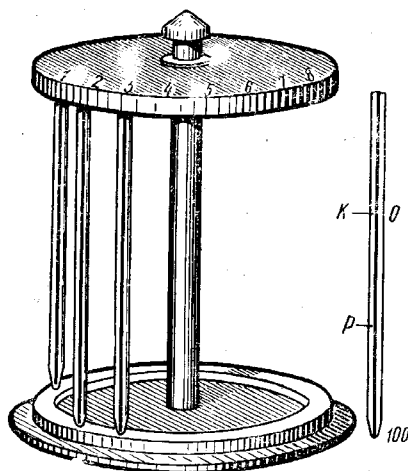


Рисунок 1.8 – Прибор Панченкова с часовым стеклом

Погружают в каплю свежей крови кончик капилляра и, наклоня капилляр, набирают в него (без пузырьков) кровь до метки О (К). Затем содержимое выпускают в раствор цитрата Na на часовое стекло. Тотчас второй раз набирают кровь до метки О (К) и эту порцию тоже выпускают на часовое стекло. Быстро перемешивают кровь на часовом стекле. Наклоня капилляр, набирают в него смесь до метки О (К) и закрывают пальцем верхний конец капилляра, чтобы раствор крови не вытек. Упирают нижний конец капилляра в нижнее резиновое кольцо прибора Панченкова и затем вставляют верхний конец в резиновое кольцо сверху. Отмечают время и ровно через 1 ч смотрят, какова высота столбика прозрачной плазмы, т. е., на сколько миллиметров за 1 ч осели эритроциты.

Задание:

1. Напишите, чему равна СОЭ в мм за 1ч.
2. Сравните полученные результаты с нормой.

Лабораторная работа № 13 **Определение группы крови**

В эритроцитах крови человека содержатся специфические антигены, называемые агглютиногенами. Различают агглютиногены А и В. В плазме находятся антитела называемые агглютинидами α и β . В крови одного человека никогда не сочетаются А и α или В и β , так называемые «одноименные» тела. Сочетание одноименных тел может наблюдаться лишь при переливании крови. Поэтому могут возникнуть опасные осложнения вследствие реакции агглютинации крови (склеивание эритроцитов одноименными агглютинидами плазмы). Для предотвращения несовместимых сочетаний при переливании необходимо предварительно определить группу крови.

Цель работы: освоить методику и определить группу исследуемой донорской крови.

Материалы и оборудование: три стеклянные палочки, три пипетки, стандартные сыворотки групп I, II, III; кафельная белая плитка, вата, спирт, эфир, йод. Объект исследования – донорская кровь.

Ход работы

Группы крови определяют по свойствам эритроцитов, устанавливаемым с помощью стандартных сывороткой, содержащих известные агглютинины.

На кафельную плитку наносят, не смешивая, по одной капле стандартных сыворонок I, II, III групп, содержащих соответственно агглютинины: I – α , β , II – β и III – α . Небольшое количество донорской

крови стеклянной палочкой переносят в каплю сыворотки I группы, второй стеклянной палочкой такое же количество крови переносят в сыворотку II группы. При помощи третьей стеклянной палочки третью каплю исследуемой крови переносят в сыворотку III группы. Каждый раз кровь тщательно размешивают в капле сыворотки, пока смесь не станет равномерно розового цвета. Реакция агглютинации наступает через 1–5 мин. При наличии агглютинации капля становится прозрачной, а эритроциты склеиваются в виде комочков. Группа крови устанавливается в зависимости от наличия или отсутствия агглютинации.

1. Если агглютинации нет во всех трех каплях, это свидетельствует об отсутствии агглютиногенов в эритроцитах исследуемой крови и, следовательно, она принадлежит I (0) группе.

2. Если агглютинация произошла с сыворотками I и III групп, содержащими соответственно агглютинины α , β и α , то эритроциты исследуемой крови содержат агглютиногены A и эта кровь принадлежит ко II (A) группе.

3. Если агглютинация произошла с сыворотками I и II групп, содержащими агглютинины α , β и β , то эритроциты исследуемой крови содержат агглютиноген B, и она принадлежит к III (B) группе.

4. Если агглютинация произошла с сыворотками I, II, III, групп, содержащими соответственно агглютинины α , β , β и α , то эритроциты исследуемой крови содержат как агглютиноген A, так и агглютиноген B. Следовательно, исследуемая кровь принадлежит к IV (AB) группе.

Задание:

1. Запишите, к какой группе крови принадлежит кровь.
2. Определите:
 - 1) реципиентам с какими группами крови можно переливать эту кровь;
 - 2) кровь какой группы можно переливать к ней.

Лабораторная работа № 14 **Определение резус-фактора (Rh-фактора)**

В эритроцитах, кроме агглютиногенов A и B, может содержаться агглютиноген резус-фактор. Кровь, в которой имеется Rh-фактор, называется резус-положительной. В крови людей не бывает готовых антител по отношению к Rh-фактору. Они вырабатываются лишь при введении Rh-отрицательным реципиентам Rh-положительной крови. Rh-антитела сохраняются в организме, и поэтому при повторном введении Rh-положительной крови возникает реакция агглютинации, сопровождаемая развитием патологического состояния. К Rh-положительным относится

85% людей. Определение Rh-фактора так же необходимо, как и определение группы крови людей.

Наиболее удобным способом определения Rh-фактора является методика с использованием специфической антирезусной сыворотки.

Цель работы: освоить методику и определить Rh-фактор донорской крови.

Материалы и оборудование: белая кафельная плитка, стеклянная палочка и пипетка, антирезусная сыворотка, пипетки, вата, спирт, йод. Объект исследования – донорская кровь.

Ход работы

На кафельную плитку пипеткой наносят каплю антирезусной сыворотки. Стеклянной палочкой вносят в нее каплю донорской крови. Через 5 мин наблюдают результат. Если агглютинация произошла, то исследуемая кровь Rh-положительная.

Задание: на основании результата эксперимента сделайте вывод о том, является данная кровь Rh-положительной или Rh-отрицательной.

Лабораторная работа № 15

Определение скорости свертывания крови (по Альтгаузену)

Нормальные показатели свертывания крови у человека составляют 5–6 мин в условиях комнатной температуры (18–20° С). Существует ряд методов определения свертывания крови. Наиболее широко распространенным является метод Альтгаузеуна.

Цель работы: освоить данную методику определения времени свертывания крови.

Материалы и оборудование: секундомер, спирт, йод, вата, эфир, стерильная инъекционная игла, предметное стекло, кролик.

Ход работы

Перед началом работы традиционным способом у кролика забирают до 2 мл крови. Затем согревают предметное стекло в ладони при температуре тела человека. Наносим на него 2–3 капли свежей крови (включаем секундомер), через каждые полминуты проводят через кровь острым концом инъекционной иглы, пока за иглой не потянется первая нить фибрина (при этом фиксируют время на секундомере т. к. это начало процесса свертывания крови). Предметное стекло при этом все время держать на ладони.

Задание: полученный результат сравнить с нормой.

РАЗДЕЛ 2 ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

1. Общая характеристика кровеносной системы, строение сосудов.
2. Строение сердца.
3. Кровоснабжение тела человека.
4. Функции сосудистой системы.

1 Общая характеристика кровеносной системы, строение сосудов

Жизнедеятельность организма возможна лишь при условии:

- 1) доставки каждой клетке питательных веществ,
- 2) кислорода,
- 3) воды,
- 4) удаления выделяемых клеткой продуктов обмена веществ.

Эту задачу выполняет сосудистая система, представляющая собой систему трубок, содержащих кровь и лимфу, и сердце – центральный орган, обуславливающий движение этой жидкости.

Кровеносная система

Сердце и кровеносные сосуды образуют замкнутую систему, по которой кровь движется благодаря сокращениям сердечной мышцы и гладких миоцитов стенок сосудов. Кровеносные сосуды представлены артериями, несущими кровь от сердца, венами, по которым кровь течет к сердцу, и микроциркуляторным руслом, состоящим из артериол, капилляров и венул. Кровеносные сосуды отсутствуют лишь в эпителиальном покрове кожи и слизистых оболочек, в волосах, ногтях, роговице глаз и суставных хрящах.

Стенка артерии состоит из трех оболочек:

- 1) внутренней;
- 2) средней;
- 3) наружной.

Внутренняя оболочка образована эндотелием, который выстилает просвет сосуда, подэндотелиальным слоем и внутренней эластической мембраной.

Средняя оболочка артерии состоит из расположенных спирально гладких миоцитов, между которыми проходит небольшое количество коллагеновых и эластических волокон, и наружной эластической мембраны, образованной продольными толстыми переплетающимися волокнами.

Наружная оболочка образована рыхлой волокнистой соединительной тканью, содержащей эластические и коллагеновые волокна, в ней проходят кровеносные сосуды и нервы.

В зависимости от развития различных слоев стенки артерии подразделяются на:

- 1) сосуды мышечного (преобладают);
- 2) смешанного (мышечно-эластического);
- 3) эластического типов.

В стенке *артерий мышечного типа* хорошо развита средняя оболочка. Миоциты и эластические волокна располагаются в ней по типу пружины. Миоциты средней оболочки стенки артерий мышечного типа своими сокращениями регулируют приток крови к органам и тканям. По мере уменьшения диаметра артерий все оболочки стенки артерий истончаются. Наиболее тонкие артерии мышечного типа – артериолы, имеющие диаметр менее 100 мкм, – переходят в капилляры.

К *артериям смешанного типа* относятся такие артерии, как сонная и подключичная. В средней оболочке их стенки примерно равное количество эластических волокон и миоцитов, появляются окончатые эластические мембраны.

К *артериям эластического типа* относятся аорта и легочный ствол, в которые кровь поступает под большим давлением и с большой скоростью из сердца. Средняя оболочка образована концентрическими эластическими окончатыми мембранами, между которыми залегают миоциты.

Дистальная часть (удаленная от сердца) сердечно-сосудистой системы – **микроциркуляторное русло**. Оно является путем местного кровотока, где обеспечивается взаимодействие крови и тканей. Микроциркуляторное русло начинается самым мелким артериальным сосудом – *артериолой* и заканчивается *венулой*.

Стенка артериолы содержит лишь один ряд миоцитов. От артериол отходят прекапилляры и истинные *капилляры*, у начала которых находятся гладкомышечные прекапиллярные сфинктеры, регулирующие кровоток. Истинные капилляры вливаются в посткапилляры (посткапиллярные венулы). Посткапилляры образуются из слияния двух или нескольких капилляров. По мере слияния посткапилляров образуются венулы. Их калибр широко варьирует и в обычных условиях равен 25–50 мкм. Венулы вливаются в вены. К микроциркуляторному руслу относятся также и лимфатические капилляры.

Наиболее важный отдел кровеносной системы – это капилляры, именно они осуществляют обмен веществ и газообмен. Общая обменная поверхность капилляров взрослого человека достигает 1000 м². Кровеносные капилляры имеют стенки, образованные одним слоем уплощенных эндотелиальных клеток – эндотелиоцитов, сплошной или

прерывистой базальной мембраной и редкими удлинёнными перикапиллярными клетками, перицитами. Перициты (клетки Руже) представляют собой удлинённые многоотростчатые клетки, расположенные вдоль длинной оси капилляра. Их отростки прободают базальный слой и подходят к эндотелиоцитам. Следует подчеркнуть, что каждый эндотелиоцит контактирует с отростками перицитов. В свою очередь, к каждому перициту подходит окончание аксона симпатического нейрона, которое как бы проникает (инвагинируется) в его плазмалемму, образуя синапсоподобную структуру для передачи нервных импульсов. Перицит передает эндотелиальной клетке импульс, в результате чего она набухает или теряет жидкость. Это и приводит к периодическим изменениям просвета капилляра. Цитоплазма эндотелиальных клеток может иметь поры, или фенестры (пористый эндотелиоцит). Базальный слой может быть сплошным, отсутствовать или быть пористым.

Посткапиллярные вены диаметром 8–30 мкм, являющиеся конечным звеном микроциркуляторного русла, впадают в собирательные вены (диаметром 50–100 мкм), от них кровь оттекает в мелкие собирательные вены (диаметром 100–300 мкм), которые, сливаясь между собой, укрупняются.

Стенка **вены** также состоит из трех оболочек. Различают два типа вен – *мышечный* и *безмышечный*. В стенках *безмышечных вен* отсутствуют гладкие мышечные клетки (например, вены твердой и мягкой мозговой оболочек, сетчатки глаз, костей, селезенки и плаценты). Они плотно сращены со стенками органов и поэтому не спадаются. В стенках *вен мышечного типа* имеются гладкие мышечные клетки. На внутренней оболочке большинства средних и некоторых крупных вен имеются клапаны, которые пропускают кровь лишь в направлении к сердцу, препятствуя обратному току крови в венах и тем самым предохраняя сердце от излишней затраты энергии на преодоление колебательных движений крови, постоянно возникающих в венах. Вены верхней половины тела не имеют клапанов.

Общее количество вен больше, чем артерий, а общая величина венозного русла превосходит артериальное. Скорость кровотока в венах меньше, чем в артериях, в венах туловища и нижних конечностей кровь течет против силы тяжести.

2 Строение сердца

Сердце, расположенное асимметрично в средостении, представляет собой полый мышечный орган, разделенный внутри на четыре полости: правое и левое предсердия и правый и левый желудочки. Предсердия разделены межпредсердной, желудочки – межжелудочковой

перегородками. Размеры сердца здорового человека коррелируют с величиной его тела, а также зависят от интенсивности физической нагрузки и обмена веществ. Средняя масса сердца у женщин 250 г, у мужчин 300 г. Правое предсердие кубической формы, в него впадают верхняя и нижняя полые вены и венечный синус сердца. Полость правого предсердия впереди продолжается в *правое ушко*. Кровь из правого предсердия при его сокращении поступает в правый желудочек через *правое предсердно-желудочное отверстие*, по краю которого расположен *предсердно-желудочковый (атриовентрикулярный) трехстворчатый клапан*, состоящий из трех створок, образованных складками эндокарда и покрытых эндотелием. От свободных краев створок начинаются *сухожильные хорды*, прикрепленные концами к трем *сосочковым мышцам*, расположенным на внутренней поверхности правого желудочка. Эти мышцы вместе с сухожильными хордами удерживают клапаны и при сокращении (систоле) желудочка препятствуют обратному току крови в предсердие. Передневерхний отдел желудочка продолжается в *легочный ствол*. При сокращении желудочка кровь выталкивается в легочный ствол через *отверстие легочного ствола*, в области которого находится одноименный *клапан*. Клапан состоит из трех полулунных заслонок, свободно пропускающих кровь из желудочка в легочный ствол. Соприкасаясь своими концами, они, подобно наполненным карманам, закрывают отверстие и препятствуют обратному току крови. Это происходит после опорожнения желудочка. В левое предсердие открываются четыре *легочные вены* (по две с каждой стороны), спереди выпячивается *левое ушко*. Левый желудочек имеет форму конуса, его миокард в 2–3 раза толще, чем у правого желудочка. Это связано с большой работой, производимой левым желудочком. Из полости левого предсердия в левый желудочек ведет *левое предсердно-желудочковое отверстие* овальной формы, снабженное *левым предсердно-желудочковым (атриовентрикулярным) двухстворчатым клапаном (митральным)*. Из желудочка кровь направляется в *отверстие аорты*, снабженное *клапаном*, состоящим из трех полулунных заслонок, имеющих такое же строение, как и клапан легочного ствола. На внутренней поверхности левого желудочка, подобно правому, имеются две *сосочковые мышцы*, от которых отходят тонкие *сухожильные хорды*, прикрепляющиеся к створкам левого предсердно-желудочкового клапана.

Стенка сердца состоит из трех слоев:

- 1) наружного, или эпикарда;
- 2) среднего – миокарда;
- 3) внутреннего – эндокарда.

Эпикард, представляющий собой висцеральную пластину серозного перикарда, окутывает сердце, начальные отделы легочного ствола и аорты, конечные отделы полых вен.

Эндокард, покрытый эндотелием, выстилает изнутри камеры сердца и его клапаны.

Преобладающая часть сердечной стенки – миокард, т. е. мышечный слой, образованный сердечной исчерченной (поперечнополосатой) мышечной тканью. В отличие от поперечнополосатых скелетных мышечных волокон, *сердечные миоциты (кардиомиоциты)* почти прямоугольной формы, имеют одно-два овальных ядра, лежащих в центре; миофибриллы расположены на периферии строго прямолинейно. Характерны контакты двух соседних кардиомиоцитов в виде темных полосок, вставочных дисков, которые активно участвуют в передаче возбуждения от клетки к клетке. С помощью дисков кардиомиоциты соединяются друг с другом. Миокард предсердий и желудочков разобщен, что создает возможность отдельного их сокращения.

Последовательное сокращение и расслабление различных отделов сердца связано с его строением и наличием проводящей системы, по которой распространяется импульс. Проводящая предсердно-желудочковая система сердца состоит из синусно-предсердного узла (Кейт-Флака), который является водителем ритма (пейсмекером), предсердно-желудочкового узла (Ашоффа-Тавара), предсердно-желудочкового пучка (пучка Гиса), его ножек и разветвлений (волокна Пуркинье). Проводящая система образована сердечными проводящими волокнами, богато иннервируемыми нервами вегетативной нервной системы. Предсердия связаны между собой синусно-предсердным узлом, а предсердия и желудочки – предсердно-желудочковым пучком. Две артерии, *правая и левая венечные*, ветви которых широко анастомозируют между собой, снабжают сердце кровью. Они разветвляются до капилляров во всех трех оболочках стенки сердца. Кровь собирается в *сердечные вены*, далее – венозный синус, который непосредственно вливается в правое предсердие.

Перикард – это замкнутый мешок, в котором различают два слоя: наружный – фиброзный перикард и внутренний – серозный перикард, который, в свою очередь, делится на два листка: висцеральный, или эпикард, и париетальный. Между висцеральным и париетальным листками находится щелевидная *перикардальная полость*, содержащая небольшое количество серозной жидкости, которая смачивает обращенные друг к другу поверхности серозных листков, покрытых мезотелием. На крупных сосудах вблизи сердца висцеральный и париетальный листки переходят непосредственно один в другой.

В возрасте 30–40 лет в миокарде обычно начинается некоторое увеличение количества соединительной ткани, в ней появляются жировые клетки. По мере старения человека жировая ткань накапливается под эпикардом, происходит утолщение эндокарда. Эти изменения могут быть в значительной мере замедлены или даже предотвращены благодаря регулярной физической нагрузке и правильному питанию.

Развитие мускулатуры тела влияет на величину сердца. Так, величина и масса сердца у лиц, занятых физическим трудом, и у спортсменов больше, чем у представителей умственного труда. Причем виды спорта, при которых физическое напряжение носит продолжительный характер (например, велосипед, гребля, марафонский бег, лыжи), приводят к гипертрофии миокарда и увеличению размеров сердца. Бег, плавание, бег на небольшие дистанции, бокс, легкая атлетика, футбол и некоторые другие виды спорта приводят к менее выраженному увеличению мышц сердца.

Функции сердца

Автоматизм (*греч.* automatos – самодействующий, самопроизвольный) сердца.

Миокард, являясь мышечной тканью, обладает свойствами возбудимости, проводимости и сократимости. Как мы писали выше, проводящая система сердца обеспечивает последовательные сокращения и расслабления его отделов. Причем это происходит автоматически. Автоматизм сердца – это его способность ритмически сокращаться под влиянием возникающих в нем самом (в клетках его проводящей системы) импульсов. Генератором этих импульсов является **синусно-предсердный** узел, в клетках которого возникает потенциал действия (около 90–100 мВ), передающийся соседним клеткам проводящей системы, а от них – через вставочные диски на рабочие кардиомиоциты. Возбуждение распространяется по миокарду. Вначале сокращаются предсердия, а затем желудочки. При этом миокард сокращается, когда сила импульса достигает пороговой величины по закону «все или ничего». Согласно этому закону возбудимая ткань дает максимальную ответную реакцию («все») при пороговом или надпороговом раздражении, но если сила раздражения ниже пороговой, ответа нет («ничего»). Начав сокращаться, миокард уже отвечает на другие стимулы, пока в нем не начнется процесс расслабления. Здоровый миокард сокращается в течение всей жизни человека и не испытывает при этом утомления. Это связано с **рефрактерностью** (*фр.* refractaire – невосприимчивость). Период абсолютной рефрактерности – это интервал времени, во время которого миокард не отвечает ни на какие импульсы. Миокард является **возбудимой** тканью. Его клетки обладают потенциалом покоя, генерируют потенциал действия. Возбуждение, которое возникло в любом участке миокарда, передается всем его клеткам. Поэтому в ответ на адекватное раздражение происходит возбуждение всех его клеток. Проводящая система обеспечивает генерацию возбуждения и его проведение к кардиомиоцитам. Клетки синусно-предсердного узла генерируют нервные импульсы, частота которых в покое составляет около 70 в 1 мин, от него возбуждение распространяется в предсердно-желудочковый узел, где задерживается на короткое время, а далее

передается на предсердно-желудочковый пучок, по его ножкам и разветвлениям со скоростью около 2 м/с. От окончаний волокон Пуркинье импульс распространяется со скоростью около 1 м/с. Деятельностью сердца управляют сердечные центры, расположенные в продолговатом мозге и мосте, которые действуют через вегетативную нервную систему. Симпатические нервы оказывают положительное влияние (учащение сердечных сокращений и увеличение их силы). Парасимпатические – отрицательное (урежение сердечных сокращений и уменьшение их силы). Кора головного мозга регулирует деятельность сердечных центров через гипоталамус.

