

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА БИОЛОГИИ**

**Направления подготовки  
06.04.01. Биология**

*Курс лекций*

*по дисциплине*

**БИОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ЭКОЛОГИИ**

**Автор - составитель: к.б.н доцент кафедры биологии  
Измайлова М.А.**

# ЛЕКЦИИ ПО ФИЗИОЛОГИИ КРОВИ

## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим компонентом внутренней среды организма является кровь.

Кровь - жидкая ткань организма, выполняющая жизненно-важные функции.

Советский исследователь-клиницист Г.Ф. Ланг в 1939 году выдвинул понятие «система крови».

Система крови – это совокупность органов кроветворения, периферической крови и органов кроверазрушения.

Проблемы физиологии клеток крови, кроветворения и гемостаза относятся к числу интенсивно изучаемых в физиологии и других областях медицины.

В последние годы сложились новые взгляды на регуляцию гемопоэза, позволившие сформулировать принципиально новые положения о функциях клеток-предшественниц различных линий гемопоэза, о регулирующих их рост молекулах, о роли стромы костного мозга в этом процессе.

Кровь - одна из интегрирующих систем организма. Различные отклонения в состоянии организма и отдельных органов приводят к изменениям в системе крови и наоборот. Именно поэтому при оценке состояния здоровья или нездоровья человека тщательно исследуют параметры, характеризующие кровь (гематологические показатели).

## I. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ

Ежечасно у здорового человека разрушается и вновь образуется 20 миллиардов тромбоцитов, 10 миллиардов эритроцитов и 5 миллиардов лейкоцитов.

Примерно каждые 2 года в организме человека производится масса клеток крови, равная массе его тела.

Огромный пролиферативный потенциал кроветворной ткани заключен в стволовых кроветворных клетках (СКК) – предшественницах, способных к самообновлению, т.е. производству дочерних СКК на протяжении всей жизни человека.

СКК дифференцируются:

1. В направлении клетки–предшественницы всех линий миелопоэза: гранулоцитопоэза, моноцитопоэза, мегакариоцитопоэза и эритропоэза.

2. В направлении клеток-предшественниц лимфоцитов – Т и В – лимфоциты. Все клетки предшественницы получили название колониеобразующие единицы (КОЕ) или колониеобразующие клетки (КОК).

В костном мозге имеются:

□ КОЕ–ГММЭ-гранулоцитарно-макрофагально мегакариоцитарно эритроцитарная колониеобразующая единица, формирующая гранулоциты, макрофаги, мегакарициты и эритроциты;

□ пре КОЕ-Т – представленная Т-клеточными субпопуляциями;

□ пре КОЕ-В – состоящая из В-лимфоцитов.

КОЕ – ГММЭ в ходе дифференциации формируют би- и унипотентные

КОЕ, которые также классифицируют по произведенному ими потомству.

Это КОЕ–ГМ (гранулоцитарная и моноцитарная) – образуются нейтрофильные гранулоциты и макрофаги.

КОЕ, образующая колонии из эритроидных клеток и мегакариоцитов, называется эритроцитарно-мегакариоцитарной (КОЕ – ЭМег).

Это примеры бипотентных клеток, дифференцирующихся в направлении каких-либо двух линий гемопоэза. Формирующиеся из них унипотентные КОЕ образуют колонии из клеток только одной линии. В связи с этим возникли их названия КОЕ-эритроцитарные, эозинофильные, нейтрофильные, мегакариоцитарные.

Бипотентные КОЕ обладают значительной способностью к размножению.

Дифференциация клеток-предшественниц от СКК и до унипотентных КОЕ сопровождается формированием рецепторов к гемопоэтическим гормонам (интерлейкину -3, колониестимулирующим факторам (КСФ), эритропоэтину, тромбоцитопоэтину), а также нейромедиаторам, катехоламинам, тиреотропному гормону, производным тестостерона. Эти гормоны регулируют пролиферацию и дифференциацию клеток крови.