Сокращение кардиомиоцитов обеспечивает нагнетательную функцию сердца. Движение крови по сосудам происходит главным образом благодаря нагнетательной функции сердца и сокращению мышц. Сердце – это насос, нагнетающий кровь в сосуды.

Каждое поперечнополосатое мышечное волокно является своеобразным «периферическим сердцем», сокращение которого способствует продвижению крови по микроциркуляторному руслу. Мышцы, сокращаясь, способствуют движению крови по венам нижней половины тела против силы тяжести. Поэтому физическая активность облегчает работу сердца, а гиподинамия требует усиленной работы сердца, что является одним из важных факторов нарушения его функции.

Кровь течет из аорты, в которой давление высокое (в среднем 100 мм рт. ст.), через капилляры, где давление очень низкое (15–25 мм рт. ст.), через систему сосудов, в которых давление прогрессивно уменьшается. Из капилляров кровь поступает в вены (давление 12–15 мм рт. ст.), затем в вены (давление 3–5 мм рт. ст.). В полых венах, по которым венозная кровь оттекает в правое предсердие, давление всего 1–3 мм рт. ст., а в самом предсердии – около 0 мм рт. ст. Соответственно уменьшается с 50 см/с в аорте до 0,07 см/с в капиллярах и венах.

В работе сердца чередуются сокращение (систола) и расслабление (диастола).

Во время общего расслабления сердца (диастола) кровь из полых и легочных вен поступает соответственно в правое и левое предсердия. После этого наступает сокращение (систола) предсердий. Процесс сокращения начинается у места впадения верхней полой вены в правое предсердие и распространяется по обоим предсердиям, в результате чего кровь из предсердий через предсердно-желудочковые отверстия нагнетается в желудочки. Затем в стенках сердца начинается волна сокращений желудочков, которая распространяется на оба желудочка, и кровь нагнетается в отверстия легочного ствола и аорты, в это время предсердно-желудочковые клапаны закрываются. После этого наступает пауза.

Систола предсердий длится 0,1 с, систола желудочков – 0,3 с, общая пауза – 0,4 с. Эти три фазы составляют **сердечный цикл** – совокупность электрических, механических и биохимических процессов, происходящих в сердце в течение одного полного цикла сокращения и расслабления. Итак, во время одного сердечного цикла предсердия сокращаются 0,1 с и отдыхают 0,7 с; желудочки соответственно 0,3 с и 0,5 с. В течение суток сердце сокращается 8 часов и 16 часов отдыхает.

В связи с изменением давления в полостях сердца клапаны сердца, легочной артерии и аорты открываются или закрываются. В начале систолы желудочков предсердно-желудочковые клапаны закрываются, а полулунные клапаны аорты и легочной артерии открываются. В период диастолы желудочков происходит систола предсердий, предсердно-желудочковые клапаны открываются и желудочки заполняются кровью. Возвращению крови из аорты и легочного ствола препятствуют полулунные клапаны.

Во время систолы и диастолы возникают тоны сердца: первый – систолический, более низкий и продолжительный, который связан с сокращением миокарда желудочков, вибрацией сухожильных хорд и колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов при закрывании; второй – диастолический, короткий, высокий, возникает в начале диастолы, когда закрываются клапаны аорты и легочного ствола. Систолический тон, возникающий при закрывании левого предсердного клапана, прослушивают в пятом межреберье слева от грудины в области верхушки сердца; систолический тон, возникающий при закрытии правого предсердно-желудочкового клапана, – в месте соединения тела и мечевидного отростка грудины. Диастолический тон аортального клапана прослушивают во втором межреберье справа от грудины; диастолический тон клапана легочного ствола – во втором межреберье слева от грудины. Сердечный толчок, возникающий вследствие изменения положения сердца при систоле, благодаря чему левый желудочек ударяется о грудную стенку, определяется в пятом межреберье слева от грудины.

Частота сердечных сокращений в минуту составляет в возрасте одного года около 125 ударов в 1 мин, два года – 105, в три года – 100, в четыре – 97, в возрасте от пяти до десяти – 90, с 10 до 15 – 75–80 с 15 до 50–70, с 50 до 60–74, с 60 до 80–80. Несколько любопытных цифр: в течение суток сердце бьется около 108 000 раз, в течение жизни – 2 800 000 000–3 100 000 000 раз; через сердце проходит 225–250 млн. л крови.

Сердце приспосабливается к постоянно изменяющимся условиям жизни человека. В покое желудочек взрослого человека выталкивает в сосудистую систему около 5 л крови в минуту. Этот показатель – *минутный объем кровообращения* (МОК) – при тяжелой физической

работе возрастает в 5–6 раз. Соотношение между МОК в покое и при максимально напряженной мышечной работе говорит о функциональных резервах сердца, а значит, о функциональных резервах здоровья. В то же время кровотоков через сосуды самого сердца достигает 5% общего МОК. При интенсивной физической работе этот показатель возрастает в 3–4 раза. Количество крови, выбрасываемое каждым желудочком во время систолы, составляет от 70 до 100 мл – это *ударный, или систолический, объем крови*. Этот показатель также увеличивается при физической нагрузке.

Средняя масса сердца взрослого человека составляет 300–320 г (0,5% массы тела), в то же время в покое сердце потребляет около 25–30 мл O_2 в минуту – около 10% общего потребления O_2 в покое. При интенсивной мышечной деятельности потребление O_2 сердцем возрастает в 3–4 раза. В зависимости от нагрузки коэффициент полезного действия (КПД) сердца составляет от 15 до 40%. Напомним, что КПД современного тепловоза достигает 14–15%.

Биоэлектрическая активность сердца регистрируется с помощью *электрокардиографии*, полученная кривая называется *электрокардиограммой* (ЭКГ). Впервые ЭКГ была записана в 1887 г. А. Уоллером. В начале XX в. В. Эйнтховен разработал прибор для точной регистрации небольших колебаний электрических потенциалов – струнный гальванометр. Эйнтховен предложил также три точки тела, на которые следует накладывать электроды. При положении электродов на правой и левой руках образуется отведение I, на правой руке и левой ноге – отведение II, а на левой руке и левой ноге – отведение III. Эти три отведения образуют равносторонний треугольник, и по их параметрам можно определить угол, под которым сердце расположено в грудной клетке. Согласно закону Эйнтховена сумма потенциалов в отведении I и III равна потенциалу в отведении II. В 1924 г. Эйнтховену была присуждена Нобелевская премия «за открытие механизма электрокардиограммы». Нормальная ЭКГ состоит из нескольких зубцов и комплекса колебаний, который Эйнтховен назвал P, QRS и T. Небольшой зубец P отражает электрическую активность предсердий, а быстрый высокоамплитудный комплекс QRS и более медленный зубец T – электрическую активность желудочков.

3 Кровоснабжение тела человека

У человека большой и малый круги кровообращения разобщены.

Малый, или легочный, круг кровообращения начинается в правом желудочке сердца, из которого выходит *легочный ствол*, разделяющийся на *правую и левую легочные артерии*, а последние

разветвляются в легких соответственно ветвлению бронхов на артерии, переходящие в капилляры. В капиллярных сетях, оплетающих альвеолы, кровь отдает углекислый газ и обогащается кислородом. Артериальная кровь поступает из капилляров в вены, которые укрупняются и по две с каждой стороны впадают в левое предсердие, где и заканчивается малый круг кровообращения.

Большой, или телесный, круг кровообращения служит для доставки всем органам и тканям тела питательных веществ и кислорода. Он начинается в левом желудочке сердца, куда из левого предсердия поступает артериальная кровь. Из левого желудочка выходит аорта, от которой отходят артерии, идущие ко всем органам и тканям тела и разветвляющиеся в их толще вплоть до артериол и капилляров – последние переходят в веноулы и далее в вены. Через стенки капилляров происходит обмен веществ и газообмен между кровью и тканями тела. Протекающая в капиллярах артериальная кровь отдает питательные вещества и кислород и получает продукты обмена и углекислоту. Вены сливаются в два крупных ствола – верхнюю и нижнюю полые вены, которые впадают в правое предсердие сердца, где и заканчивается большой круг кровообращения.

Дополнением к большому кругу является **третий (сердечный) круг кровообращения**, обслуживающий само сердце. Он начинается выходящими из аорты венечными артериями сердца и заканчивается венами сердца. Последние сливаются в венечный синус, впадающий в правое предсердие.

Аорта, расположенная слева от средней линии тела, своими ветвями кровоснабжает все органы и ткани. Она начинается расширением – *луковицей аорты*, от которой отходят правая и левая венечные артерии. Луковица переходит в *восходящую часть аорты*. Изгибаясь влево, *дуга аорты* переходит в *нисходящую часть аорты*. От вогнутой стороны дуги аорты начинаются ветви к трахее, бронхам и к вилочковой железе, от выпуклой стороны дуги отходят три крупных сосуда: справа – плечеголовной ствол, слева – левая общая сонная и подключичная артерии.

Плечеголовной ствол длиной около 3 см направляется вверх, назад и вправо, впереди трахеи и на уровне правого грудино-ключичного сустава делится на правые общую сонную и подключичную артерии.

Общая сонная артерия (правая и левая) идет вверх рядом с трахеей и пищеводом. На уровне верхнего края щитовидного хряща она делится на наружную сонную артерию, разветвляющуюся вне полости черепа, и внутреннюю сонную артерию, проходящую внутрь черепа и направляющуюся к мозгу. *Наружная сонная артерия* снабжает кровью наружные части головы и шеи, полости рта и носа, щитовидную железу, гортань, язык, нёбо, миндалины, грудино-ключично-сосцевидную

и затылочные мышцы, поднижнечелюстную, подъязычную и околоушную слюнные железы, кожу, кости и мышцы головы (мимические и жевательные), зубы верхней и нижней челюстей, твердую мозговую оболочку, наружное и среднее ухо.

Внутренняя сонная артерия направляется вверх к основанию черепа, не отдавая ветвей, входит в полость черепа через канал сонной артерии в височной кости, в полости черепа делится на ряд ветвей, которые кровоснабжают мозг и орган зрения.

Подключичная артерия и ее ветви кровоснабжают шейный отдел спинного мозга с его оболочками, ствол головного мозга, затылочные и частично височные доли полушарий большого мозга, глубокие и отчасти поверхностные мышцы шеи, шейные позвонки, межреберные мышцы первого, второго промежутков, часть мышц затылка, спины и лопатки, диафрагму, кожу груди и верхней части живота, прямую мышцу живота, молочную железу, гортань, трахею, пищевод, щитовидную и вилочковую железы.

Подключичная артерия в подмышечной области переходит в *подмышечную артерию*, которая кровоснабжает мышцы плечевого пояса, кожу и мышцы боковой стенки грудной стенки, плечевой ключично-акромиальный суставы, содержимое подмышечной ямки.

Плечевая артерия является продолжением подмышечной, она проходит в медиальной борозде двуглавой мышцы и в локтевой ямке делится на лучевую и локтевую артерии. Плечевая артерия кровоснабжает кожу и мышцы плеча, плечевую кость и локтевой сустав.

Лучевая артерия располагается в предплечье латерально в лучевой борозде, параллельно лучевой кости. В нижнем отделе вблизи ее шиловидного отростка артерия легко прощупывается, будучи прикрытой лишь кожей и фасцией. Здесь подсчитывают пульс. Лучевая артерия проходит на кисть под сухожилиями длинных мышц большого пальца. Она кровоснабжает кожу и мышцы предплечья и кисти, лучевую кость, локтевой и лучезапястный суставы.

Локтевая артерия располагается на предплечье медиально в локтевой борозде параллельно локтевой кости, проходит на ладонную поверхность кисти. Она кровоснабжает кожу и мышцы предплечья и кисти, локтевую кость, локтевой и лучезапястный суставы.

Локтевая и лучевая артерии образуют на кисти две артериальные сети запястья: тыльную и ладонную, питающие связки и суставы запястья, второй, третий, четвертый пальцы и две артериальные ладонные дуги – глубокую и поверхностную. *Поверхностная ладонная дуга* образуется в основном за счет локтевой артерии (и поверхностной ладонной ветви лучевой артерии). От поверхностной дуги вниз отходят четыре общие ладонные пальцевые артерии, идущие к II–III–IV–V пальцам. *Глубокая ладонная дуга* залегает под сухожилиями мышц-сгибателей на уровне

оснований пястных костей. В образовании глубокой ладонной дуги основная роль принадлежит лучевой артерии, которая соединяется с глубокой ладонной ветвью локтевой артерии. От глубокой дуги отходят три ладонные пястные артерии, которые направляются во второй, третий и четвертый межкостные промежутки.

Нисходящая часть аорты делится на две части: грудную и брюшную. *Грудная часть* аорты расположена на позвоночнике асимметрично, слева от срединной линии, и снабжает кровью внутренние органы, находящиеся в грудной полости, и ее стенки. Из грудной полости аорта переходит в брюшную через аортальное отверстие диафрагмы. На уровне IV поясничного позвонка аорта делится на две общие подвздошные артерии, после чего она продолжается в виде срединной крестцовой артерии.

Брюшная часть аорты кровоснабжает брюшные внутренности и стенки живота. Наиболее крупная ветвь – короткий толстый *чревный ствол*, который кровоснабжает желудок, двенадцатиперстную кишку, поджелудочную железу, печень с желчным пузырем, селезенку, малый и большой сальники. *Верхняя и нижняя брыжеечные артерии*, отходящие от брюшной аорты, кровоснабжают поджелудочную железу, тонкую и толстую кишки.

Общая подвздошная артерия – это самая крупная артерия человека (за исключением аорты). Пройдя некоторое расстояние, она делится на две артерии: внутреннюю подвздошную и наружную подвздошную артерии.

Внутренняя подвздошная артерия питает тазовую кость, крестец и всю массу мышц малого и большого таза, ягодичной области, отчасти мускулы бедра, а также внутренности, расположенные в малом тазу: прямую кишку, мочевого пузырь; у мужчин – семенные пузырьки, семявыносящий проток, предстательную железу; у женщин – матку и влагалище, наружные половые органы и промежность.

Наружная подвздошная артерия кровоснабжает мышцы бедра, у мужчин – мошонку, у женщин – лобок и большие половые губы. *Бедренная артерия*, являющаяся непосредственным продолжением наружной подвздошной артерии, кровоснабжает бедренную кость, кожу и мышцы бедра, кожу передней брюшной стенки, наружные половые органы, тазобедренный сустав.

Подколенная артерия является продолжением бедренной. Она лежит в одноименной ямке, переходит на голень, где сразу же делится на переднюю и заднюю большеберцовые артерии. Артерия кровоснабжает кожу и близлежащие мышцы бедра и задней поверхности голени, коленный сустав.

Задняя большеберцовая артерия кровоснабжает кожу задней поверхности голени, кости, мышцы голени, коленный и голеностопный суставы, мышцы стопы.

Передняя большеберцовая артерия кровоснабжает кожу и мышцы передней поверхности голени и тыла стопы, коленный и голеностопный суставы, на стопе переходит в тыльную артерию стопы. Обе большеберцовые артерии образуют на стопе подошвенную артерию-дугу, которая лежит на уровне оснований плюсневых костей. От дуги отходят артерии, питающие кожу и мышцы стопы и пальцев.

Вены большого круга кровообращения подразделяются на три системы: система верхней полой вены; система нижней полой вены, включающая систему воротной вены печени; система вен сердца, образующих венечный синус сердца. Главный ствол каждой из этих вен открывается самостоятельным отверстием в полость правого предсердия. Вены системы верхней и нижней полых вен анастомозируют между собой. *Верхняя полая вена* собирает кровь из верхней половины тела, головы, шеи, верхней конечности и грудной полости. *Нижняя полая вена* собирает кровь из нижних конечностей, стенок и внутренностей таза и живота. Протоки нижней полой вены соответствуют парным ветвям аорты (за исключением печеночных).

Воротная вена собирает кровь из непарных органов брюшной полости: селезенки, поджелудочной железы, большого сальника, желчного пузыря и пищеварительного тракта, начиная с кардиального отдела желудка и кончая верхним отделом прямой кишки. В отличие от всех прочих вен, воротная вена, войдя в ворота печени, вновь распадается на все более мелкие ветви, вплоть до синусоидальных капилляров печени, которые впадают в центральную вену в дольке. Из центральных вен образуются поддольковые вены, которые укрупняясь, собираются в печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

4 Функции сосудистой системы

Сокращения миокарда сердца создают движущую силу кровотока. Кровь течет из области высокого давления в область низкого. Артериальное давление (АД) – это давление, развиваемое кровью в артериях. Это важнейший показатель, отражающий деятельность сердечно-сосудистой системы в целом. Стабильность АД поддерживается многими механизмами гомеостаза.

Максимальное давление во время систолы называется *систолическим давлением*, минимальное во время диастолы – *диастолическим*, разница между ним составляет *пульсовое давление*. У человека традиционно АД исследуют с помощью ртутного манометра поэтому его выражают в миллиметрах ртутного столба (в настоящее время существует множество модификаций аппаратов для определения АД). Для

измерения АД по методу Рива-Роччи нижнюю треть плеча оборачивают надувной резиновой манжетой аппарата, в которую с помощью ручной резиновой груши накачивают воздух. Для выпуска воздуха служит клапан, поэтому можно установить давление на любом уровне и измерить его с помощью манометра, соединенного с манжетой. Фонендоскоп накладывают на кожу передней локтевой области в зоне прохождения плечевой артерии. В результате нагнетания воздуха в манжету плечевая артерия сдавливается. Затем медленно открывают клапан, воздух начинает выходить из нее, и поэтому давление в манжете уменьшается. Когда оно становится ниже систолического, кровь проходит через артерию, и начинают прослушиваться короткие четкие звуки, пульсовые удары – определяется систолическое давление.

Давление в манжете, при котором звуки пульсовых ударов вновь быстро исчезают, соответствует диастолическому. У человека в возрасте от 20 до 40 лет систолическое давление составляет 100–120 мм рт. ст., диастолическое – 70–80–мм рт.ст.

Колебания кровотока, связанные с систолой и диастолой, создают пульсовую волну. Частота сердечных сокращений (пульс) у взрослого человека в условиях покоя составляет от 60 до 80 ударов в одну минуту. Пульс исследуется путем простого прощупывания лучевой артерии в области лучезапястного сустава, при этом обращают внимание на частоту пульса, его ритм (ритмичный, аритмичный), высоту (высокий, низкий), напряжение (твердый, мягкий). Частота пульса зависит от физической работы и эмоционального состояния, высота – от ударного объема, напряжение – от артериального давления. Общий объем крови в сосудах человека у мужчин составляет в среднем 75–77 мл/кг массы тела (около 5,4 л), у женщин – 65 мл/кг (около 4,5 л). У взрослого человека лишь около 9% всей крови находится в сосудах малого круга кровообращения, около 84% – в сосудах большого круга кровообращения и около 7% – в полостях сердца.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое строение имеют кровеносные сосуды?
2. Строение и функции сердца.
3. Кровоснабжение тела человека.
4. Функции сосудистой системы.

ТЕМА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Для оценки функционирования сердечно-сосудистой системы человека необходимо изучить такие показатели: пульс, тоны сердца, систолический и минутный объемы крови, результаты электрокардиограммы, кровяного давления.

Лабораторная работа № 1

Определение длительности сердечного цикла человека по пульсу

Известно, что длительность сердечного цикла у человека зависит от частоты сердечных сокращений. У здорового человека сердце сокращается ритмично, хотя существуют при этом так называемая дыхательная аритмия, которая связана с фазами дыхания. Дыхательную аритмию можно выявить за счет определения пульса каждые 5 сек с последующим расчетом продолжительности сердечного цикла.

Цель работы: определить длительность сердечного цикла, учитывая пульс человека.

Материалы и оборудование: секундомер. Объект обследования – человек.

Ход работы

Нащупывают пульс лучевой артерии. Подсчитывают число пульсовых ударов за 5 с несколько раз в течение 3 мин. Число 5 делят на каждое найденное значение ЧСС, определяя тем самым продолжительность одного сердечного цикла. Рассчитывают среднюю продолжительность сердечного цикла в каждые 5 с подсчета. Затем определяют число пульсовых ударов за 1 мин. Число 60 делят на найденное значение ЧСС и находят среднюю продолжительность сердечного цикла.

Задание:

1. Отметить, есть ли разница в продолжительности сердечного цикла при разных способах подсчета.
2. Определить, имеет ли место аритмия деятельности сердца и насколько при этом изменяется продолжительность сердечного цикла.
3. Указать, какое преимущество имеет методика определения длительности сердечного цикла путем дробного подсчета пульса (каждые 5 с) перед методикой подсчета в течение 1 мин.

Лабораторная работа № 2

Выслушивание тонов сердца человека

Выслушивание тонов сердца человека производится при помощи фонендоскопа (статоскопа). При этом отчетливо прослушиваются два тона разной продолжительности и высоты. Тоны сердца – это внешние показатели работы сердца, которые подразделяют на систолический (первый тон, звучащий, как «тук») и диастолический (второй тон, звучащий, как «так»). Систолический тон более низкий и глухой. Он образуется вначале систолы желудочков (комбинированный) – это прежде всего результат колебания створок антривентрикулярных клапанов и изометрическое сокращение желудочков, колебание сухожильных нитей.

Диастолический тон образуется в начале диастолы сердца в результате захлопывания полулунных клапанов аорты и легочного ствола.

Места выслушивания: митральный клапан – верхушка сердца (5-ое межреберье), а аортальные клапаны выслушиваются у основания сердца (2-ое межреберье, отступить от края грудины 2 см).

Цель работы: освоить методику выслушивания сердечных тонов у человека.

Материалы и оборудование: фонендоскоп. Объект обследования – человек.

Ход работы

В пятом межреберье слева, отпустив на 1 см медиальнее среднеключичной линии (сосковой) прослушивается систолический тон.

Диастолический тон прослушивается в проекции полулунных клапанов на уровне второго межреберья справа, отступя 2 см от края грудины.

Задание: дать характеристику услышанных тонов.

Лабораторная работа № 3

Определение систолического и минутного объемов крови

Во время систолы сердца в аорту и легочной ствол выбрасывается определенное количество крови, которое называется ударным или систолическим объемом крови. Количество крови, выбрасываемое в течение 1 мин, называется минутным объемом крови.

Для определения систолического и минутного объема крови необходимо знать: диастолическое давление (ДД), пульсовое давление (ПД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), возраст испытуемого.

Цель работы: на основании расчетного метода определить систолический и минутный объем крови.

Материалы и оборудование: тонометр, секундомер.

Ход работы

В состоянии покоя у испытуемого определяют артериальное давление и подсчитывают пульс за 1 мин. Расчетный метод определения систолического и минутного объемов крови человека основан на использовании формул:

$$CO=101+0,5ПД - 0,6ДД-0,6А, \quad (2.1)$$

где CO – систолический объем (мл);
ПД – пульсовое давление (мм.рт.ст.);
ДД – диастолическое давление (мм.рт.ст.);
А – возраст испытуемого (лет).

$$МОК = CO \times ЧСС, \quad (2.2)$$

где МОК – минутный объем крови (мл/мин);
CO – систолический объем (мл);
ЧСС – частота сердечных сокращений.

Задание: рассчитать CO, МОК в покое и после физической нагрузки. В выводах объяснить полученные результаты.

Лабораторная работа № 4

Определение резервных возможностей сердца у человека (проба Руфье)

Данная проба получила широкое распространение в спортивной физиологии для оценки резервных возможностей сердца у спортсмена.

Цель работы: оценить резервные возможности сердца человека.

Материалы и оборудование: секундомер.

Ход работы

Производим подсчет пульса у человека за 15 с в состоянии покоя (р1). Затем испытуемый выполняет 30 приседаний за 1 мин. ЧСС измеряют в первые и последние 15 с минуты (р2, р3) после окончания нагрузки. Показатель сердечной деятельности у человека определяют по формуле:

$$\text{ПДС} = [(4 * (p1 + p2 + p3) - 20) / 10], \quad (2.3)$$

где ПДС – показатель сердечной деятельности;

p1 – ЧСС в покое;

p2 – ЧСС в первые 15 с минуты после нагрузки;

p3 – ЧСС в последние 15 с минуты после нагрузки;

По результатам исследований производим оценку резервных возможностей сердца у испытуемого.

Общая оценка пробы.

при ПДС от 0,1 до 5 отн.ед. – «Отлично»;

при ПДС от 5,1 до 10 отн.ед. – «Хорошо»;

при ПДС от 10,1 до 15 отн.ед. – «Удовлетворительно»;

при ПДС от 15,1 до 20 отн.ед. – «Плохо».

Лабораторная работа № 5

Электрокардиография

Электрокардиография – метод регистрации электрических явлений, возникающих в сердце во время сердечного цикла. Электрический потенциал, генерируемый сердечной мышцей, можно зарегистрировать на поверхности тела.

Электрокардиограмма (ЭКГ) обычно состоит из трех направленных вверх положительных зубцов P, R и T и двух направленных вниз отрицательных зубцов Q и S (рисунок 2.1 а). Зубец P – предсердный комплекс ЭКГ; он является алгебраической суммой потенциалов, возникающих в правом и левом предсердиях при их возбуждении, причем потенциалы правого предсердия положительны, левого – отрицательны. *QRST* – желудочковые потенциалы, он отражают процессы возбуждения желудочков.

Продолжительность и амплитуда отдельных зубцов, интервалов комплексов ЭКГ характеризуют два основных физиологических свойства сердца: возбудимость и проводимость. При электрокардиографии используется метод биполярных отведений. Наиболее распространены следующие отведения: 1) Три стандартных биполярных отведения при которых регистрируется разность потенциалов между конечностями – от правой и левой руки (I отведение), правой и левой ноги (II отведение), левой руки и левой ноги (III отведение) (рисунок 2.1 б)

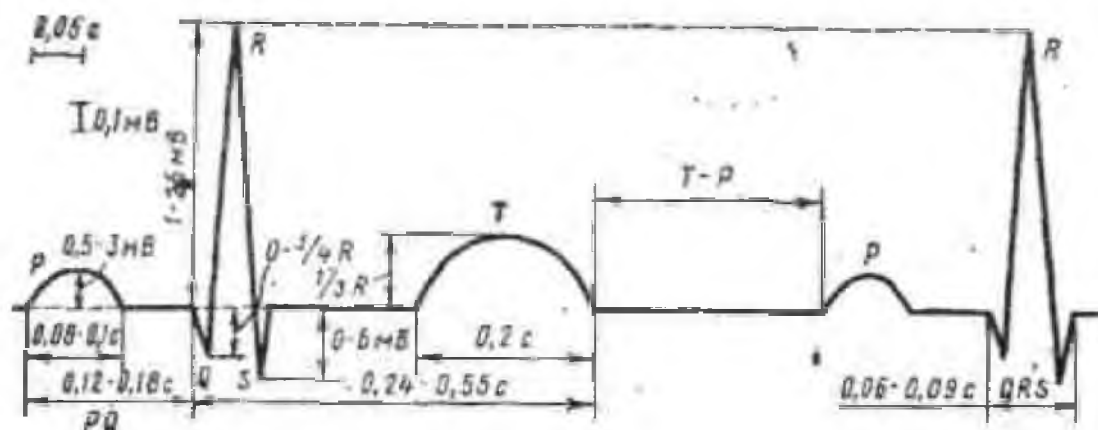
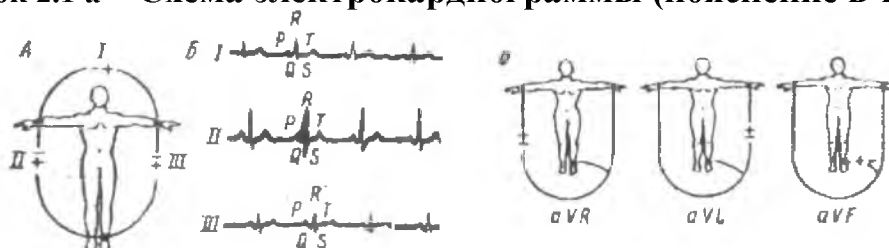


Рисунок 2.1 а – Схема электрокардиограммы (пояснение в тексте)



А – стандартные отведения; Б – запись ЭКГ в 3 стандартных отведениях;
В – усиленные однополюсные отведения по Вильсону

Рисунок 2.1 б – Схема отведений при электрокардиографии и характер полученных при этом кривых

Цель работы: освоить метод электрокардиографии, произвести запись и дать характеристику ЭКГ.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марля или фильтровальная бумага. Объект обследования – человек.

Ход работы

Подготавливают электрокардиограф к работе по прилагаемой к нему инструкции. Испытуемого укладывают на кушетку, антисептическим средством (спиртом) обрабатывают электроды и участки кожи в местах наложения их. Чтобы обеспечить хороший электрический контакт, между электродами и кожей помещают марлю или фильтровальную бумагу, смоченную 10%-ным раствором NaCl. Накладывают электроды в соответствии со схемой:

- красный – правая рука;
- желтый – левая рука;
- зеленый – левая нога;
- черный – индифферентным и предназначен для заземления испытуемого, накладывается на правую ногу.

Записывают калибровочный сигнал (1 мВ = 1 см).

Для удобства и точности расшифровки ЭКГ регулятор скорости протяжки ленты устанавливают на 25 мм/сек (1мм = 0,04 сек). После этого делают запись в описанных выше отведениях, отмечая на ленте вид отведения.

Задание:

1. ЭКГ, зарегистрированную во всех отведениях, вклейте в тетрадь. Отметьте вид отведений, зубцы и интервалы соответствующими обозначениями.

2. Определите по ЭКГ продолжительность сердечного цикла и частоту сердечных сокращений.

3. Опишите форму и амплитуду зубцов: P, Q, R, S и T. Измерьте интервалы P–Q, QRS, QT.

4. На основании проведенного анализа ЭКГ охарактеризуйте функциональное состояние сердца испытуемого и отклонения, если они имеются (Типичная ЭКГ см. на рисунке 2.1).

Лабораторная работа № 6

Функциональные пробы для оценки состояния сердца по ЭКГ

При скрытых поражениях сердца и нарушениях периферического кровообращения физическая нагрузка усиливает или провоцирует появление на ЭКГ изменений, которые выявляются при сравнении ЭКГ, снятой в покое и ЭКГ после нагрузки.

При хорошем функциональном состоянии сердца ЭКГ после пробы характеризуется незначительными изменениями: 1) на 50–60% по сравнению с исходной увеличивается частота сердечных сокращений и сохраняется синусовый ритм; 2) положение электрической оси не изменяется или несколько смещается вправо, изредка влево; 3) интервал P–Q не изменяется или незначительно укорачивается; 4) длительность комплекса QRS не изменяется или укорачивается незначительно; 5) сегмент S–T остается на уровне изоэлектрической линии или смещается книзу не более чем на 0,5 мм; 6) наблюдается уплощение зубца P в I отведении и увеличение его во II отведении не более чем до 3 мм; 7) несколько увеличивается амплитуда зубца T во II, III; 8) зубцы Q и S существенно не изменяются или слегка углубляются в I отведении; 9) восстановление всех исходных показателей заканчивается на 5-й минуте отдыха. Проба может быть также использована для оценки генеза удлинения P–Q атриовентрикулярного ритма, экстрасистолической аритмии и других нарушений ритма. Иногда удлинение P–Q является следствием повышения тонуса блуждающего нерва. В этом случае после нагрузки длительность P–Q нормализуется. Удлинение P–Q после

физической нагрузки указывает на органическую природу удлинения предсердно-желудочковой проводимости.

Цель работы: изучить изменения ЭКГ испытуемого при физических нагрузках.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, электроды, 10%-процентный раствор NaCl, марля или фильтровальная бумага. Объект обследования – человек.

Ход работы

Для сравнения результатов исследования в динамике используют одну из общепринятых функциональных проб, которую выбирают в зависимости от состояния испытуемого.

Наибольшее распространение имеют следующие пробы: 1) 20 приседаний; 2) 10–20-кратное вставание на платформу высотой в 50 см; 3) быстрый 15 или 20-секундный бег на месте.

Испытуемому в положении лежа на кушетке, накладывают стандартные ЭКГ – электроды. Через 10 мин в условиях полного покоя регистрируют ЭКГ в 3 стандартных отведениях (I, II и III). Затем испытуемый встает и, не снимая электродов, начинает выполнение пробы 1 или 2 или 3. Продолжительность нагрузки для больных или физически ослабленных людей 1,5 мин, а для здоровых молодых людей до 4–5 мин. Сразу после нагрузки у обследуемого в положении лежа регистрируют ЭКГ во все 3 стандартных отведениях. Такая последовательность записи ЭКГ объясняется тем, что верхушка сердца находится в наихудших условиях кровоснабжения, поэтому патологическое нарушение коронарного кровообращения после нагрузки раньше всего проявляется именно в этой области. Этим объясняется необходимость немедленной регистрации после нагрузки отведения I, а регистрация отведения II, III дает возможность выявить патологические изменения на задней стенке левого желудочка. Скорость регистрации ЭКГ на электрокардиографе 25 мм/сек. Затем записывают ЭКГ на 3-й и 6-й мин восстановительного периода.

Задание: электрокардиограммы, зарегистрированные до и после функциональной пробы, вклейте в протокол опыта, обозначьте зубцы и интервалы. Измерьте зубцы и интервалы ЭКГ и сделайте их сравнительный анализ. По полученным данным сделайте вывод об изменениях в ЭКГ, возникших в результате функциональной пробы, и о динамике их восстановления

После физической нагрузки на ЭКГ могут появляться как физиологические, так и патологические изменения. Результаты измерения амплитуды зубцов и длительности интервалов ЭКГ отмечают в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты измерения амплитуды зубцов и длительности интервалов ЭКГ

Отведения ЭКГ	Показатели								
	R-R	QRS	Q-T	P-Q	S-T	P	T	R	Q
I									
II									
III									

Физиологическими (нормальными) изменениями на ЭКГ у обследуемых могут быть:

- 1) синусовая тахикардия;
- 2) увеличение амплитуды зубца Р во II и III отведениях и его уплощение в I, переход отрицательного зубца Р в покое в положительный после нагрузки;
- 3) укорочение интервала QRS;
- 4) уменьшение зубца R и увеличение зубца S в I отведении, увеличение зубца R и уменьшение зубца S в III отведении вследствие отклонения электрической оси сердца вправо;
- 5) укорочение интервала Q-T при тахикардии;
- 6) небольшое дугообразное смещение вниз интервала S-T;
- 7) небольшие колебания величины зубца T (при симпатикотонии – тенденция к уменьшению, а при ваготонии – к повышению).

Патологическими изменениями на ЭКГ после нагрузки являются:

- 1) выраженные отклонения от нормы зубца Р – его расщепление, двугорбость, двухфазность, инверсия;
- 2) удлинение интервала P-Q сразу же после нагрузки;
- 3) снижение интервала S-T. Как известно, в норме снижение интервала S-T обусловленное ускорением реполяризации, происходит главным образом за счет его части, которая следует непосредственно за QRS, т. е. соответствует точке «J». Часть интервала, находящаяся за точкой «J», поднимается вверх; физиологическое смещение точки «J» не должно превышать 2 мм. Эти изменения расценивают как физиологические, если они появляются после физической нагрузки и исчезают в покое. Если же они регистрируются без нагрузки или не исчезают в период восстановления после нагрузки, то это свидетельствует о нарушении метаболизма в миокарде. Важно подчеркнуть, что в отличие от физиологического типа смещения интервала S-T при ишемическом типе происходит снижение всего интервала, а не только его части;
- 4) инверсия зубца T после нагрузки может свидетельствовать о скрытой коронарной недостаточности, хотя этот признак имеет меньшее значение, чем ишемическое смещение интервала S-T, и отражает меньшую степень патологии;

5) сочетание снижения интервала S–T более чем на 1 мм с инверсией или двухфазностью зубца T является важным признаком коронарной недостаточности.

Лабораторная работа № 7 **Опыт Данини-Ашнера**

У человека при надавливании на глазные яблоки частота сердечных сокращений обычно замедляется. Это явление объясняется рефлекторным возбуждением ядер блуждающего нерва. Рефлекторная дуга этого рефлекса состоит из афферентных волокон глазодвигательного нерва, нейронов продолговатого мозга и блуждающих нервов, которые при возбуждении оказывают тормозящее действие на сердце.

Цель работы: изучить влияние блуждающего нерва на частоту сердечных сокращений.

Материалы и оборудование: секундомер, стерильные салфетки. Объект обследования – человек.

Ход работы

У испытуемого определяют (по пульсу) частоту сердечных сокращений. Экспериментатор через стерильные марлевые салфетки большими пальцами рук в течение 10–20 сек медленно надавливает на оба глаза (не сильно). Одновременно подсчитать пульс. Затем сразу после надавливания на глазные яблоки вновь подсчитывают частоту сердечных сокращений на протяжении 20 сек. Обычно в этих условиях пульс становится реже в среднем на 10 ударов.

Задание:

1. Отметьте в выводе частоту пульса у испытуемого до и после надавливания на глазные яблоки.
2. Нарисуйте схему рефлекторной дуги наблюдаемого рефлекса.
3. Объясните механизм возникновения глазо-сердечного рефлекса и сделайте выводы о возможности его использования в лечебно-диагностических целях.

Лабораторная работа № 8

Измерение артериального давления у человека

Уровень артериального давления определяется рядом факторов, среди которых работа сердца и тонус сосудов являются основными. Артериальное давление колеблется в зависимости от фаз сердечного цикла. В период систолы оно повышается (систолическое, или максимальное давление) в период диастолы – снижается (диастолическое, или минимальное давление). Разность между величиной систолического и диастолического давления составляет пульсовое давление.

У здорового человека в возрасте от 20 до 40 лет уровень систолического давления при измерении в плечевой артерии колеблется в пределах 110–120 мм рт. ст., а диастолического – 70–80 мм рт. ст., пульсовое давление составляет 30–40 мм рт. ст. Повышение артериального давления называется гипертонией, понижение – гипотонией.

В клинике широкое распространение получил метод определения артериального давления с помощью фонендоскопа и тонометра. Существует два способа измерения артериального давления: аускультативный (метод Н. С. Короткова) и пальпаторный (метод Рива-Роччи).

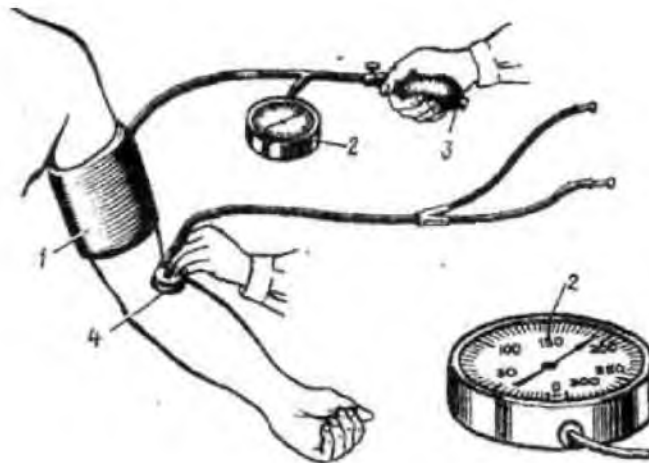
Цель работы: освоить метод Короткова измерения артериального давления.

Материалы и оборудование: тонометр или сфигмоманометр, фонендоскоп. Объект обследования – человек.

Ход работы

Аускультативным методом Н. С. Короткова можно измерить как систолическое, так и диастолическое давление. Сидя на стуле, испытуемый кладет расслабленную руку на стол, на обнаженное плечо ему накладывают манжетку так, чтобы она плотно охватывала плечо, но не сдавливала ткани. Нижний край манжетки должен отстоять от локтевого сгиба не меньше чем на 1–1,5 см. В локтевой ямке находят пульсирующую плечевую артерию, на которую ставят фонендоскоп (рисунок 2.2). Нагнетанием воздуха в манжетку в ней создают давление выше максимального, пульс исчезает. Поворачивают винтовой клапан и, выпуская воздух из манжетки, выслушивают сосудистые тоны в плечевой артерии. Момент появления тонов соответствует систолическому давлению. Продолжают снижать давление в манжетке и слушают нарастающую силу тонов, которые затем ослабевают и исчезают. Момент исчезновения тонов соответствует диастолическому, или минимальному давлению. Не снимая манжетки, повторяют 2–3 раза измерения систолического и диастолического давлений.

Пальпаторный метод Рива-Роччи позволяет определить только максимальное давление. Исследование проводится также с помощью манжетки, накладываемой на плечо. В манжетке создается давление, превышающее уровень максимального давления в лучевой артерии. При этом пульсация ее прекращается. Снижая давление в манжетке, отмечают показания манометра в момент появления пульса. Эти показания соответствуют максимальному (систолическому) давлению в лучевой артерии.



1 – резиновая манжетка; 2 – тонометр; 3 – груша; 4 – фонендоскоп
Рисунок 2.2 – Измерение кровяного давления у человека по способу Короткова

Задание:

1. Сравните показатели максимального давления, полученные в результате его измерения методами Рива-Роччи и Короткова.
2. Зная систолическое и диастолическое давление, вычислите пульсовое.
3. Сравните полученный вами уровень артериального давления с нормой.

Лабораторная работа № 9

Оценка динамики артериального давления и ЭКГ-показателей у человека во время дозированной велоэргометрической пробы

Цель работы: оценить динамичность изменения показателей АД и ЭКГ во время дозированной велоэргометрической пробы.

Материалы и оборудование: велоэргометр с вариатором нагрузки, электрокардиограф, тонометр, фонендоскоп (или автоматический тонометр), кушетка, секундомер, спирт. Объект обследования – человек.

Ход работы

Испытуемому в положении лежа на кушетке накладывают стандартные ЭКГ-электроды и манжетку на левое плечо для измерения артериального давления по методу Короткова. Через 10 мин в условиях полного покоя регистрируют ЭКГ в 3 стандартных отведениях, измеряют артериальное давление. Затем испытуемый пересаживается на велоэргометр. Перед выполнением нагрузки испытуемому повторно регистрируют ЭКГ и измеряют артериальное давление. Величину первой нагрузки устанавливают с учетом состояния испытуемого (например, 15–20 Вт). Продолжительность нагрузки – 5 мин. При хорошем самочувствии и отсутствии патологических изменений на ЭКГ после 10-минутного отдыха испытуемому предлагают выполнить вторую нагрузку (40 Вт) также в течение 5 мин. Нагрузку каждый раз увеличивают на 20 Вт по сравнению с предыдущим уровнем. При появлении у испытуемого утомления, чрезмерной одышки велоэргометрическую пробу заканчивают. Сразу после нагрузки, а также на 2, 6 и 10-й мин восстановления регистрируют ЭКГ и артериальное давление.

Задание: в протоколе дайте объяснение полученных результатов.

Лабораторная работа № 10

Ортостатическая проба

Проба служит для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики и оценки возбудимости центров симпатической иннервации.

Цель работы: освоить методику проведения ортостатической пробы, определить тип гемодинамической реакции на изменение положения тела испытуемого.