В регуляции пролиферации и дифференциации стволовых и коммитированных кроветворных клеток также принимают участие цитокины – гемопоэтические гормоны, которые вырабатываются гемопоэтическими и некоторыми стромальными клетками.

Стромальные клетки (фибробласты, эндотелий сосудов костного мозга, адипоциты, ретикулярные клетки и макрофаги костного мозга) формируют

экстрацеллюлярный матрикс (ЭЦМ) – важный компонент гемопоэтического микроокружения. Важную роль в регуляции кроветворения играет строма костного мозга – макрофаги, соединительнотканная оболочка, выстилающая костномозговую полость, костномозговые синусоиды, жировые клетки, соединительная ткань и нервные окончания. Эти структуры формируют «гемопоэтическое индуцирующее микроокружение» (ГИМ), необходимое для пролиферации, дифференциации и фиксации СКК в костном мозге, размножения и созревания миелоидных клеток. Любые повреждения структур стромы тормозит регенерацию костного

мозга. СКК, КОЕ-ГММЭ и малодифференцированные бипотентные клетки выходят из костного мозга в кровь и циркулируют в ней, но пролиферировать и дифференцировать эти клетки способны лишь в ткани костного мозга и необходимые для этого условия создает ГИМ, его ЭЦМ.

Сосудистая сеть костного мозга начинается от артерии, проникающей через костный канал. От центральных ее ответвлений отходят синусоиды, потом артериолы, направляющиеся к периферии кости и распадающиеся на капилляры. Таким образом, формируется элементарная морфофункциональная единица костного мозга «синусоидальное дерево».

Гемопоэтическая ткань располагается между синусоидами, созревающие эритроидные и гранулоцитарные клетки, мегакариоциты и макрофаги прилегают к наружной поверхности сосудистых синусов. Выход клеток из костного мозга в кровь связан с их проходом через отверстия диаметром 2,3 мкм между эндотелиальными клетками костно-мозговых синусоидов. Диаметр этих отверстий в 2-3 раза меньше проходящих через них в кровь клеток. Поэтому мигрирующие клетки должны обладать хорошей деформируемостью, чтобы пройти барьер и выйти в кровь. Хорошей деформируемостью обладают только зрелые клетки.

В норме часть клеток не достигает стадии созревания, погибает в пределах костного мозга и подвергается фагоцитозу макрофагами, располагающимися на наружной поверхности костномозговых синусов. Это явление называется

неэффективным эритро- и гранулоцитопозом. Неэффективный гемопоэз охватывает от 2-10% эритробластов и от 10-15% костно-мозговых гранулоцитов. В кровоток неполноценные клетки не поступают. Масса костного мозга у взрослого человека составляет 4,6% от массы тела или 3,4 кг, в том числе масса красного костного мозга – 1,7 кг.

Клетки костного мозга представляют одну из наиболее пролиферирующих тканей организма. Для осуществления митоза клеток используется энергия макроэргических соединений, образующихся в процессе окислительного фосфорилирования.

## II. КРОВЬ КАК ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА.

### ФИЗИОЛОГИЯ ЭРИТРОЦИТОВ И ЛЕЙКОЦИТОВ

Нормальная жизнедеятельность клеток организма возможна только при условии постоянства его внутренней среды. Истинной внутренней средой организма является межклеточная (интерстициальная) жидкость, которая непосредственно контактирует с клетками. Но постоянство межклеточной жидкости во многом определяется составом крови и лимфы, поэтому в широком понимании внутренней среды в ее состав включают: межклеточную жидкость, кровь и лимфу, а также спино-мозговую, составную, плевральную и другие жидкости. Между кровью, межклеточной жидкостью и лимфой осуществляется постоянный обмен, направленный на обеспечение непрерывного поступления к клеткам необходимых веществ и удаление продуктов жизнедеятельности.

Постоянство химического состава и физико-химических свойств внутренней среды организма называется *гомеостазом*. Гомеостаз - это динамическое постоянство внутренней среды, который характеризуется множеством относительно постоянных количественных показателей (параметров), получивших название *физиологических* (биологических) *констант*. Они обеспечивают оптимальные условия жизнедеятельности клеток организма и отражают его нормальное состояние.