Материалы и оборудование: сфигмоманометр с манжеткой для регистрации артериального давления в левой плечевой артерии, фонендоскоп, секундомер, кушетка. Объект обследования – человек.

Ход работы

У обследуемого, лежащего на спине, в течение 6 мин 3 раза измерить артериальное давление и подсчитать ЧСС, при этом взять средние значения этих показателей. Затем у обследуемого после перехода в положение стоя подсчитывают ЧСС на 1-й, 2-й и 5-й мин, АД – на 3-й и 5-й мин.

Данные занести в таблицу 2.2.

Для оценки результатов ортостатической пробы учитывают изменения диастолического давления.

1) *гемодинамическая реакция нормальная* если в течение первой минуты после перехода в вертикальное положение диастолическое давление снижается не более чем на 5 мм. рт. ст., систолическое изменяется в пределах 5%, ЧСС увеличивается в среднем на 20%;

2) *гипердиастолический тип реакции* – диастолическое давление повышается более чем на 5%, систолическое снижается еще на большую величину, пульсовое давление существенно уменьшается, ЧСС повышается более чем на 20% (реакция обусловлена значительным повышением тонуса симпатической нервной системы);

3) *гиподинамический тип реакции* – снижается как систолическое, так и диастолическое давление; пульсовое давление и ЧСС практически не изменяются (реакция обусловлена понижением тонуса симпатической нервной системы)

Таблица 2.2 – Показатели гемодинамики обследуемого при проведении ортостатической пробы

Время	Показатели					
	ЧСС уд./мин	% откл.	САД мм. рт. ст.	% откл.	ДАД мм. рт. ст.	% откл.
В положении лежа (средн.)						
В вертикальном положении						
1-я мин						
3-я мин						
5-я мин						

Задание: по результатам исследования определить тип гемодинамической реакции испытуемого на ортостатическую пробу.

Лабораторная работа № 11

Электрокардиография во время ортостатической пробы с нагрузкой

Изменение периферического кровообращения, происходящее при перемене положения тела (при вставании и в положении стоя), отражается на кровоснабжении сердца. У здоровых людей при ортостатической пробе ЭКГ не изменяется, а увеличение зубца R в III стандартном отведении, связанное с изменением положения сердца и возникающее тотчас после

вставания, является физиологическим. Ортостатическая проба с нагрузкой – более чувствительный тест для диагностики коронарной патологии, чем простая ортостатическая проба. При регистрации ЭКГ наибольшее практическое значение имеют изменения в отведениях II, III. Патологическим считается появление отрицательных зубцов T и снижение интервала S–T в результате ортостатически обусловленных нарушений регуляции коронарного кровообращения.

Цель работы: изучить, как изменяются показатели ЭКГ, во время ортостатической пробы с нагрузкой.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, сфигмоманометр с манжеткой для регистрации артериального давления в левой плечевой артерии, фонендоскоп, секундомер, кушетка, спирт, марлевые салфетки. Объект обследования – человек.

Ход работы

Регистрируют ЭКГ в покое у испытуемого в 3 стандартных отведениях в положении лежа на спине. Измеряют также артериальное давление по Короткову в левой плечевой артерии. Затем испытуемому предлагают встать (электроды остаются фиксированными) и выполнить 20 приседаний примерно за 30 сек. Тотчас после этого, а потом через 3, 6, 10 и 15 мин вновь регистрируют ЭКГ и артериальное давление в положении испытуемого стоя. При регистрации ЭКГ особое внимание уделяют трем стандартным отведениям.

Задание:

1. Данные о функциональной оценке переносимости ортостатической пробы с нагрузкой заносят в таблицу 2.3 в виде результатов измерения амплитуды (мВ) зубцов и длительности (с) интервалов ЭКГ, систолического и диастолического артериального давления (мм рт. ст.).

2. В тетрадь записать оценку испытуемым своего самочувствия (головокружение, боль в области сердца и др.).

3. После заполнения таблицы в выводе дать оценку ортостатической пробе с физической нагрузкой по результатам ЭКГ и динамике артериального давления (переносимость ортопробы хорошая, удовлетворительная, плохая) и уточнить, почему дана та или иная оценка.

Таблица 2.3 – Результаты измерения амплитуды (мВ) зубцов и длительности (с) интервалов ЭКГ

Показатели ЭКГ и АД	Фон лежа	Время пробы, мин																		
		Ортопроба после физической нагрузки					Восстановление													
		1	3	6	10	15	1	5	10	15										
R-R ЧСС Q-T QPS S-T P-Q P T R АД систолическое АД диастолическое АД пульсовое																				

Лабораторная работа № 12

Определение характера пульса и артериального давления

Цель работы: определить тип пульса и АД у испытуемого.

Ход работы

Различают пять типов пульса и АД (нормотонический, гипотонический, гипертонический, ступенчатый и диастолический).

Нормотонический – тип реакции характеризуется учащением пульса, повышением пульсового давления, подъемом систолического и уменьшением диастолического артериального давлений. Указанный тип реакции на физическую нагрузку считается наиболее рациональным, так как при этом происходит увеличение ударного объема крови. Увеличение систолического давления косвенно указывает на уменьшение тонуса артериол. Это наиболее благоприятный тип реакции на физическую нагрузку.

Гипертонический или астенический тип реакции характеризуется компенсаторными механизмами ССС в виде увеличения сердечных сокращений. При этом типе реакции пульс учащается до 120–140 уд/мин, а пульсовое давление увеличивается на 15–20% или остается на исходном уровне. Такая реакция отражает неполноценную работу сердца.

Диастолический тип реакции характеризуется большими сдвигами в систолическом и диастолическом артериальном давлении. При этом может иногда прослушиваться феномен «бесконечного» тона на 2–3 минутах восстановительного периода. Такой тип реакции называется неблагоприятным.

Ступенчатый тип реакции встречается редко и характеризуется ступенчатым подъемом систолического артериального давления. В восстановительном периоде на 2–3 мин систолическое давление выше, чем на первой минуте. Это указывает на функциональную недостаточность ССС.

При оценке сердечнососудистой системы необходимо учитывать реакцию на функциональную пробу, величину пульса, АД, которые могут превышать исходные данные, но их параллельность сохраняется и в восстановительном периоде на 2–3 мин.

Задание: индивидуально определить тип реакции ССС на физическую работу, результаты отразить в выводе.

Лабораторная работа № 13

Функциональные пробы для оценки состояния сердца по АД

Цель работы: изучить изменения показателей АД испытуемого при физических нагрузках.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп. Объект обследования – человек.

Ход работы

Для сравнения результатов исследования в динамике используют одну из общепринятых функциональных проб, которую выбирают в зависимости от состояния испытуемого.

Наибольшее распространение имеют следующие пробы: 1) 20 приседаний за 20 сек; 2) 10–20-кратное вставание на платформу высотой в 50 см; 3) быстрый 15 или 20-секундный бег на месте.

Перед пробой необходимо измерить артериальное давление и частоту сердечных сокращений.

Важным условием при проведении функциональных проб является качественное выполнение пробы.

При проведении пробы манжетка тонометра должна находиться постоянно на плече.

АД, ЧСС измеряются в течении 10 мин с интервалом 2 мин.

Задание: результаты исследований записать в тетради в виде предложенной ниже таблицы 2.4 и сделать выводы.

Таблица 2.4 – Результаты исследований

Показатели, (НАД)	Восстановительный период, (мин)				
	2	4	6	8	10
Пульс					
АД					

Оценка реакции пульса при проведении функциональных проб путем сопоставления ЧСС в покое и после нагрузки.

Пример:

ЧСС в покое принимают за 100%, а разницу до и после нагрузки за X. Получается следующая пропорция:

$$\begin{aligned} 60 &- 100\% \\ (100 - 60) &- X \\ X &= (40 \times 100\%) / 60 = 64\% \end{aligned}$$

Это означает, что после функциональной пробы на первой минуте восстановительного периода пульс участился на 64% по сравнению с исходным. При пробе с 20 приседаний считается нормой учащение пульса в диапазоне 60%–80% от первоначальной величины состояния покоя. Если пульс значительно участился – это может расцениваться как нерациональная реакция сердца на нагрузку.

В оценке реакции АД необходимо учитывать изменение максимального, минимального и пульсового давлений.

Наиболее рациональной реакцией АД является увеличение максимального давления на 15–20% и уменьшение минимального на 15–25% или неизменность его по сравнению с исходным.

ПД в покое у здорового человека принимается за 100%, разница в величине пульсового давления непосредственно после нагрузки и в покое принимают за X. Например:

$$\begin{aligned} \text{ПД в покое } 45 \text{ мм. рт. ст., после нагрузки } 40 \text{ мм. рт. ст.,} \\ 45 &- 100\% \\ (45 - 40) &- X \\ X &= (5 \times 100) / 45 = 12\% \end{aligned}$$

Следовательно, пульсовое давление после выполнения функциональной пробы уменьшилось на 12%.

Задание: сделать анализ полученных результатов и сравнить с нормой.

РАЗДЕЛ 3 ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

1. Значение дыхания.
2. Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, газообмен в легких.
3. Перенос газов кровью.
4. Механизм вдоха и выдоха.
5. Жизненная емкость легких.
6. Дыхание при различных условиях.

1 Значение дыхания

Для жизнедеятельности организма нужны не только питательные вещества, но и кислород. В процессе обмена веществ в тканях происходит непрерывное потребление кислорода и образование углекислого газа. Почти все окислительные процессы в тканях, в результате которых высвобождается необходимая для жизнедеятельности организма энергия, протекают с участием кислорода. Поэтому прекращение поступления кислорода приводит к гибели тканей и организма. Наиболее чувствительна к недостатку кислорода нервная ткань.

Обмен газов, происходящий в тканях, т. е. потребление клетками и межклеточным веществом кислорода и выделение углекислого газа, носит название тканевого дыхания. Тканевое дыхание представляет сложный процесс, в котором участвуют особые вещества – дыхательные пигменты и дыхательные ферменты.

Доставка кислорода к тканям и вынос углекислого газа, образующегося в процессе обмена, осуществляются кровью. Поскольку кислород непрерывно расходуется, а углекислота накапливается, поддержание постоянной концентрации газов в крови возможно лишь при условии непрерывного пополнения кислорода и выведения углекислого газа. Такой процесс происходит также непрерывно в легких (в легочных альвеолах) и носит название легочного дыхания. Легочное дыхание состоит в том, что из легочных альвеол в кровь поступает кислород, а из крови в легочные альвеолы – углекислый газ.

Осуществление легочного дыхания возможно лишь при условии постоянного поступления в легкие из окружающей атмосферы свежего воздуха и выведения находящегося в альвеолах. Такой процесс называется легочной вентиляцией.

2 Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, газообмен в легких

Атмосферный воздух, поступающий в легкие во время вдоха, называется вдыхаемым воздухом; воздух, выделяемый наружу через дыхательные пути во время выдоха – выдыхаемым. Выдыхаемый воздух – это смесь воздуха, заполнявшего альвеолы (альвеолярный воздух) с воздухом, находящимся в воздухоносных путях (в полости носа, гортани, трахеи и бронхов). Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха в нормальных условиях у здорового человека довольно постоянен и определяется следующими цифрами (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Содержание газов в воздухе (в процентах)

	Кислород	Углекислый газ	Азот и другие
Вдыхаемый воздух	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый воздух	16,3	4,0	79,7
Альвеолярный воздух	14,2	5,2	80,6

Данные цифры могут несколько колебаться в зависимости от различных условий (состояние покоя или работы и др.). Но при всех условиях альвеолярный воздух отличается от вдыхаемого значительно меньшим содержанием кислорода и большим содержанием углекислого газа. Это происходит в результате того, что в легочных альвеолах из воздуха поступает в кровь кислород, а обратно выделяется углекислый газ.

Газообмен в легких обусловлен тем, что в легочных альвеолах и венозной крови, притекающей к легким, давление кислорода и углекислоты различно: давление кислорода в альвеолах выше, чем в крови, а давление углекислого газа, наоборот, в крови выше, чем в альвеолах. Поэтому в легких и осуществляется переход кислорода из воздуха в кровь, а углекислоты – из крови в воздух. Такой переход газов объясняется определенными физическими законами: если давление какого-нибудь газа, находящегося в жидкости и в окружающем ее воздухе, различно, то газ переходит из жидкости в воздух и наоборот, пока давление не уравновесится.

В смеси газов, какой является воздух, давление каждого газа определяется процентным содержанием данного газа и называется парциальным давлением (от латинского слова *pars* – часть). Например, атмосферный воздух оказывает давление, равное 760 мм ртутного столба. Содержание кислорода в воздухе равно 20,94%. Парциальное давление кислорода атмосферного воздуха будет составлять 20,94% от общего

давления воздуха (т. е. 760 мм), и равно 159 мм ртутного столба. Установлено, что парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе составляет 100–110 мм, а в венозной крови и капиллярах легких – 40 мм. Парциальное давление углекислого газа равняется в альвеолах 40 мм, а в крови – 47 мм. Разницей в парциальном давлении между газами крови и воздуха и объясняется газообмен в легких. В этом процессе активную роль играют клетки стенок легочных альвеол и кровеносных капилляров легких, через которые происходит переход газов.

3 Перенос газов кровью

Кровь непрерывно переносит из легких в ткани кислород и из тканей в легкие углекислый газ. В артериальной крови, оттекающей от легких, кислорода содержится значительно больше, чем должно быть по физическим законам растворения газов в жидкостях. Это объясняется тем, что большая часть кислорода находится в крови не в растворенном, а в химически связанном состоянии. Кислород, поступающий из легочных альвеол в плазму крови, активно проникает в эритроциты и соединяется с гемоглобином, образуя непрочное химическое соединение – оксигемоглобин. Новые порции кислорода поступают из альвеол в плазму крови, а из нее в эритроциты до тех пор, пока почти весь гемоглобин не перейдет в оксигемоглобин. При дыхании атмосферным воздухом в обычных условиях 96% гемоглобина переходит в оксигемоглобин, и в результате в эритроцитах кислорода содержится в 60 раз больше, чем в плазме крови. Это и обеспечивает ткани необходимым для обмена веществ количеством кислорода.

Газообмен в тканях происходит по тому же принципу, что и в легких. При прохождении крови по кровеносным капиллярам различных органов кислород из области высокого парциального давления (плазма крови) переходит в область низкого парциального давления (тканевая жидкость). Из тканевой жидкости кислород поступает в клетки и сразу вступает в химические реакции окисления. Вследствие этого парциальное давление кислорода внутри клеток всегда равняется нулю. По мере выхода кислорода из плазмы крови оксигемоглобин переходит в гемоглобин, обеспечивая достаточную концентрацию кислорода в плазме. Превращению оксигемоглобина в гемоглобин способствуют многие факторы и, в частности, насыщение крови углекислым газом и повышение температуры крови в органах (например, в мышцах во время их сокращения).

Углекислый газ, образующийся в клетках в процессе обмена, выходит в тканевую жидкость, создавая в ней высокое парциальное давление. В крови, протекающей по кровеносным капиллярам различных

органов, парциальное давление углекислого газа значительно ниже, поэтому углекислый газ переходит из тканевой жидкости в кровь. Кровь содержит значительно больше углекислого газа, чем это возможно вследствие растворения его в жидкости. Это определяется также тем, что углекислый газ находится не только в растворенном состоянии в плазме, но и вступает в химическое соединение с гемоглобином эритроцитов и с солями плазмы. При участии специального фермента углекислый газ сравнительно легко соединяется также с водой плазмы крови, образуя угольную кислоту, которая в легких вновь распадается на углекислый газ и воду. Этим обеспечивается возможность выноса всей углекислоты, образующейся в тканях. Кровь, отдавшая кислород и насыщенная углекислым газом, называется венозной.

Венозная кровь поступает в легкие, где и происходит легочное дыхание.

4 Механизм вдоха и выдоха

Акт дыхания состоит из ритмично повторяющихся вдоха и выдоха.

Вдох осуществляется следующим образом. Под влиянием нервных импульсов сокращаются мышцы, участвующие в акте вдоха: диафрагма, наружные межреберные мышцы. Диафрагма при своем сокращении опускается (уплощается), что ведет к увеличению вертикального размера грудной полости. При сокращении наружных межреберных мышц поднимаются ребра, при этом увеличиваются переднезадний и поперечный размеры грудной полости. Таким образом, в результате сокращения мышц увеличивается объем грудной клетки. Вследствие того, что в полости плевры воздух отсутствует и давление в ней отрицательное, одновременно с увеличением объема грудной клетки расширяются и легкие. При расширении легких давление воздуха внутри них понижается (оно становится ниже атмосферного) и атмосферный воздух устремляется по дыхательным путям в легкие. Следовательно, при вдохе последовательно происходит: сокращение мышц – увеличение объема грудной клетки – расширение легких и уменьшение давления внутри легких – поступление воздуха по воздухоносным путям в легкие.

Выдох происходит вслед за вдохом. Мышцы, участвующие в акте вдоха, расслабляются (диафрагма при этом поднимается), ребра в результате сокращения внутренних межреберных мышц и вследствие своей тяжести опускаются. Объем грудной клетки уменьшается, легкие сжимаются, давление в них повышается (становится выше атмосферного), и воздух по воздухоносным путям устремляется наружу.

Дыхательные движения ритмичны. У взрослого человека в спокойном состоянии в минуту происходит 16–20 дыхательных движений.

У детей они чаще (у новорожденного около 60 в минуту). Как правило, физическая нагрузка, особенно у малотренированных людей, сопровождается учащением дыхания. При многих болезнях также наблюдается учащение дыхательных движений. Учащение дыхания может сопровождаться падением его глубины. Во время сна дыхание урежается.

Различают два типа дыхания: брюшной (преобладает у мужчин) и грудной (у женщин). При первом типе объем грудной полости увеличивается преимущественно в результате сокращения диафрагмы (увеличение вертикального размера), при втором – в результате сокращения других дыхательных мышц (увеличение переднезаднего и поперечного размеров грудной клетки).

5 Жизненная емкость легких

Дыхательный объем – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании.

Резервный объем вдоха – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после нормального вдоха.

Резервный объем выдоха – количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха.

Остаточный объем – количество воздуха, остающееся в легких после максимального выдоха.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха.

Резерв вдоха – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха.

Функциональная остаточная емкость – количество воздуха, остающееся в легких после спокойного выдоха.

Общая емкость легких – количество воздуха, содержащееся в легких на высоте максимального вдоха. Общая емкость легких равна сумме ЖЕЛ и остаточного объема.

После выдоха, даже самого глубокого, в легких остается около 1000 см³ воздуха. Этот объем называется остаточным воздухом.

Благодаря наличию остаточного воздуха легкое, опущенное в воду, не тонет. У плода до рождения легочное дыхание отсутствует, и легкие не содержат воздуха. Кусочек такого легкого в воде тонет. Воздух поступает в легкие после рождения при первом вдохе.

Легочные объемы можно измерить с помощью спирометра.

Для функциональной характеристики легких пользуются определением их жизненной емкости. Под жизненной емкостью легких понимают то количество воздуха, которое человек способен выдохнуть после глубокого вдоха. В среднем она равна 3500 см³.

Систематические занятия физкультурой и спортом способствуют увеличению жизненной емкости легких (у некоторых физкультурников она достигает 6000–7000 см³). У женщин жизненная емкость в среднем меньше, чем у мужчин; у молодых она больше, чем у пожилых людей. ЖЕЛ зависит от возраста, пола, физической активности, размеров тела и т. д. После 40 лет ЖЕЛ уменьшается тем больше, чем меньше физическая активность человека. Как правило, у женщин ЖЕЛ на 20–25% меньше, чем у мужчин. Так, например, у «среднего» взрослого здорового мужчины в возрасте 20–30 лет ЖЕЛ составляет 4,8 л, у женщины – 3,6 л; в возрасте 50–60 лет соответственно 3,8 и 3,0 л.

ЖЕЛ в норме можно определить по формуле:

у мужчин ЖЕЛ (л) = рост (м) – 2,5;

у женщины ЖЕЛ (л) = рост (м) – 2,0.

При спокойном дыхании за один вдох в легкие поступает около 500 см³ воздуха. Этот объем носит название дыхательного воздуха. При максимальном вдохе после спокойного выдоха в легкие поступает воздуха в среднем на 1500 см³ больше, чем при спокойном вдохе. Этот объем воздуха называется дополнительным или резервным объемом вдоха. При максимальном выдохе после обычного вдоха можно вывести из легких в среднем на 1500 см³ воздуха больше, чем при обычном выдохе. Этот объем воздуха называется дополнительным или резервным объемом выдоха. Все три объема воздуха – дыхательный, резервный объем вдоха и выдоха – и составляют вместе жизненную емкость легких (ЖЕЛ).

$ЖЕЛ = 500 \text{ см}^3 + 1500 \text{ см}^3 + 1500 \text{ см}^3 = 3500 \text{ см}^3 \text{ воздуха.}$

ЖЕЛ – один из важнейших показателей, позволяющих судить о подвижности легких и грудной клетки.

Легочная вентиляция меняется в зависимости от функционального состояния организма. Интенсивность легочной вентиляции определяется глубиной вдоха и частотой дыхательных движений. Для оценки морфофункционального состояния дыхательной системы определяют ряд показателей. Одним из наиболее информативных показателей легочной вентиляции служит минутный объем воздуха (МОВ), который оценивается по объему воздуха, вдыхаемого или выдыхаемого за одну минуту. У взрослого здорового человека частота дыхания в покое составляет 16–20 дыхательных актов (вдох–выдох) в 1 мин, МОВ – 6–10 л × мин⁻¹, при работе он возрастает до 30–100 л × мин⁻¹. В течение жизни человек делает около 700 млн вдохов и вдыхает 300–350 млн л воздуха.

Пневмоторакс. При травме грудной клетки с повреждением плевры в плевральную полость поступает атмосферный воздух – наступает пневмоторакс. При этом давление в полости плевры будет таким же, как и в легком. Легкое вследствие своей эластичности спадается и не участвует в дыхании. В медицинской практике прибегают иногда к искусственному введению воздуха в полость плевры (искусственный пневмоторакс).

6 Дыхание при различных условиях

В спокойном состоянии взрослый человек совершает 16–20 дыхательных движений в минуту. Изменение условий, в которых находится организм, оказывает влияние на деятельность всех его органов, в том числе на систему органов дыхания. Газообмен резко увеличивается при физической нагрузке. Во время работы в мышцах повышается обмен веществ и связанное с этим потребление кислорода и выделение углекислоты. В ответ рефлекторно изменяется легочное дыхание. У тренированных людей газообмен в легких увеличивается преимущественно за счет большой глубины вдоха и выдоха, у нетренированных – за счет учащения дыхания. Однако поступление кислорода в кровь у нетренированных будет меньше, чем у тренированных. Длительная интенсивная мышечная работа приводит к «кислородной задолженности»: потребность организма в кислороде превышает его поступление. При этом иногда появляются сильная одышка, учащенное сердцебиение и другие неблагоприятные явления. Затем может наступить так называемое второе дыхание, при котором дыхательные движения выравниваются, повышается работоспособность.

Резкие изменения в организме, связанные с нарушением газообмена, наблюдаются при понижении и повышении атмосферного давления. При подъеме на большую высоту (около 4 км над уровнем моря и выше) развивается состояние, называемое горной болезнью: отмечается учащение пульса и дыхания, головная боль, мышечная слабость и др. Причиной этому является резкий недостаток кислорода в тканях организма – кислородное голодание (гипоксия). Известно, что по мере подъема на высоту атмосферное давление падает, в результате снижается давление кислорода (парциальное) в легочных альвеолах и уменьшается количество кислорода, переходящее из легких в кровь. Понижение содержания кислорода в крови ведет к недостаточному поступлению его в ткани, что сопровождается различными нарушениями в деятельности организма. Чтобы избежать этого, при полетах на больших высотах применяют специальные кислородные приборы. Вдыхание кислорода приводит к повышению его содержания в крови. В условиях повышенного атмосферного давления находятся люди, работающие под водой. Это может быть причиной состояния, называемого кессонной болезнью; для нее характерны боли в суставах и мышцах, кожный зуд, головокружение, рвота, иногда обморок (в тяжелых случаях может наступить смерть). По мере повышения атмосферного давления, например при погружении водолаза, давление газа в легочных альвеолах увеличивается. Вследствие этого из легких в кровь переходит не только кислород, но и азот. Азот находится в крови в растворенном состоянии и при нормальном атмосферном давлении; при повышенном же давлении содержание его возрастает.

По мере понижения повышенного атмосферного давления до нормального, например, при подъеме водолаза из глубины на поверхность воды, излишек азота переходит из крови в воздух. Если давление понижается очень быстро, весь излишек азота из крови выделяться не успеет и в кровеносных сосудах образуются из него пузырьки газа. Они циркулируют вместе с кровью и могут вызвать закупорку сосудов, что сопровождается различными нарушениями в деятельности организма. Одной из мер предупреждения кессонной болезни является медленный переход от повышенного атмосферного давления к нормальному.

При многих болезнях наблюдается затрудненное дыхание – одышка. Виды одышки различны и зависят от характера причины, вызвавшей нарушение дыхания. Для одних заболеваний характерна одышка с учащенным и поверхностным дыханием, а для других – с замедленным и глубоким и т. д. Иногда одышка связана с нарушением ритма дыхательных движений, что чаще всего является результатом понижения возбудимости дыхательного центра.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается значение дыхания для организма человека?
2. Как происходит газообмен в легких?
3. Охарактеризуйте все легочные объемы.
4. Как кровь переносит газы?

ТЕМА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Для оценки функционирования дыхательной системы человека необходимо изучить такие показатели: результаты спирометрии, пневмотахометрии.

Лабораторная работа № 1 Функциональная проба с задержкой дыхания

Время, в течение которого человек может задерживать дыхание, преодолевая желание вдохнуть, индивидуально. Оно зависит от эффективности внешнего дыхания, системы крови и кровообращения. Поэтому длительность произвольной максимальной задержки дыхания может использоваться в качестве функциональной пробы, отражающей состояние этих систем.

У здоровых людей время максимальной задержки дыхания после спокойного вдоха составляет 50–60 с, после спокойного выдоха оно меньше – 30–40 с.

Цель работы:

1. Определить время задержки дыхания и факторы, влияющие на время задержки дыхания.
2. Определить, как изменится ЭКГ после задержки дыхания.
3. Изучить, как изменится АД после задержки дыхания.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, электроды, 10%-ный раствор NaCl, марля или фильтровальная бумага, секундомер, тонометр, фонендоскоп. Объект обследования – человек.

Ход работы

Перед началом пробы у испытуемого регистрируют ЭКГ в 3 стандартных отведениях, измеряют артериальное давление. Затем испытуемому предлагают глубоко вдохнуть и, насколько возможно, задержать дыхание. В момент глубокого вдоха включают секундомер. В процессе задержки дыхания и в «точке срыва» непосредственно после инспираторного апноэ выключают секундомер, измеряют артериальное давление, регистрируют ЭКГ.

Определить время максимальной задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генча) на фоне спокойного дыхания. Исследуемый в течение 3–4 мин должен дышать спокойно, затем после спокойного выдоха сделать глубокий вдох или глубокий выдох и задержать дыхание на максимально продолжительное время. Пользуясь секундомером определить время задержки дыхания.

Определить время максимальной задержки дыхания на вдохе и выдохе на фоне форсированного дыхания (после искусственной гипервентиляции легких). Для этого исследуемый в течение 1–2 мин должен дышать с наибольшей глубиной, а затем задержать дыхание на максимально продолжительное время на максимальном вдохе или на максимальном выдохе.

Анализ полученных данных произвести с учетом следующих нормативов.

Проба Штанге (после глубокого вдоха):

- 39 сек – неудовлетворительно;
- 40–49 сек – удовлетворительно;
- 50 сек – хорошо.

Проба Генча (после глубокого выдоха):

- 34 сек – неудовлетворительно;
- 35–39 сек – удовлетворительно;
- 40 сек – хорошо.

Задание:

1. Занесите в протокол результаты субъективной оценки испытуемым своего самочувствия до и после функциональной пробы

с задержкой дыхания (головокружение, шум в ушах, мелькание «мушек» перед глазами, головная боль и другие симптомы, возникшие в «точке срыва» и явившиеся причиной прекращения задержки дыхания).

2. В таблицы 3.2, 3.3 запишите результаты измерения зубцов и интервалов ЭКГ, артериального давления до и после пробы с задержкой дыхания.

3. В протоколе отметьте также время задержки дыхания (минуты и секунды).

Таблица 3.2 – Результаты исследований по ЭКГ

Этап работы	ЭКГ	R-R	ЧСС	R	T	P	QRS	Q-T	P-Q	S-T
До пробы	I									
	II									
	III									
То же, после пробы										

Таблица 3.3 – Результаты исследований АД

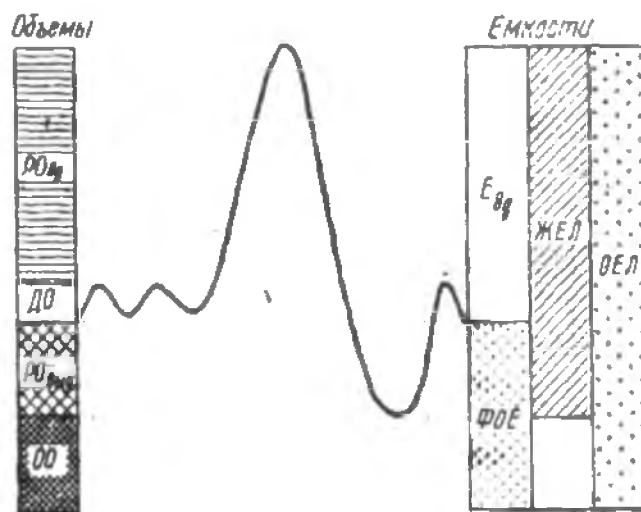
Этап работы до и после пробы	Измеряемые величины			
	АД систолическое	АД диастолическое	АД пульсовое	ЧСС

При объективной оценке результатов функциональной пробы с задержкой дыхания следует учесть, что при здоровом сердце даже длительная (свыше 60 сек) задержка дыхания на вдохе не оказывает заметного влияния на ЭКГ. У человека со скрытой коронарной недостаточностью, как правило, выявляется изменение зубца *T* (уменьшение амплитуды). Снижение интервала *S-T* наблюдается редко. Во время пробы могут появиться экстрасистолы, что является неблагоприятным симптомом и служит основанием для досрочного прекращения пробы.

После анализа полученных данных сделайте заключение о переносимости функциональной пробы с задержкой дыхания на вдохе или выдохе (хорошая, плохая, удовлетворительная).

Лабораторная работа № 2 Спирометрия

Спирометрия – метод определения жизненной емкости легких и составляющих ее объемов воздуха. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – это наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после максимального вдоха. На рисунке 3.1 показаны легочные объемы и емкости, характеризующие функциональное состояние легких, а также пневмограмма, поясняющая связь объемов и емкостей легких с дыхательными движениями. Функциональное состояние легких зависит от возраста, роста, пола, физического развития и ряда других факторов. Для оценки функционирования дыхательной системы у данного человека, измеренные у него легочные объемы следует сравнивать с должными величинами. Должные величины рассчитывают по формулам или определяют по номограммам (рисунок 3.2), отклонения на $\pm 15\%$ расцениваются как несущественные. Для измерения ЖЕЛ и составляющих ее объемов используют водяной или сухой спирометр (рисунок 3.3).



РО_{вд} – резервный объем вдоха; ДО – дыхательный объем;
РО_{вд} – резервный объем выдоха; ОО – остаточный объем;
Е_{вд} – емкость вдоха; ФОЕ – функциональная остаточная емкость;
ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ОЕЛ – общая емкость легких

Рисунок 3.1 – Легочные объемы

Цель работы: освоить методику и определить ЖЕЛ испытуемого в положении сидя, стоя, лежа.

Материалы и оборудование: сухой спирометр, носовой зажим, загубник, спирт, вата. Объект обследования – человек.

Ход работы

Мундштук спирометра протирают ватой, смоченной спиртом. Испытуемый после максимального вдоха делает максимально глубокий выдох в спирометр. По шкале спирометра определяют ЖЕЛ. Точность результатов повышается, если измерение ЖЕЛ производят несколько раз и вычисляют среднюю величину. При многократных измерениях необходимо каждый раз устанавливать исходное положение шкалы спирометра. Для этого у сухого спирометра поворачивают измерительную шкалу так, чтобы нулевое деление шкалы совместилось со стрелкой.

ЖЕЛ определяют в положении испытуемого стоя, лежа, сидя, а также после физической нагрузки. Отмечают разницу в результатах измерений.

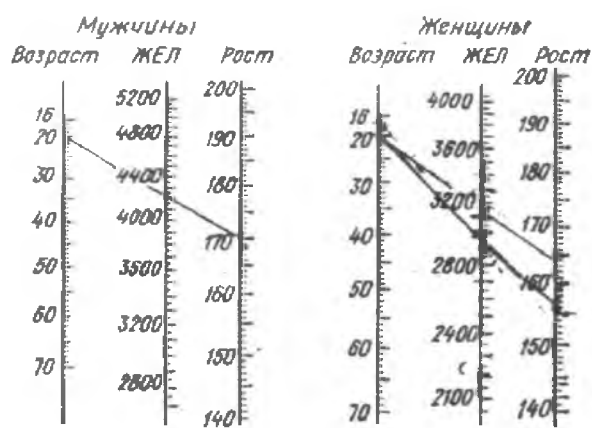


Рисунок 3.2 – Номограмма для определения должной величины ЖЕЛ

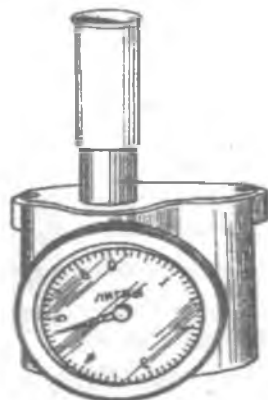


Рисунок 3.3 – Сухой спирометр

Для определения дыхательного объема выдоха испытуемого просят при обычном режиме дыхания сделать 5–7 спокойных выдохов в спирометр. Затем показатели спирометра делят на число выдохов.

Для определения резервного объема выдоха испытуемого просят сделать после очередного спокойного выдоха максимальный выдох в спирометр. По шкале спирометра определяют резервный объем выдоха. Повторяют измерения несколько раз и вычисляют среднюю величину.

Резервный объем вдоха можно определить двумя способами: вычислить и измерить спирометром. Для его вычисления необходимо из величины ЖЕЛ вычесть сумму дыхательного и резервного объемов воздуха. При измерении резервного объема вдоха спирометром в него набирают определенный объем воздуха и испытуемый после спокойного вдоха делает максимальный вдох из спирометра. Разность между первоначальным объемом воздуха в спирометре и объемом, оставшимся там после глубокого вдоха, соответствует резервному объему вдоха.

Для определения остаточного объема воздуха пока не существует прямых методов, поэтому используют косвенные. Считают, что в норме остаточный объем составляет 25–30% от величины ЖЕЛ.

Задание:

1. Полученные данные запишите в тетрадь.
2. Сравните величину ЖЕЛ, измеренную спирометром, с должной ЖЕЛ, найденной по номограмме.
3. Рассчитайте остаточный объем, а также емкости легких: общую емкость легких, емкость вдоха и функциональную остаточную емкость.

Лабораторная работа № 3 Пневмотахометрия

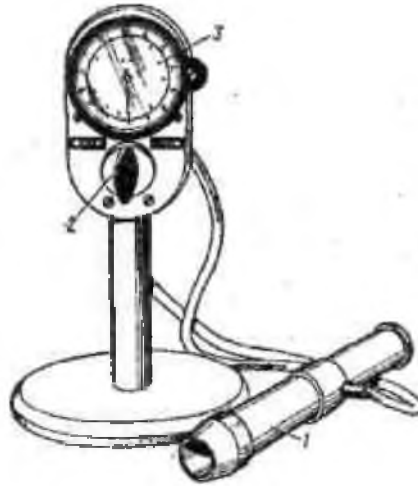
Этот метод применяют для определения максимальной скорости воздушного потока при форсированном вдохе или выдохе. Полученные при пневмотахометрии показатели принято называть мощностью вдоха или выдоха. Количественные значения этих показателей колеблются в широких пределах, что зависит как от индивидуальных особенностей дыхательной системы, так и от типа пневмотахометра, поэтому их оценка при однократном исследовании затруднительна. Ценность этого метода значительно повышается при сравнении результатов повторных исследований у одного и того же испытуемого.

Цель работы: ознакомиться с устройством пневмотахометра, определить у испытуемого максимальную скорость потока воздуха при вдохе и выдохе.

Материалы и оборудование: пневмотахометр, спирт, вата. Объект обследования – человек.

Ход работы

Пневмотахометр (рисунок 3.4) представляет собой дифференциальный пневмоманометр, по шкале которого можно определить скорость воздушного потока в м/сек.



1 – дыхательная трубка, 2 – переключатель «вдох» и «выдох», 3 – шкала прибора

Рисунок 3.4 – Пневмотахометр

Исследования выполняют при положении испытуемого стоя. Перед исследованием мундштук протирают ватой со спиртом. Для измерения мощности вдоха испытуемый после полного выдоха делает форсированный вдох через датчик пневмотахометра. При измерении мощности выдоха испытуемый из положения максимального вдоха делает форсированный выдох через датчик пневмотахометра. Каждую операцию повторяют 5 раз. Мощность вдоха и выдоха определяют по максимальным показателям пневмотахометра.

Максимальная объемная скорость выдоха у взрослого человека составляет 4–6 м/с. Должная объемная скорость выдоха (ДОСВ) определяется расчетным путем по формуле 3.1.

$$\text{ДОСВ} = \text{ЖЕЛ} \times 1,25, \quad (3.1)$$

Величина объемной скорости вдоха несколько ниже, но не меньше 3 м/с в норме.

Пневматометрия широко используется в клинической практике для оценки проходимости бронхиального дерева. Если скорость выдоха ниже 1,5 м/с – это указывает на выраженную непроходимость воздуха по бронхиальному дереву.

Задание:

1. Результаты пневматометрии запишите в тетрадь.
2. Сравните результаты пневматометрии у разных испытуемых.
3. Определите индивидуально ДОСВ [4].

Лабораторная работа № 4 Комбинированная проба состояния ССС и дыхания (по Серкину)

Цель работы: освоить комбинированную пробу Серкина.

Материалы и оборудование: тонометр, секундомер, испытуемый.

Ход работы

Комбинированная проба Серкина состоит из трех этапов:

- 1) задержка дыхания на вдохе в положении сидя,
- 2) задержка дыхания на вдохе сразу после 20 приседаний, выполненных за 30 с,
- 3) задержка дыхания на выдохе в положении сидя.

Длительность задержки дыхания значительно уменьшается при нарушении дыхания и ССС (таблица 3.4)

Таблица 3.4 – Оценка пробы Серкина

Контингент испытуемых	Этапы		
	1	2	3
Здоровые, тренированные	45–60 с	более 50% 1 этапа	более 100% 1 этапа
Здоровые, нетренированные	35–45 с	30%–50% 1 этапа	70%–100% 1 этапа
Лица, имеющие заболевания, ССС и дыхательной систем	25–35 с	менее 30% 1 этапа	менее 30% 1 этапа

Задание:

1. Полученные результаты запишите в тетрадь.
2. Сравните результаты с нормой.

Лабораторная работа № 5 Комбинированная проба состояния ССС и дыхания (по Мартини-Кушелевскому)

Цель работы: освоение данного метода оценки функционального состояния ССС и дыхательной систем.

Материалы и оборудование: тонометр, секундомер, испытуемый.

Ход работы

В оценке состояния здоровья учащейся молодежи чаще всего используется эта проба.

Вначале испытуемый отдыхает 10 мин в положении сидя. Затем в течение 1 мин подсчитывается частота дыхания (ЧД), частота пульса (ЧСС) за 10 с до тех пор, пока одна из цифр не менее 3 раз повторится.

Например: пульс 16, 15, 15, 15 ударов за 10 с.

Затем на левое плечо накладываем манжетку и спустя 1–1,5 мин измеряем АД. После этого испытуемый делает 20 глубоких приседаний за 30 с. В первые 10 с 1-ой мин восстановительного периода подсчитываем пульс, после чего в течение 40 с измеряем АД в интервале 10–50 с., затем снова подсчитываем пульс по 10-секундным отрезкам до получения цифр исходной частоты. Одновременно определяем АД за 1, 2, 3-ю минуты восстановительного периода.

На основании полученных результатов ЧСС, АД определяем показатель качества реакции (ПКР) (формула 3.2).

где $ПД_1$ – пульсовое давление до нагрузки;
 $ПД_2$ – пульсовое давление после нагрузки;
 $П_1$ – пульс до нагрузки в мин;
 $П_2$ – пульс после нагрузки в мин.

Например:

$$ПД_1 = 110/70 = 40 \text{ мм. рт. ст.};$$

$$ПД_2 = 125/55 = 70 \text{ мм. рт. ст.};$$

$$П_1 = 90 \text{ мин};$$

$$П_2 = 120 \text{ мин.}$$

$$ПКР = (70 - 40) / (120 - 90) = 1$$

У здоровых людей ПКР находится в пределах от 0,5 до 1. У лиц, которые постоянно занимаются физическими упражнениями, отмечается экономизация кардиореспираторной системы.

Задание: определить показатель качества реакции (ПКР) у обследуемого. Сравнить полученный результат с нормой.

РАЗДЕЛ 4 ФИЗИОЛОГИЯ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

1. Строение почки.
2. Физиология мочеобразования.
3. Исследование показателей мочевыделительной системы.
4. Изменения биологических показателей мочевыделительной системы при некоторых патологиях.

1 Строение почки

Почки расположены с двух сторон позвоночника, на уровне 12 грудного и 1–2 поясничных позвонков за брюшиной, ограждены толстой жировой прослойкой. Правая расположена ниже левой. Почки имеют своеобразную бобовидную форму, одеты в соединительнотканную оболочку.

Ворота почки находятся посередине медиального края, через них в почку проникают и выходят из нее кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и мочеточник.

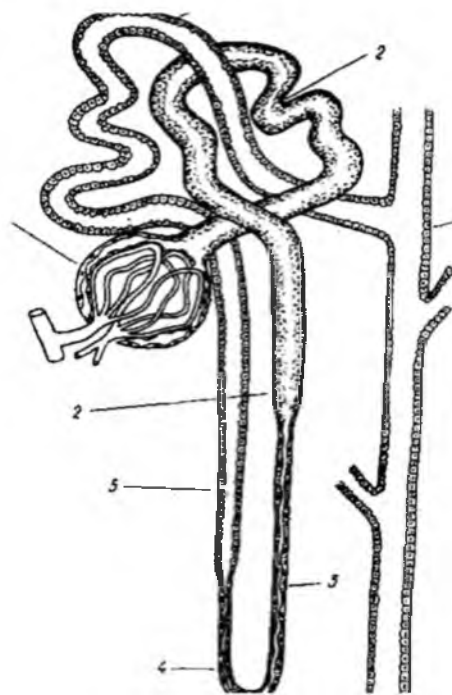
На продольном разрезе почки различают наружный корковый слой и внутренний мозговой. Мозговой слой образует от 8 до 18 почечных пирамид, вершины которых образуют сосочки, имеющие отверстия, через которые поступает моча в малые и большие чашечки, почечные лоханки, мочеточники и мочевой пузырь.