Важнейшим компонентом внутренней среды организма является кровь - жидкая ткань организма. Г. Ф. Ланг (1939) выдвинул понятие "система крови". В систему крови входят: кровь" регулирующий нейрогуморальный аппарат, а также органы, в которых происходит образование и разрушение клеток крови (костный мозг, лимфатические узлы, вилочковая железа, селезенка, печень).

#### **Функции крови.**

- *Транспортная* - выражается в том, что кровь переносит (транспортирует) различные вещества: кислород, углекислый газ, питательные вещества, гормоны и т. д.

- *Дыхательная* - перенос кислорода от органов дыхания к клеткам организма и углекислого газа от клеток к легким.

- *Трофическая* - перенос питательных веществ от пищеварительного тракта к клеткам организма.

- *Экскреторная* - транспорт конечных продуктов обмена веществ (мочевины, мочевой кислоты, углекислого газа и др.), а также избыточной воды, органических и минеральных веществ к органам выделения (почки, легкие, потовые железы и др.).

- *Терморегуляторная* - выражается в том, что кровь, обладая большой теплоемкостью, транспортирует тепло от более нагретых органов к менее нагретым и органам теплоотдачи, т. е. Кровь способствует перераспределению тепла в организме и поддержанию температуры тела.

- *Защитная* - проявляется в процессах гуморального (связывание антигенов, токсинов, чужеродных белков, выработка антител) и клеточного (фагоцитоз) специфического и неспецифического иммунитета, а также в процессах свертывания (коагуляции) крови, протекающих с участием компонентов крови.

- *Регуляторная* - проявляется в реализации гуморального вида регуляции, т. е. регуляции через доставку гормонов, пептидов и других биологически активных веществ к клеткам организма. Таким образом, кровь, осуществляя связь между различными компонентами организма, обеспечивает объединение их в единое целое и соотнесение уровней их функционирования между собой.

- *Осуществление креаторных связей* - передача с помощью макромолекул информации, которая обеспечивает регуляцию внутриклеточных процессов синтеза белка, сохранение степени дифференцированности клеток, постоянства структуры тканей и т.д.

- *Гомеостатическая* - участие крови в поддержании постоянства внутренней среды организма (например, постоянства рН, водного баланса, уровня глюкозы и др.).

### **Константы крови**

Кровь как жидкая ткань организма характеризуется множеством констант, которые можно разделить на мягкие и жесткие.

**Мягкие (пластичные) константы крови** - константы, которые могут отклоняться (изменять свою величину) от константного уровня в относительно широких пределах без существенных изменений

жизнедеятельности клеток и, следовательно, функций организма. К мягким константам относятся: количество циркулирующей крови, соотношение объемов плазмы и форменных элементов, количество форменных элементов, количество гемоглобина, скорость оседания эритроцитов, вязкость крови, относительная плотность крови и др.

1. *Количество крови, циркулирующей по сосудам.* Общее количество крови в организме составляет 4-6 л, из них в состоянии покоя циркулирует около половины, другая половина (45-50 %) находится в *депо* (в печени до 20%, в селезенке до 16%, в кожных сосудах до 10%).

2. *Соотношение объемов плазмы крови и форменных элементов.* Это соотношение определяется путем центрифугирования крови в специальном капилляре с делениями - *гематокрите*. В нормальных условиях оно составляет 45% форменных элементов и 55% плазмы. Эта величина у здорового человека может претерпевать существенные и достаточно длительные изменения лишь при адаптации к большим высотам. Плазма, лишенная фибриногена, называется *сывороткой*.

3. *Содержание форменных элементов, крови.* Эритроцитов у мужчин  $4,0-5,0 \times 10^{12}$  /л, у женщин  $3,9-4,7 \times 10^{12}$  /л; лейкоцитов  $4,0-9,0 \times 10^9$ /л; тромбоцитов  $180-320 \times 10^9$ /л.