Строма почки представлена рыхлой соединительной тканью. Паренхима состоит из почечных телец и системы почечных канальцев.

Структурной единицей почки является нефрон, который состоит из сосудистого клубочка и тубулярной части. В почке около 1 млн. нефронов. Сосудистый клубочек (почечное тельце, Мальпигиево тельце) состоит из 50 капиллярных петель, на которые распадается приносящий сосуд. Капиллярные петли имеют анастомозы и представляют собой диализирующую мембрану, через которую фильтруется вода и водорастворимые вещества плазмы крови (рисунок 4.1).

Фильтрационный барьер в почечном тельце состоит из трех слоев: эндотелия, базальной мембраны и эпителия (подоцита), который выстилает висцеральный листок капсулы Шумлянско-Боумена.

Эндотелиальные клетки капилляров – это цитоплазматическая пластинка, пронизанная порами размерами до 100–150 нм, через которые плазма проходит как через сито. При различных патологических состояниях проницаемость пор может меняться за счет вакуолизации эндотелия, их набухания.



- 1 – капиллярный клубочек и капсула; 2 – проксимальный извитой каналец;
 3 – нисходящая часть петли Генле; 4 – восходящая часть петли Генле;
 5 – дистальный извитой каналец; 6 – собирательные трубочки

Рисунок 4.1 – Схема строения нефрона

Базальная мембрана имеет толщину до 400 нм и состоит из трех слоев: наружного, внутреннего и эндотелия. Средний плотный слой имеет щели, через которые в норме могут проходить легкие цепи иммуноглобулинов, ферменты, альбулины. Фильтрация низкомолекулярных белков в норме ограничена отрицательным зарядом гликокаликса и высокой скоростью фильтрации. При патологических состояниях проницаемость базальной мембраны меняется за счет снижения отрицательного заряда гликокаликса, разрыхления, гомогенизации, утолщения слоев, а также за счет отложения в ней амилоида, гиалина, иммунных комплексов, которые избирательно действуют на базальную мембрану, изменяя ее ультраструктуру.

Подоцит (эпителиальная клетка висцерального листка капсулы Шумлянско-Боумана) представляет собой клетку с ядром в основании. От цитоплазмы отходят крупные отростки цитотрабекулы, от которых простираются малые отростки (цитоподии), опирающиеся на базальную мембрану, образуя подподоцитарное пространство. В этом пространстве располагаются щели, через которые фильтрат плазмы может поступать в полость капсулы Шумлянско-Боумана, минуя цитоплазму подоцита. Изменения подоцитов чаще бывают вторичными и наблюдаются при нефротическом синдроме.

Капсула Шумлянско-Боумена состоит из париетального и висцерального листков, между которыми располагается капсулярное пространство, куда и фильтруется первичная моча. Соединительная ткань связывает капиллярные петли между собой.

Тубулярная часть нефрона состоит из проксимального канальца, петли Генле, дистального канальца и собирательной трубочки.

Проксимальный каналец имеет сложное строение и состоит из прямой и извитой части, покрытой кубическим эпителием, имеющим крупное ядро, расположенное ближе к базальной мембране, большое количество митохондрий, молекул РНК в цитоплазме. Поверхность клеток, обращенная в просвет канальца, покрыта щеточной каймой, которая увеличивает поверхность всасывания. В зоне щеточной каемки сосредоточено большое количество фосфатазы, а в митохондриях – сукциндегидрогеназ и других окислительных ферментов, которые обеспечивают активный транспорт веществ из первичной мочи обратно в кровь, т. е. обеспечивают реабсорбцию веществ.

Петля Генле имеет нисходящее колено, узкую часть, восходящее колено. Она отвечает за процессы концентрации мочи. Узкая часть петли выстлана уплощенным эпителием, бедна окислительными ферментами. Между клетками располагается цементирующее вещество, не пропускающее воду.

Слизистая **дистального канала** покрыта кубическим эпителием. Ядро располагается апикально, в клетках много митохондрий, вакуолей, которые секретируют аммиак и водородные ионы. Дистальный каналец отвечает за процессы секреции и факультативную реабсорбцию веществ.

Извитой каналец (дистальный) впадает в начало прямого канальца – **собирательные трубочки**. Прямые канальцы лежат в пирамидах и являются канальцами, выводящими мочу. Они открываются на сосочках пирамид в малые чашечки.

В собирательных трубочках эпителий принимает цилиндрическую форму, меняет свою проницаемость под действием вазопрессина, а также участвует в процессах секреции и реабсорбции.

Около 20% нефронов, расположенных на границе коркового и мозгового слоев, содержат юкстамедуллярный аппарат (ЮГА), который является эндокринным аппаратом почки. Выделяют четыре компонента аппарата ЮГА:

1) клетки ЮГА, расположенные в стенке приносящего сосуда и вырабатывающие ренин;

2) клетки плотного тела (*maculadensae*) – рецепторы ренина, регулирующие качественный состав мочи дистального канальца, находящиеся в стенке этого канальца;

3) *lacis*-клетки, обеспечивающие взаимодействие клеток ЮГА с плотным телом, располагаются между приносящим и выносящим сосудами;

4) мезангиальные клетки при патологии могут трансформировать и в определенных условиях начинают вырабатывать ренин, кроме того, они выполняют фагоцитарную функцию.

Аппарат ЮГА вырабатывает эритропоэтин и простагландины – тканевые гормоны. Простагландины участвуют в работе противоточномножительного механизма в петле Генле, обеспечивают распределение крови между корковым и мозговым веществом, влияют на транспорт воды и электролитов в почке.

2 Физиология мочеобразования

Процесс образования мочи начинается ультрафильтрацией из плазмы крови воды и низкомолекулярных водорастворимых веществ (рисунок 4.2).

Фильтрация первичной мочи зависит от состояния базальной мембраны клубочка, числа функционирующих клубочков, общей поверхности капилляров клубочка, тонуса капиллярной сети. Первичная моча – это фильтрат плазмы, содержащий воду, минимальное количество белка (представленное альбумином, ферментами, легкими цепями иммуноглобулинов, аминокислотами); имеет $pH = 7,4$, относительную плотность 1,010. Процесс фильтрации также зависит от эффективного фильтрационного давления (ЭФД), которое представляет разность между гидростатическим давлением крови в капиллярной сети и суммой коллоидно-осмотического и внутрпочечного давления.

Фильтрация уменьшается при снижении гидростатического давления в капиллярах, при повышении внутрпочечного давления, онкотического давления, при шоке, сильном кровотоке.

Анурия (отсутствие мочи) наступает при снижении гидростатического давления в капиллярной сети ниже 50 мм рт. ст.

Фильтрация увеличивается при повышении давления в капиллярах, при усиленном выбросе ренина, вазопрессина, усиленном притоке крови к почечному клубочку.

Канальцевая реабсорбция – обратное всасывание необходимых организму веществ в кровь (глюкоза, вода, соли, аминокислоты), обеспечивает сохранение необходимых веществ для организма, стабильную концентрацию электролитов, постоянное соотношение анионов и катионов, динамическое равновесие осмотического давления в жидкостях организма.

Обратное всасывание способствует сохранению воды, белков, углеводов в организме и является вторым этапом мочеобразования.

За сутки у взрослого человека образуется 180 л первичной мочи, реабсорбируется 178–179 л и выводится только 1,5–2 л окончательной мочи. В одну минуту к почечному тельцу приходит около 1200 мл крови, фильтруется 120 мл первичной мочи в капсуле Шумлянско-Боумана, 119 мл всасывается и выводится 1 мл окончательной мочи.

Реабсорбция осуществляется как в виде пассивной диффузии в соответствии с концентрационным и осмотическим градиентом, так и благодаря активному транспорту при участии ферментов. Примером активного транспорта служит глюкоза, которая при помощи натрий зависимого мембранно-транспортного механизма полностью возвращается в кровь. Глюкоза является пороговым веществом и в моче появляется тогда, когда ее количество в крови превышает почечный порог, т. е. когда канальцевый эпителий не может обеспечить перенос всей профильтровавшейся глюкозы из просвета проксимального канальца в кровь.

Аминокислоты, белки реабсорбируются полностью путем пиноцитоза в проксимальном канальце. На 100% всасываются фосфаты и калий. Вода возвращается в кровь облигатно (обязательно) на 75% в проксимальном канальце, всасываясь пассивно за натрием и глюкозой. В дистальном канальце и собирательных трубочках вода возвращается в кровь факультативно под действием вазопрессина – гормона задней доли гипофиза. Нарушение реабсорбции может быть первичным при отсутствии ферментов-переносчиков и вторичным при наличии воспалительного процесса в канальцах, венозного застоя, ишемии, гипотонии нефрона, при блокировании ферментов-переносчиков в результате отравления тяжелыми металлами.

Секреция – третий этап процесса мочеобразования, направлена на перенос некоторых веществ из крови перитубулярных капилляров в просвет канальца через эпителиальные клетки. Путем канальцевой секреции в дистальном канальце выводятся из организма ионы водорода, калия, аммиака, некоторые анионы и катионы органических веществ, парааминогиппуровая кислота, глюкуроновая кислота, этерифицированные сульфаты, сульфаниламидные препараты, антибиотики; в проксимальном канальце – лекарства, красители, введенные в организм. Процесс секреции способствует выведению из организма всех ненужных веществ, образованных в результате обменных процессов. Перенос секретлируемых веществ из крови осуществляется против концентрационного градиента, за счет использования энергии фосфорных соединений.

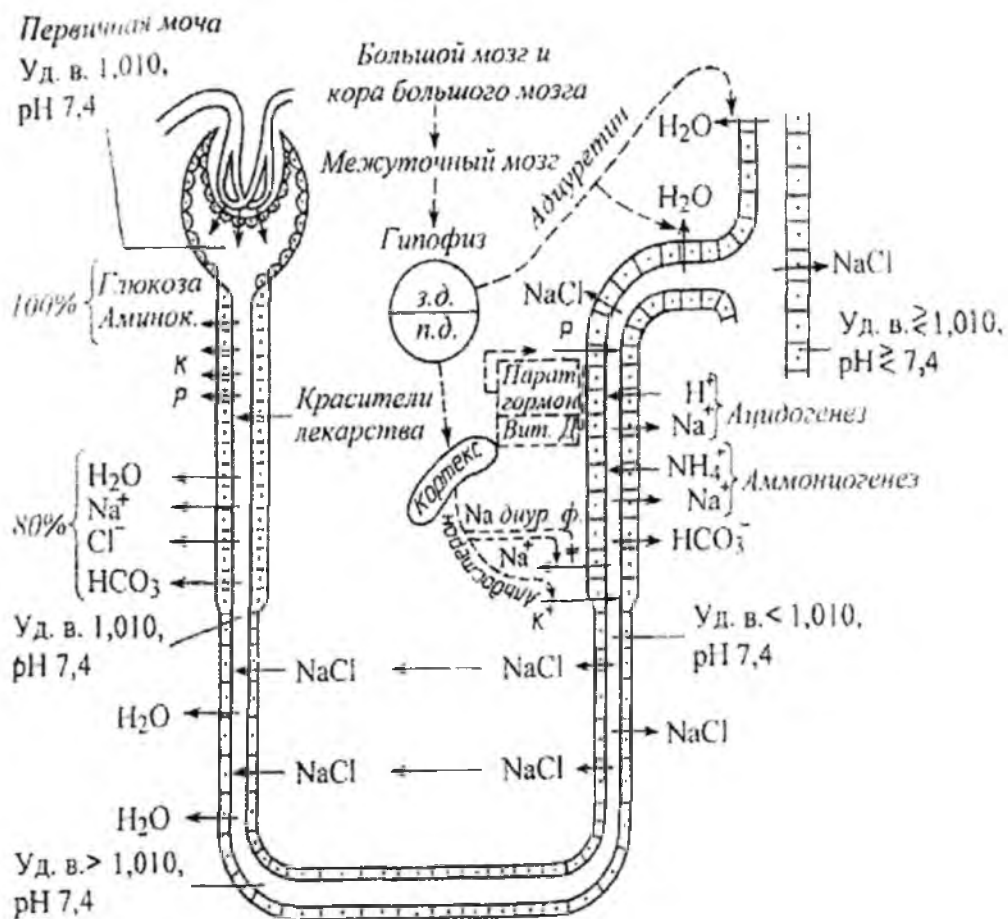


Рисунок 4.2 – Схема образования мочи

3 Исследование показателей мочевыделительной системы

Исследование мочи широко используется в клинике первую очередь при выявлении патологий мочевыделительных органов. Клиническое исследование мочи включает три этапа: определение физических свойств, химическое исследование и микроскопию осадка.

Физические свойства мочи

Суточное количество мочи (диурез) является важным показателем выделительной функции почек и состояния водного обмена. Диурез взрослого человека в норме – 1–2 л (50–80% выпитой жидкости).

Уменьшение диуреза – олигурия (менее 600 мл в сутки) наблюдается при недостаточном приеме жидкости, отеках, заболеваниях, протекающих с лихорадкой, токсикозах, рвоте, поносе, острой недостаточности почек, гломерулонефрите. Прекращение выделения мочи – анурия – отмечается при резком обезвоживании организма, острой недостаточности почек, тяжелом гломерулонефрите, рефлекторно – при менингитах, отравлениях ртутью, свинцом, мышьяком, а также при

закупорке мочевых путей камнем или опухолью. У новорожденных в первые сутки наблюдается физиологическая анурия. Увеличение количества суточной мочи – полиурия (более 2 л в сутки) наблюдается при приеме большого количества жидкости, а также в периоде выздоровления при заболеваниях, сопровождающихся лихорадкой, при уменьшении отеков, нефросклерозе, сахарном и несахарном диабете и др. Соотношение дневного и ночного количества мочи в норме 3:1, 4:1. Увеличение количества мочи, выделенной за ночь, – никтурия – может свидетельствовать о начальной стадии декомпенсации деятельности сердца, о нефросклерозе, цистите.

Цвет мочи в норме светло-желтый, концентрированная моча окрашена более интенсивно. Окраска мочи зависит, прежде всего, от ее относительной плотности: при низкой относительной плотности моча может быть практически бесцветной, а при высокой напоминает цвет крепкого чая (кроме мочи при сахарном диабете, когда высокая относительная плотность ее сочетается с бледной окраской). Окраска мочи зависит также от различных примесей: красный и бурый оттенок или цвет мочи отмечается при примеси крови, кровяных пигментов, некоторых лекарственных препаратов, оранжевый оттенок – при наличии в моче уратов, коричневый, бурый, зеленый – при примеси желчных пигментов, черный, молочно-белый цвет имеет гнойная моча, а также моча при фосфатурии, липурии. Сине-зеленый цвет указывает на наличие в моче индикана (при язвенной болезни, плеврите). Бледно-окрашенная или бесцветная моча наблюдается у больных пиелонефритом, хроническим гломерулонефритом с развитием недостаточности почек и др.

Прозрачность. В норме моча прозрачная. Помутнение ее может быть обусловлено присутствием солей, слизи, липидов, форменных элементов, бактерий. Помутневшая моча может выделяться у здоровых людей после приема пищи с большим содержанием липидов (алиментарная липурия).

Реакция. В норме при смешанном питании реакция мочи слабокислая или нейтральная (рН 5,0–7,0). Сдвиг рН мочи в щелочную сторону – алкалурия наблюдается при употреблении растительной пищи, щелочных минеральных вод, лекарственных средств (натрия гидрокарбонат), при повышенной кислотности желудочного содержимого, рассасывании отеков, рвоте, цистите. При воспалительных заболеваниях мочевого пузыря реакция мочи щелочная (кроме циститов, вызванных кишечной палочкой или микробактерией туберкулеза).

Сдвиг рН мочи в кислую сторону происходит при сахарном диабете, тяжелой недостаточности почек, почечнокаменной болезни, туберкулезе почек и мочевого пузыря, при употреблении мясной пищи, вливании большого количества изотонического раствора натрия хлорида.

По **относительной плотности** мочи судят об ее осмотической концентрации и концентрационной способности почек. У здорового взрослого человека плотность утренней порции мочи колеблется от 1,001 до 1,040, в среднем 1,004–1,028, чаще всего 1,015–1,020; Изменения относительной плотности мочи прямо пропорциональны изменению интенсивности ее окраски и обратно пропорциональны изменению количества суточной мочи. Высокая плотность мочи наблюдается при состояниях, сопровождающих олигурией. Низкая относительная плотность мочи отмечается при схождении отеков, после обильного приема жидкости, повреждении канальцевого аппарата почек, после травмы почки на определенном этапе восстановительного периода, когда она теряет способность регулировать осмотическую концентрацию мочи.

Химическое исследование мочи

Белок. Протеинурия различной степени наблюдается при всех поражениях почек (почечная, или истинная, протеинурия) и ряде других заболеваний (непочечная, или ложная, протеинурия). Органическая протеинурия (поражение паренхимы почек), как правило, сопровождается гломерулонефрит, инфекционные и токсические поражения почек и аномалии почек. Функциональная протеинурия (без поражения паренхимы почек) может наблюдаться при сильных внешних раздражителях (физические перегрузки, нервно-эмоциональные потрясения – транзиторная протеинурия), после приема богатой белками пищи (алиментарная протеинурия), при декомпенсированных пороках сердца, опухолях в брюшной полости (длительный застой может вызвать поражение паренхимы почек, в этом случае протеинурия приобретает органический характер).

Выделение с мочой высокомолекулярного (особенно бетта- и гамма-глобулина) или разного по молекулярной массе белка – неселективная протеинурия – свидетельствует о более глубоком поражении нефронов почек.

Глюкоза. В норме у человека глюкоза, попадающая в первичную мочу, почти полностью реабсорбируется в почечных канальцах и в конечной моче общепринятыми методами не определяется. При превышении концентрации глюкозы в крови выше почечного порога (8,88–9,99 ммоль/л) глюкоза начинает поступать в мочу, и возникает глюкозурия. Почечная глюкозурия, обусловленная снижением реабсорбционной способности канальцев нефронов, может наблюдаться при хроническом гломерулонефрите, нефротическом синдроме, острой недостаточности почек, а также при врожденной недостаточности почечного фильтра.

Кетоновые тела. В норме кетоновые тела в моче отсутствуют. Наиболее частая причина кетонурии – выраженная декомпенсация сахарного диабета I типа, а также длительно протекающий диабет II типа

при истощении бета-клеток поджелудочной железы и развитии абсолютной инсулиновой недостаточности.

Билирубин. В норме билирубин в моче отсутствует. Билирубинурию наблюдают, главным образом, при поражении паренхимы печени (паренхиматозные желтухи) и нарушении оттока желчи.

Уробилиноген. Верхняя граница нормы уробилиногена в моче около 17 мкмоль/л (10 мг/л). Причины увеличения выделения уробилиногена с мочой: повышение катаболизма гемоглобина: гемолитическая анемия, внутрисосудистый гемолиз (переливание несовместимой крови, инфекции, сепсис), рассасывание массивных гематом, повышение уробилиногена при нарушении функции печени.

Исследование мочи на наличие крови

Гемоглобин. Гемоглобинурия появляется при повышении концентрации свободного гемоглобина в плазме. Считают, что выделение пигмента с мочой может происходить при распаде эритроцитов непосредственно в почках. Избыток гемоглобина выделяется с мочой, вследствие чего она имеет темную окраску, напоминающую цвет пива или крепкого раствора калия перманганата (за счет метгемоглобина, образующего при стоянии мочи). Моча при этом разделяется на два слоя: верхний, прозрачный и нижний, темно-коричневый, грязно-мутный.

Миоглобин. В норме миоглобин в моче отсутствует. Миоглобинурия является признаком заболеваний, связанных с деструкцией тканей.

Гемосидерин. Часть гемоглобина проходит через почечный фильтр, подвергаясь реабсорбции на уровне почечных канальцев, что приводит к проявлению в моче гемосидерина.

Индикан. В моче здорового человека индикан содержится в виде следов (суточная экскреция его равна 5–20 мг). Термином «индиканурия» обозначают повышенное выделение его с мочой.

Экскреция индикана снижена при недостаточном употреблении белков (углеводистая пища), функциональной слабости поджелудочной железы (понижение расщепления белков), хронической недостаточности почек (задержка индикана в организме).

Нитриты. Моча здорового человека нитриты практически не содержит. Нитритурия – явление патологическое. Превращение нитратов мочи в нитриты (нитритурия) происходит под влиянием бактерий, в частности, возбудителей брюшного тифа и паратифов, кишечной палочки, стафилококков, энтерококков и др.

Микроскопическое исследование мочи

Элементы организованного осадка мочи. **Эритроциты.** В зависимости от реакции мочи и ее концентрации, а также от продолжительности пребывания эритроцитов в моче окраска и форма их

изменяются. В слабнокислой среде эритроциты довольно долго остаются неизмененными и имеют вид круглых дисков желтовато-зеленоватого цвета. При набухании (низкая плотность мочи) представляют собой нежные бледно-желтые или розоватые кружочки несколько большего размера, чем обычно. При *макрогематурии* примесь крови к моче значительная, приводит к изменению ее цвета (красноватый, буроватый, красный, бурый). Микрогематурия характеризуется наличием в моче небольшого количества эритроцитов, выявляемых лишь микроскопически (цвет мочи при этом не изменен). *Внепочечная* гематурия появляется при воспалительных процессах и травмах мочевых путей.

Лейкоциты. В моче чаще всего обнаруживают нейтрофильные гранулоциты. По величине они несколько крупнее эритроцитов, округлой формы. В слабнокислой среде имеют вид зернистых, бесцветных клеток с ядром, состоящих из нескольких сегментов. В кислой среде они сморщиваются и становятся стекловидными, а при туберкулезе могут еще и вытягиваться, сохраняя утолщение на одном конце (гроздевидные). В щелочной моче нейтрофильные гранулоциты лишаются зернистости, набухают и несколько увеличиваются, теряя характерные контуры.

В моче здорового человека может встречаться 6–8 лейкоцитов в поле зрения, появление их в большом количестве свидетельствует о воспалительном процессе в мочеполовых органах.

Эпителий. В осадке мочи здорового человека встречаются обычно отдельные клетки эпителия мочевого пузыря и плоского эпителия влагалища. При патологических состояниях, главным образом воспалительных процессах, имеет место более значительное слущивание эпителиальных клеток. Клетки плоского эпителия представляют собой широкие, большие, округлые, частично полигональные, четко конструированные, светлые прозрачные или более тусклые (с состоянием ороговения) клетки с одним небольшим ядром в центре. Часто они расположены группами и пластами.

Эпителий мочеиспускательного канала. Мочеиспускательный канал у мужчин у входа покрыт переходным, затем цилиндрическим и у выхода плоским эпителием. В норме эпителий мочеиспускательного канала в моче не обнаруживается. Он наблюдается при уретрите, прежде всего хроническом (гонорее). В осадке мочи имеет вид уплощенных, округлых или овальных клеток средней величины, светлых, часто непрозрачных, белесоватых, без зернистости. Ядра расположены в центре клеток, но видны плохо.

Эпителий мочевого пузыря (переходный) (рисунок 4.3) в осадке мочи представлен тремя видами клеток: 1) крупными полигональными (иногда округлыми) уплощенными клетками поверхностного слоя слизистой оболочки мочевого пузыря с одним, двумя и более довольно крупными пузырьковидными ядрами с маленькими ядрышками

и цитоплазмой, содержащей различного размера зернистость (поверхностные); 2) среднего размера, полиморфными (вытянутыми, округлой и овальной формы), преимущественно одноядерными клетками с мелкой зернистостью в цитоплазме (промежуточные – клетки верхнего ряда базального слоя эпителия); 3) мелкими округлой или овальной формы одноядерными клетками с мелкой зернистостью в цитоплазме (базальные – клетки нижнего ряда базального слоя). Цитоплазма клеток окрашена в желтоватый цвет. В норме встречаются единичные клетки эпителия мочевого пузыря.

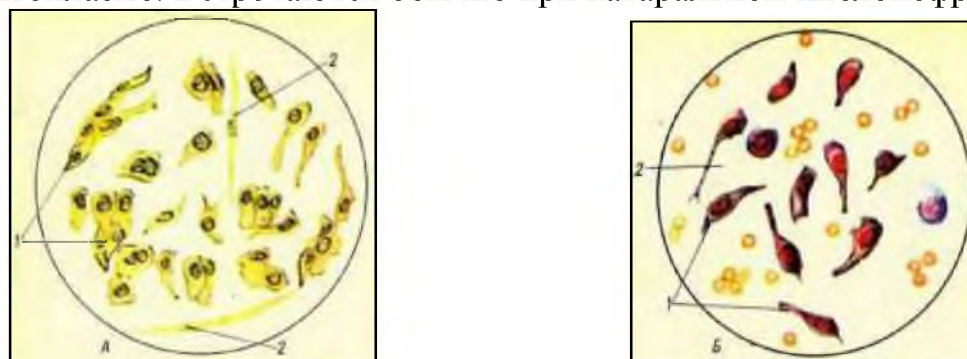


А – нативный препарат; Б – окрашенный препарат

Рисунок 4.3 – Клетки эпителия мочевого пузыря в осадке мочи

При хроническом цистите со значительным содержанием гноя в моче клеток эпителия мочевого пузыря немного, иногда бывает трудно обнаружить даже единичные экземпляры. При патологических процессах в мочевом пузыре эпителий может подвергаться жировой и вакуольной дистрофии.

Эпителий почечных лоханок и мочеточников (рисунок 4.4). Переходный эпителий почечных лоханок и мочеточников представлен клетками различной высоты с хорошо видимым ядром и зернистостью в цитоплазме. Встречаются обычно при катаральном пиелонефрите.



А – нативный препарат; Б – окрашенный препарат

Рисунок 4.4 – Клетки эпителия почечной лоханки (1) и мочеточника (2) в осадке мочи

Эпителий канальцев нефронов (почечный эпителий) – однослойный кубический, представлен клетками неправильной круглой или овальной формы, реже полигональными, с крупным круглым ядром, напоминающим выщелоченный эритроцит.

Цитоплазма желтоватого цвета, содержит мелкую зернистость (рисунок 4.5). При острых и хронических заболеваниях почек эпителий канальцев нефронов обнаруживают в моче наряду с цилиндрами и белком.

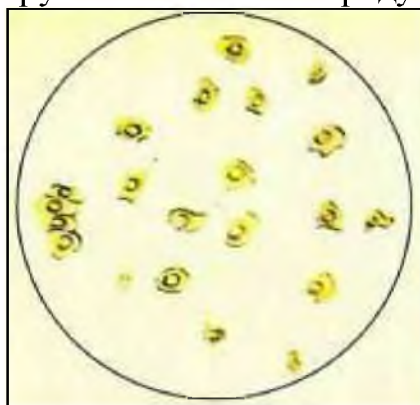
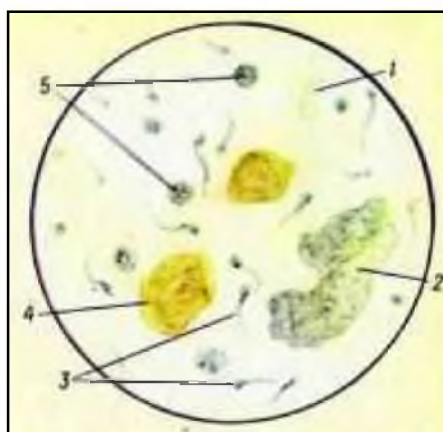


Рисунок 4.5 – Клетки эпителия почечных канальцев нефронов в осадке мочи

Эпителий предстательной железы. При примеси к моче секрета предстательной железы в осадке мочи обнаруживаются эпителиальные клетки предстательной железы. Они бесцветные или белесоватые, округлые, с большим круглым или овальным ядром и с единичными жировыми вакуолями в цитоплазме (рисунок 4.6). Кроме того, в моче обнаруживаются и другие элементы секрета предстательной железы – коллоидная слизь, зерна липидов, амилоидные тельца, нередко сперматозоиды.

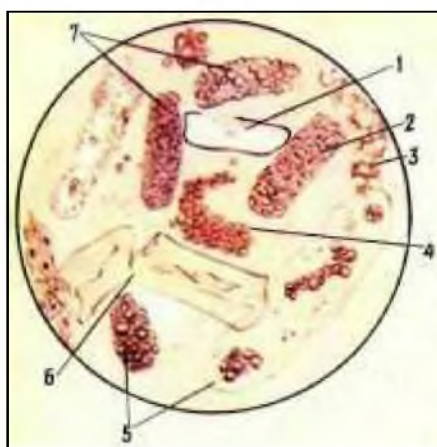


1 – зерна липидов; 2 – глыбчатый распад эпителия предстательной железы;
3 – сперматозоиды; 4 – амилоидное тельце; 5 – эпителий предстательной железы

Рисунок 4.6 – Элементы секрета предстательной железы и спермы в осадке мочи

Эпителий матки. Он представлен цилиндрическими бесцветными мелкими клетками, часто в состоянии жировой дистрофии. В моче их можно обнаружить в слизистых, слизисто-гнойных или кровянистых клочках, выделяющихся из полости матки, в период менструации и вскоре после нее, а также после аборта.

Цилиндры. Почечные цилиндры почти всегда обнаруживаются в моче наряду с белком, клетками эпителия канальцев нефронов и эритроцитами преимущественно выщелоченными (триада). Различают несколько разновидностей почечных цилиндров (рисунок 4.7).



1 – гиалиновый; 2 – гиалиново-капельный; 3 – вакуолизированный; 4 – кровяной;
5 – жирно-зернистые; 6 – восковидный; 7 – эпителиальные

Рисунок 4.7 – Мочевые цилиндры

Гиалиновые цилиндры – бледно-серые, почти прозрачные, прямые и извитые образования цилиндрической формы с однородным строением и с равномерными очертаниями, на одном конце обычно закруглены, более широкие из них часто имеют вдавления. Наблюдается при всех заболеваниях почек (количество цилиндров с тяжестью процесса не связано).

Зернистые цилиндры образуются из зернисто-перерожденных клеток эпителия или из зернистых масс распавшихся клеток, (зерна представляют собой частицы белка). Зернистые цилиндры обычно короткие и толстые, иногда они имеют поперечные перехваты, в области которых легко распадаются, образуя обломки. Зернистые цилиндры могут окрашиваться гемосидерином в красно-бурый или желчными пигментами в желто-зеленый цвета.

Эпителиальные цилиндры образуются непосредственно из эпителия канальцев нефронов либо в результате отложения его на поверхности гиалиновых цилиндров (покрывая их частично или полностью).

Буропигментированные цилиндры представляют собой окрашенные гемосидерином зернистые и эпителиальные цилиндры.

Кровяные цилиндры состоят из эритроцитов, чаще всего выщелоченных, или из цилиндрических свертков крови, образовавшихся в канальцах нефронов. Встречаются кровяные цилиндры, как и буропигментированные, при гломерулонефрите.

Лейкоцитарные цилиндры состоят из лейкоцитов, образуются при гнойных процессах в почках (пиелонефрит).

Жирно-зернистые цилиндры густо покрыты крупными или мелкими жировыми капельками, сильно преломляющими свет. Встречаются в моче при нефротической форме хронического гломерулонефрита.

Гиалиново-капельные цилиндры состоят из матовых беловатых капель гиалина, являются следствием его необратимых изменений. Наблюдаются при далеко зашедших патологических процессах в почках.

Вакуолизированные цилиндры это эпителиальные цилиндры, эпителий которых находится в состоянии вакуолизации. Наблюдаются при крайне тяжелых поражениях почек.

Цилиндроида представляют собой сходные с цилиндрами длинные, нежные, бледно-серые лентовидные образования с продольной исчерченностью, состоящие из слизи. Они немного длиннее гиалиновых цилиндров, на концах бахромчатые, расщепленные, не растворяются в уксусной кислоте и в щелочной моче, могут быть покрыты аморфными солями. В моче здорового человека встречаются отдельные цилиндроида.

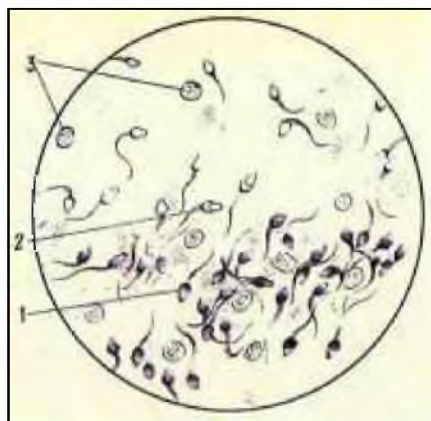
Фибрин выявляется в моче в виде буроокрашенных клочков на 2–3 день после макрогематурии. В осадке мочи при этом можно обнаружить выщелоченные и фрагментированные эритроциты.

Эластические волокна обнаруживаются в осадке мочи вместе с гноем или кровью при некротических процессах и в мелких тканевых клочках при новообразованиях, а также при туберкулезе, абсцессе мочевых органов и др.

Элементы новообразований можно выявить в моче при раке почек, мочевого пузыря, иногда вместе с эластическими волокнами и кристаллами гематоидина.

Гигантские клетки Пирогово-Лангханса встречаются в моче вместе с казеозным распадом при туберкулезе мочевых органов. При этом в окрашенных препаратах обнаруживают и микобактерии туберкулеза.

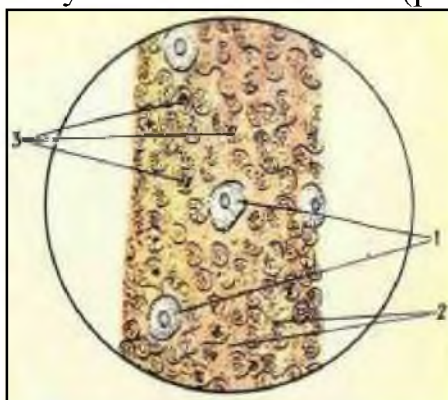
Элементы спермы и секрета предстательной железы могут быть обнаружены в моче как в норме (после полового сношения), так и вследствие заболеваний половых органов, различных форм сперматореи. С примесью секрета предстательной железы в мочу могут попасть амилоидные (слоистые) тельца, зерна липидов и клетки эпителия предстательной железы (рисунок 4.8).



1 – сперматозоид, окрашенный метиленовым синим; 2 – сперматозоид в нативном препарате; 3 – клетки эпителия

Рисунок 4.8 – Элементы спермы и эпителий предстательной железы в осадке мочи

Уретральные нити обнаруживаются в моче обычно при хроническом уретрите. Эти образования состоят из слизи, лейкоцитов и клеток эпителия мочеиспускательного канала (рисунок 4.9).



1 – клетки эпителия мочеиспускательного канала; 2 – слизь; 3 – лейкоциты

Рисунок 4.9 – Уретральная нить

Элементы неорганизованного осадка мочи

Неорганизованный осадок мочи состоит преимущественно из солей. Некоторые из них можно распознать невооруженным глазом: беловатый осадок состоит из аморфных фосфатов; розоватый – из аморфных уратов; кристаллический, кирпично-красный – из мочевой кислоты; кристаллический, беловатый – из трипельфосфата – двойного фосфата аммония и магния и др.

Ураты. При наличии почечнокаменной болезни в осадке мочи обычно обнаруживаются кристаллы мочевой кислоты в виде копьев, штыков, друз, сростков и т. д. (рисунок 4.10), которые могут служить причиной гематурии.



Рисунок 4.10 – Кристаллы мочевой кислоты (1) и сrostок мочевой кислоты (2) в осадке мочи

В щелочной моче обнаруживаются **аморфные фосфаты** и **трипель-фосфаты** (рисунок 4.11), которые выпадают в осадок при употреблении растительной пищи, щелочных минеральных вод, а также при воспалении мочевого пузыря.

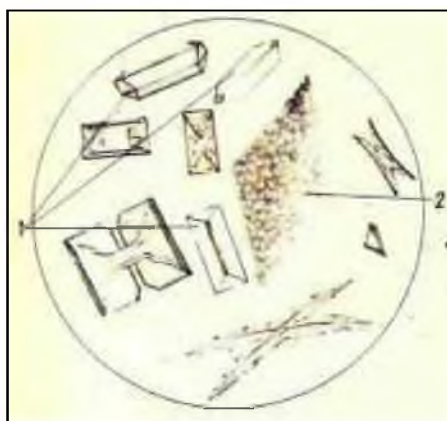


Рисунок 4.11 – Кристаллы трипель-фосфатов (1) и фосфатный сrostок (2) в осадке мочи

К солям, которые могут обнаруживаться и в кислой, и в щелочной моче, относятся: **мочекислый аммоний** (рисунок 4.12), **оксалаты** (рисунок 4.13) часто **нейтральная фосфорнокислая известь** (рисунок 4.14), **углекарбонат кальция**. В осадке мочи можно обнаружить также кристаллы, характерные только для патологических процессов. Кристаллы **лейцина** (рисунок 4.15) представляют собой желтовато-бурые или зеленовато-желтые шары различной величины, имеющие одновременно лучистую и концентрическую исчерченность.

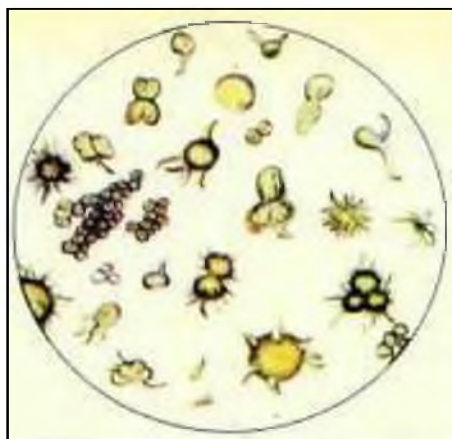


Рисунок 4.12 – Кристаллы мочекислового аммония в осадке мочи

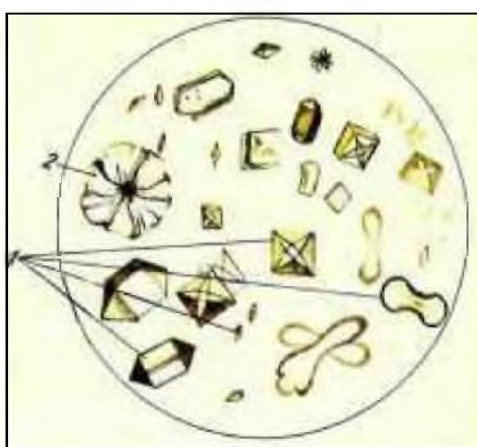


Рисунок 4.13 – Кристаллы оксалатов (1) и оксалатовый сrostок (2) в осадке мочи



Рисунок 4.14 – Кристаллы нейтральной фосфорнокислой извести в осадке мочи

Кристаллы **тирозина** (рисунок 4.15) образуют пучки из тончайших шелковистых блестящих игл, которые иногда можно спутать с кристаллами нейтральной фосфорнокислой извести.

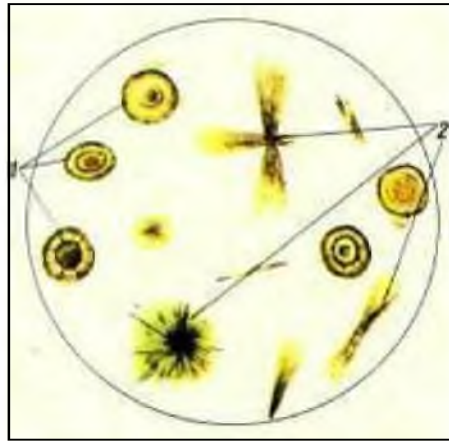


Рисунок 4.15 – Кристаллы лейцина (1) и тирозина (2) в осадке мочи

Цистин (рисунок 4.16) имеет вид мелких серовато-белых масс, представляющих под микроскопом правильные бесцветные прозрачные шестигранные таблички. **Ксантин** в моче встречается редко, в виде бесцветных ромбов.



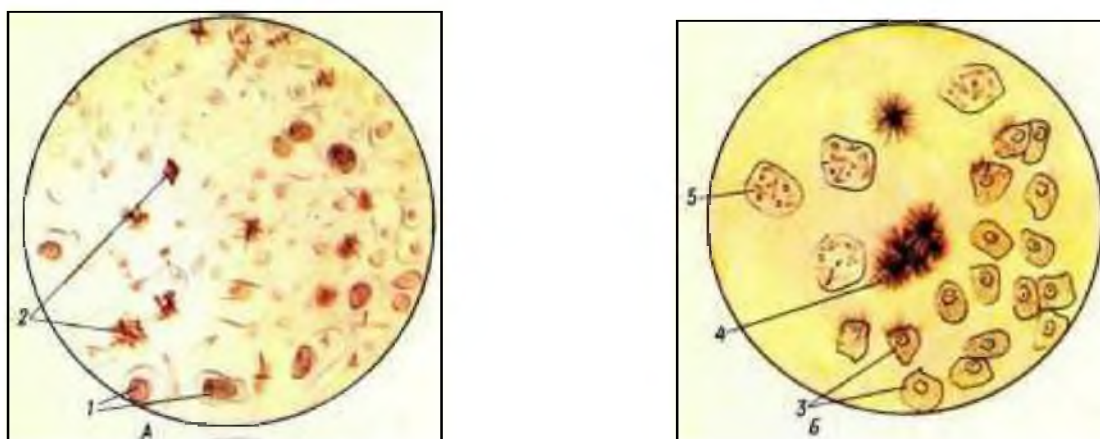
Рисунок 4.16 – Лейкоциты (1), эритроциты (2), кристаллы цистина (3) в осадке мочи

Холестерин иногда обнаруживают в моче при нефротических синдромах, новообразованиях, а также при абсцессе почек в виде бесцветных различной величины прозрачных табличек с обрезанным углом и ступенеобразными уступами. Кристаллы располагаются изолированно или наслаиваются друг на друга.

Жир имеет вид сильно преломляющих свет капель и зерен с резко очерченными темными краями. Они могут свободно находиться

в жидкости или наслаиваться на элементы мочи. Кристаллы жирных кислот имеют вид слегка изогнутых игл, собранных в пучки.

Гематоидин (производное гемосидерина) – кристаллический пигмент в виде ромбических табличек или игольчатых кристаллов, собранных в пучки и звездочки, иногда в виде мелких зерен, собранных в кучки, или глыбок. При желтухе кристаллы **билирубина** встречаются в моче вне- и внутриклеточно в виде игольчатых кристаллов желтовато-коричневого цвета (рисунок 4.17).



1 – опухолевые клетки; 2 – кристаллы гематоидина; 3 – клетки эпителия мочевого пузыря; 4 – кристаллы билирубина, расположенные внеклеточно; 5 – кристаллы билирубина, расположенные внутриклеточно

Рисунок 4.17 – Элементы организованного (А) и неорганизованного (Б) осадка мочи

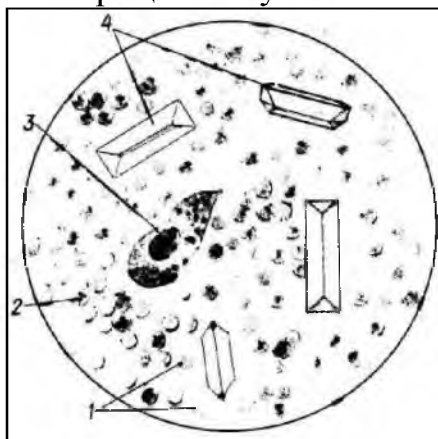
4. Изменения биологических показателей мочевого выделительной системы при некоторых патологиях

Цистит. Если больной не принимает мочегонных средств, количество мочи при цистите нормальное. При отсутствии гематурии цвет мочи не изменен. Мутность различна в зависимости от наличия крови и гноя. Реакция мочи при циститах, вызванных кишечной палочкой или микобактерией туберкулеза, обычно кислая, при инфекции, вызванной другими возбудителями – щелочная. К первичной инфекции легко присоединяются и другие микроорганизмы, разлагающие мочевины с образованием аммиака, вследствие чего реакция мочи может изменяться в сторону щелочной с характерным аммиачным запахом и выпадением в осадок аморфных фосфатов и трипельфосфатов.

Относительная плотность мочи при нормальном диурезе нормальная. Белок в моче обусловлен наличием в ней воспалительного экссудата.

Микроскопическая картина осадка мочи зависит от характера цистита (катаральный, гнойный), его распространенности и выраженности.

При остром гнойном цистите осадок гнойный, кровянисто-гнойный, при щелочном хроническом цистите – слизисто-гнойный тягучий или слизисто-кровянисто-гнойный тягучий. Если при остром цистите воспалительный процесс захватывает всю слизистую оболочку мочевого пузыря, лейкоциты покрывают все поле зрения микроскопа, часто обнаруживаются эритроциты, как правило, неизмененные. Клетки эпителия мочевого пузыря обнаружить трудно (рисунок 4.18). При поражении отдельных участков слизистой оболочки клетки эпителия мочевого пузыря обнаруживаются в осадке в различном количестве, нередко в виде пластов разной величины. Количество лейкоцитов и эритроцитов может изменяться. При хроническом цистите с резко щелочной реакцией мочи лейкоциты набухают, увеличиваются, частично или полностью разрушаются, образуя слизистый, тягучий осадок, в котором выявляется небольшое количество сохранившихся клеток. Кроме того, в осадке такой мочи можно обнаружить небольшое количество неизмененных эритроцитов и единичные клетки эпителия мочевого пузыря. Почти всегда в нем находят аморфные фосфаты и кристаллы трипельфосфатов. При цистите с кислой реакцией мочи осадок необходимо красить по Грамму. При этом в препаратах обнаруживают короткую толстую граммом-отрицательную кишечную палочку.



1 – эритроциты; 2 – лейкоциты; 3 – клетка эпителия мочевого пузыря;
4 – кристаллы трипельфосфатов

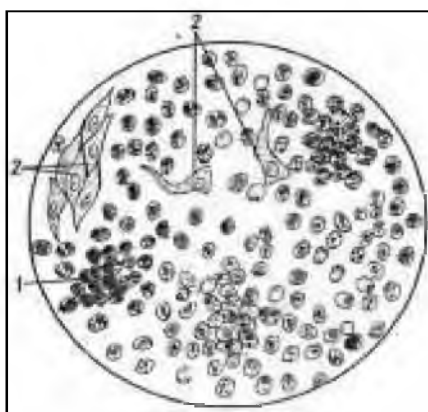
Рисунок 4.18 – Осадок при цистите

Уретрит. Количество мочи, цвет, плотность, реакция не изменяются. Количество белка незначительное либо он не определяется. Уретральные нити, как правило, обнаруживают при макроскопическом изучении мочи, так как они находятся во взвешенном состоянии. При этом выявляют характерную триаду признаков: слизь, лейкоциты и клетки эпителия мочеиспускательного канала, количество и соотношение которых зависят от выраженности воспалительного процесса. Если преобладают лейкоциты – уретральные нити слизисто-гнойные, если клетки эпителия –

гнойно-слизистые и даже слизистые (если лейкоциты единичные). При остром уретрите лейкоцитов в моче больше, чем при хроническом. Располагаются они чаще всего в уретральных нитях вместе с клетками эпителия мочеиспускательного канала либо изолированно. Местами можно обнаружить эритроциты. В уретральных нитях можно выявить возбудителей заболевания.

Острый пиелонефрит характеризуется полиурией, особенно при двустороннем процессе. Моча бледноокрашенная, с низкой относительной плотностью. Реакция ее, как правило, кислая. При большом количестве гноя моча мутная с гнойным осадком. Содержание белка обычно не превышает 1 г/л. При микроскопическом исследовании (рисунок 4.19) осадка мочи обнаруживают пиурию и бактериурию – типичные признаки пиелонефрита.

Лейкоциты покрывают все поле зрения, располагаясь изолированно и тесными группами (гнойными комочками) различных размеров. Количество их может быть и не таким большим. Почти всегда наблюдается микрогематурия – наличие выщелоченных эритроцитов. При одностороннем поражении на высоте подъема температуры тела гной в моче можно не обнаружить, после снижения температуры появляется пиурия (уменьшается воспалительный отек мочеточника, улучшается отток гноя). При двустороннем процессе может наблюдаться временная анурия. В начале заболевания в осадке много клеток эпителия почечных лоханок, в разгар заболевания, когда почечные лоханки покрыты гноем, выявляются единичные экземпляры, при этом клетки подвергаются жировой дистрофии и округляются. Для пиелонефрита характерно также появление в осадке мочи клеток эпителия почечных лоханок, гиалиновых и зернистых цилиндров, небольшого количества солей.



1 – лейкоциты; 2 – клетки эпителия почечных лоханок

Рисунок 20 – Осадок мочи при остром пиелонефрите

Хронический пиелонефрит. В период обострения заболевания количество выделяемой мочи может увеличиваться. Относительная плотность ее 1,005–1,012, окраска бледная, реакция кислая. Концентрация белка и мутность могут быть разными, зависят от количества лейкоцитов. Обычно при рецидиве содержание белка в моче увеличивается. Осадок часто объемный, гнойный.

При микроскопическом исследовании осадка обнаруживаются лейкоциты, преимущественно нейтрофильные гранулоциты, покрывающие все поле зрения, располагающиеся разрозненно и виде гнойных комочков, нередко встречаются эозинофильные гранулоциты.

Отмечается микрогематурия (обнаруживаются единичные выщелоченные эритроциты). Выявляются клетки эпителия почечных лоханок, буроокрашенный фибрин, бактерии. В латентном периоде заболевания осадок скудный, количество лейкоцитов в пределах нормы либо немного увеличено. Обнаруживаются эозинофильные гранулоциты. Возможно выявление единичных выщелоченных эритроцитов, клеток эпителия канальцев нефронов, единичных цилиндров. Изредка отмечаются клетки эпителия почечных лоханок, часто с жировой дистрофией и вакуолизацией. В этом периоде заболевания диагностика затруднена, иногда невозможна. Поэтому целесообразно определять количество лейкоцитов, эритроцитов и цилиндров в моче по методу Нечипоренко, а также применять методы выявления скрытой лейкоцитурии. Важным диагностическим признаком хронического пиелонефрита является бактериурия в сочетании с повышенной лейкоцитурией.

Острый гломерулонефрит. При олигурии относительная плотность мочи – 1,022–1,032. Постоянным признаком заболевания является гематурия различной степени выраженности. Содержание белка в моче – от 1,5–2 до 20–30 г/л. Реакция слабокислая, осадок в некоторых случаях бурый, рыхлый. При микроскопическом исследовании количество лейкоцитов может быть нормальным либо повышенным до 20–30 в поле зрения. Эритроциты преимущественно выщелоченные, иногда фрагментированные, могут встречаться и неизмененные, особенно при выраженной гематурии. Клетки эпителия канальцев нефронов выявляются в различном количестве, и в тяжелых случаях с жировой дистрофией. Встречаются цилиндры (гиалиновые, зернистые и эпителиальные, частично буропигментированные и кровяные). Если накануне отмечалась макрогематурия, в моче больного обнаруживается волокнистый буроокрашенный фибрин. Иногда выявляются гемосидерин и кристаллы мочевого кислоты.

Хронический гломерулонефрит. Изменения в моче, как и клинические проявления, разнообразны. При сохранной функции почек количество мочи нормальное, с нормальной относительной плотностью.

С развитием недостаточности почек вначале отмечается полиурия, а затем – олигурия с гипоизостенурией. Количество белка варьирует в зависимости от клинического варианта и стадии заболевания. При нефротической форме белка много, при гематурической – меньше; при латентной форме белка мало, а при вторично сморщенной почке – еще меньше, что свидетельствует о гибели части нефронов. Количество эритроцитов различное, они преимущественно выщелоченные, часто в виде едва различимых теней и фрагментов, при нефротической форме неизмененные. Обнаруживаются клетки эпителия канальцев нефронов обычно с более выраженными дистрофическими изменениями, чем при остром нефрите. Выявляются гиалиновые, зернистые, эпителиальные, буропигментированные и кровяные, а также гиалиново-капельные, жирнозернистые, вакуолизированные и восковидные цилиндры, гемосидерин (рисунок 4.20). При гематурической форме хронического гломерулонефрита фибрин наблюдается в виде комочков, окрашенных в бурый цвет. В тяжелых случаях при гибели многих нефронов количество мочи, цилиндров и белка уменьшается, а в осадке обнаруживаются широкие цилиндры, происходящие из чрезмерно расширенных канальцев сохранившихся гипертрофированных нефронов.



1 – зернистый буропигментированный цилиндр; 2 – жирнозернистый цилиндр;
 3 – клетки эпителия канальцев нефронов; 4 – эритроциты; 5 – гиалиновый цилиндр,
 пигментированный кровью; 6 – кровяные цилиндры; 7 – эпителиальный
 буропигментированный цилиндр

Рисунок 4.20 – Осадок при хроническом гломерулонефрите

Вопросы для самоконтроля

1. Строение нефрона.
2. Процесс мочеобразования.
3. Физические свойства мочи.

Тема 1 Общий анализ мочи человека

Для характеристики мочевыделительной системы используют общий анализ мочи. Общеклиническое исследование мочи состоит из определения физических свойств, химического состава и микроскопического изучения осадка мочи. Количество мочи (диурез) определяется с помощью градуировочного цилиндра. Суточный диурез у здорового человека составляет от 1 до 2 литров. Днем выделяется больше мочи, чем в ночное время суток (4:1). Сбор мочи для исследования необходимо проводить в чистую сухую посуду. Исследованию подлежит первая утренняя порция мочи, которая исключает влияние стресса, питания, раздражающих факторов. При длительном стоянии мочи происходит изменение ее физических свойств и разрушение клеточных элементов, размножение бактерий. Исследования мочи проводят не позднее 1–1,5 ч после ее сбора.

Лабораторная работа № 1

Физические и химические свойства мочи здорового человека

К физическим свойствам мочи можно отнести такие показатели – цвет, мутность, запах, реакция мочи, плотность, а к химическим: отсутствие или содержание в ней белка и сахара.

Цель работы: изучить физические свойства мочи человека, определить содержание в ней белка и глюкозы.

Материалы и оборудование: мерный цилиндр, урометр, лакмусовая бумага, индикатор бромтимоловый синий, 20% сульфосалициловая кислота, 3% сульфосалициловая кислота, тест-полосок (уротест-п). Объект исследования – моча человека.

Ход работы

Цвет мочи в норме зависит от содержания пигментов: урохрома А и В, уробилина, уроэритрина, гематопорфирина; от характера пищи и содержания в ней пигментов, от относительной плотности, от количества выделенной мочи, от состояния мочеобразовательной системы, от принятых медикаментов. В норме цвет соломенно-желтый. Нормальная моча прозрачная. Цвет мочи определяется визуально, приподняв цилиндр на уровень глаз на фоне листа белой бумаги.

РН мочи колеблется от 4,5 до 8,4. Определяется РН лакмусовой бумагой или унифицированным методом с индикатором бромтимоловым синим.

При определении рН лакмусовой бумагой в свежей порции мочи индикаторную бумагу погружают в мочу, извлекают и сразу же сравнивают полученную окраску со шкалой, цвета которой соответствуют определенному значению рН.

При определении рН мочи унифицированным методом с индикатором бромтимоловым синим к 2–3 мл мочи добавляют 1–2 капли рабочего раствора индикатора. Желтый цвет соответствует кислой реакции, бурый – слабо кислой, травянистый – нейтральной, зеленый и синий – щелочной.

Плотность мочи колеблется от 1,001 до 1,030. Утренняя моча более концентрированная. Плотность мочи определяется урометром с делениями от 1,000 до 1,050 в 100 мл мочи. Исследуемую мочу наливают в цилиндр. Диаметр цилиндра должен на 1–2 см больше диаметра урометра. Мочу осторожно приливают по стенке цилиндра так, чтобы не образовалась пена. Если пена образовалась, то ее убирают фильтровальной бумагой. Сухой урометр медленно погружают так, чтобы его часть, которая располагается над жидкостью, оставалась сухой. Когда урометр перестает погружаться, его слегка сверху подталкивают для полного погружения. Отмечают показания по нижнему мениску после прекращения колебаний урометра. Минимальный объем мочи, в котором возможно определить ее плотность, составляет 40 мл. Если мочи мало, то ее разводят водой в 2 раза и показания урометра разведенной пробы умножают на 2.

Методика определения белка

Большинство качественных и количественных методов определения белка в моче основаны на его коагуляции в объеме мочи: если есть способ измерить интенсивность коагуляции, то проба становится количественной.

Качественное определение белка в моче проводят путем добавления 20% сульфосалициловой кислоты.

В 2 пробирки наливают по 3 мл профильтрованной мочи. В опытную пробирку прибавляют 6–8 капель реактива. На темном фоне сравнивают контрольную пробирку с опытной. Помутнение в опытной пробирке указывает на наличие белка, пробу считают положительной.

Количественное определение белка в моче проводят путем добавления 3% сульфосалициловой кислоты.

В пробирку вносят 1,25 мл прозрачной сульфосалициловой кислоты. Через 5–12 минут определяют оптическую плотность на ФЭКе против контроля. Светофильтр оранжево-красный (длина волны 650–690 нм), кювета с длиной оптического пути 5 мм.

Контролем служит пробирка, в которой к 1,25 мл мочи добавляют 3,75 мл раствора хлорида натрия.

Расчет ведут по калибровочному графику.

Методика определения наличия сахара в моче

Обнаружение глюкозы проводят с помощью тест-полосок (уротест-п). Тест-полоску опускают в пробирку с мочой, посинение тест-полоски говорит о наличии сахара в моче, если посинения не происходит – сахар отсутствует.

Задание: отметить в протоколе цвет, количество, плотность, pH, наличие или отсутствие белка и сахара в исследуемой моче.

Лабораторная работа № 2 Микроскопия осадка мочи

Одним из важнейших показателей мочи является ее неорганический компонент.

Цель работы: изучить осадок мочи человека при помощи микроскопического метода

Материалы и оборудование: центрифужные пробирки, пипетки, покровные и предметные стекла, центрифуга, микроскоп. Объект исследования – моча человека.

Ход работы

Методика микроскопии осадка мочи здорового человека

Микроскопирование нативного препарата

Микроскопическому исследованию подлежит первая утренняя порция мочи. После предварительного перемешивания 10 мл мочи центрифугируют 10 минут при 1500 об/мин. Затем центрифужную пробирку с мочой резким движением опрокидывают, быстро сливают надосадочную жидкость в пустую банку. Переводят пробирку в исходное положение, осадок хорошо перемешивают, каплю помещают на предметное и осторожно прикрывают покровным стеклом.

Элементы осадка делят на организованные (эпителий, элементы крови, цилиндры) и неорганизованные (соли).

Эпителий в моче может быть плоским, переходным или почечным. Клетки плоского эпителия крупные (30–50 мкм), округлой, полигональной формы, с бесцветной гомогенной цитоплазмой, маленьким плотным ядром, расположенным в цитоплазме центрально.

Переходной эпителий попадает в мочу из лоханок, мочеточников, мочевого пузыря, из верхней трети уретры. Переходной эпителий имеет

форму округлую, овальную, грушевидную, хвостатую в виде головастика, ядро крупное, цитоплазма бесцветная или окрашенная в желтые, зеленые оттенки с многочисленными включениями.

Почечный эпителий – округлой, овальной или кубической формы с большим ядром и узким ободком цитоплазмы, по размеру несколько больше лейкоцита.

Эритроциты в осадке могут быть неизменными, то есть наполненные гемоглобином, имеющие вид желтых или зеленых дисков, и измененными (бесцветные, потерявшие гемоглобин, имеющие форму одноконтурных или двухконтурных колец).

Лейкоциты чаще представлены нейтрофилами, которые имеют круглую или овальную форму и которые крупнее эритроцитов. Ядро состоит из нескольких сегментов, хорошо видимых в кислой моче.

Цилиндры – белковые слепки почечных канальцев, образуются из гиалина, который секретирует почечный эпителий дистального канальца. Гиалин является основой всех цилиндров.

Цилиндры подразделяют на гиалиновые, зернистые, эпителиальные, лейкоцитарные, эритроцитарные, восковидные, жироперерожденные, ложные.

Неорганизованные осадки мочи – это **соли**, выпавшие в осадок в виде кристаллов видимые невооруженным глазом и под микроскопом.

Задание: результаты микроскопии занести в протокол.

Лабораторная работа № 3 **Исследование мочи по методу Ничипоренко**

В основе этого метода лежит подсчет форменных элементов крови в 1 мл мочи, взятом в середине акта мочеиспускания из утренней порции.

Цель работы: определить количество форменных элементов крови в моче человека.

Материалы и оборудование: центрифужные пробирки, центрифуга.
Объект исследования: моча человека.

Ход работы

Для исследования берут 10 мл утренней мочи, центрифугируют 10 мин при частоте оборотов 1500 в минуту, затем осторожно отбирают пипеткой 9 мл надосадочной жидкости, оставшуюся мочу с осадком – 1 мл тщательно перемешивают и заполняют счетную камеру Горяева. Подсчет эритроцитов, лейкоцитов, цилиндров производят по всей сетке камеры.

Определяют количество клеток в 1 л в камере Горяева по формуле 4.1.

$$X_v = \frac{A \cdot x \cdot 4000 \cdot x \cdot 1000}{1600 \cdot x \cdot 10} = A \cdot x \cdot 250, \quad (4.1)$$

где X_v – число форменных элементов в 1 мл мочи;

A – число подсчитанных форменных элементов в 100 больших квадратах;

1000 – величина осадка в 1 мм^3 ;

$1/4000$ мкм – объем одного малого квадрата.

1600 – число малых квадратов в 100 больших квадратах;

10 – отношение объема центрифугированной мочи к объему надосадочной жидкости с осадком, взятой для микроскопического исследования;

$$X_v = A \cdot x \cdot 110 \cdot x \cdot 10^6 / \text{л}, \quad (4.2)$$

где: X_v – число форменных элементов в 1 л мочи;

A – число подсчитанных форменных элементов.

Задание: посчитать количество форменных элементов в моче, результаты запротоколировать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство к практическим занятиям по физиологии: учебное пособие для мед. вузов / Г.И. Косицкий, В.А. Полянцев. – М.: Медицина, 1986. – 288 с., ил.
2. Методы клинических лабораторных исследований / под ред. проф. В.С. Камышникова. – Минск: Бел. наука, 2002. – 475 с., ил.
3. Косицкий, Г.И. Физиология человека / Г.И. Косицкий. – М.: Медицина, 1985. – 544 с., ил.
4. Киеня, А.И. Практикум по физиологии человека: учебное пособие / А.И. Киеня, Э.М. Заика, Н.М. Ермолицкий. – Гомель, 1998. – 75 с.
5. Практикум по нормальной физиологии: учебное пособие для мед. вузов / А.В. Коробков. – М.: Высшая школа, 1983. – 328 с., ил.
6. Куб, А.И. Методические указания к практическим занятиям по нормальной физиологии / под ред. проф. А.И. Куб. – Минск: Арко, 1989. – 134 с., ил.
7. Кузнецов, В.И. Практикум по курсу «Физиология человека»: учебное пособие / В.И. Кузнецов. – Гомель, 1984. – 27 с.
8. Ноздрачев, А.Д. Общий курс физиологии человека и животных: в 2 книгах / под ред. проф. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. школа, 1991. – 528 с., ил.
9. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии: учеб.-метод. пособие / под ред. проф. Э.С. Питкевича. – Гомель: УО «ГГМУ», 2008. – 128 с.
10. Кулланда, К.М. Практикум по физиологии с материалами для программирования контроля знаний / под ред. К.М. Кулланды. – М.: Медицина, 1970. – 361 с., ил.

Учебное издание

ФИЗИОЛОГИЯ

**Практические рекомендации
по выполнению лабораторных работ**

**Валетов Валентин Васильевич
Дегтярева Елена Ивановна**

Ответственный за выпуск С. С. Борисова
Корректор Е. М. Мельченко
Оригинал-макет Л. И. Федула
Технический редактор Н. В. Ропот

Подписано в печать 05.09.2011. Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Ризография. Усл. печ. л. 7,75.
Тираж 151 экз. Заказ 36.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»
ЛИ № 02330/0549479 от 14 мая 2009 г.
247760, Мозырь, Гомельская обл., ул. Студенческая, 28
Тел. (0236) 32-46-29