4. *Количество гемоглобина.* У мужчин - 130-160 г/л, у женщин - 120-140 г/л. Гемоглобин - сложное химическое соединение, состоящее из белка глобина и четырех молекул гема. Гем содержит двухвалентное железо, которое играет ключевую роль в деятельности гемоглобина, являясь его активной (протетической) группой. Гемоглобин синтезируется эритро- и нормобластами костного мозга. Для нормального синтеза гемоглобина необходимо достаточное поступление железа с пищей. При разрушении эритроцитов гемоглобин, после отщепления гема, превращается в билирубин - желчный пигмент, который поступает, в основном, в кишечник в составе желчи, где превращается в стеркобилин, выводящийся из организма с каловыми массами. Часть билирубина удаляется из организма через почки в виде уробилина.

Основная функция гемоглобина - перенос кислорода и частично углекислого газа. Соединение гемоглобина с кислородом - *оксигемоглобин* - происходит в капиллярах легких. В виде оксигемоглобина переносится большая часть кислорода. Соединение гемоглобина с углекислым газом - *карбгемоглобин* - происходит в капиллярах тканей организма. В виде карбгемоглобина транспортируется 20% углекислого газа.

5. *Скорость оседания эритроцитов (СОЭ):* у мужчин - 2-10 мм/ч, у женщин - 2-15 мм/ч. Скорость оседания эритроцитов зависит от многих

факторов: количества эритроцитов, их морфологических особенностей, величины заряда, способности к агломерации (агрегации), белкового состава плазмы. На скорость оседания эритроцитов влияет физиологическое состояние организма. Так, например, при беременности, воспалительных процессах, эмоциональных напряжениях и других состояниях скорость оседания увеличивается.

6. *Вязкость крови.* Она обусловлена наличием белков и эритроцитов. Вязкость цельной крови равна 5,0 (если вязкость воды принять за 1), плазмы - 1,7-2,2.

7. *Удельный вес* (относительная плотность) крови зависит от содержания форменных элементов, белков и липидов. Удельный вес цельной крови равен 1,050-1,060, плазмы - 1,025-1,034.

**Жесткие константы крови**, их колебание допустимо в очень небольших диапазонах, т. к. отклонение на значительные величины приводит к нарушению жизнедеятельности клеток или функций целого организма. К жестким константам относятся: постоянство ионного состава крови, количество белков в плазме, осмотическое давление крови, количество глюкозы, количество кислорода и углекислого газа, кислотно-основное равновесие (рН) крови и др.

1. *Постоянство ионного состава крови.* Общее количество неорганических веществ плазмы крови составляет около 0,9%. К этим веществам относятся: *катионы* (натрия, калия, кальция, магния) и *анионы* (хлора,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), причем, содержание катионов является более жесткой величиной, чем содержание анионов.

2. *Количество белков в плазме.* Функции белков крови:

- создают онкотическое давление крови, от которого зависит обмен воды между кровью и межклеточной жидкостью;
- определяют вязкость крови, что в свою очередь оказывает влияние на гидростатическое давление крови;
- принимают участие в процессе свертывания крови (фибриноген, глобулины);
- соотношение альбуминов и глобулинов влияет на величину СОЭ;
- являются важным компонентом защитной функции крови (особенно гамма-глобулины);
- принимают участие в транспорте продуктов обмена, жиров, гормонов, витаминов, солей тяжелых металлов;
- являются незаменимым резервом для построения тканевых белков;
- участвуют в поддержании кислотно-основного равновесия, выполняя буферные функции (белковый барьер).



Общее количество белков в плазме составляет 7-8%. Белки плазмы различают по строению и функциональным свойствам. Их делят на три основные группы: альбумины (4,5%), глобулины (1,7-3,5%) и фибриноген (0,2-0,4%).

3. *Осмотическое давление крови.* Под осмотическим давлением понимают силу, с которой растворенное вещество удерживает или притягивает растворитель (сила, обуславливающая движение растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный).

Осмотическое давление крови равно 7,6 атм. Оно зависит в основном от содержания солей и воды в плазме крови и обеспечивает поддержание на физиологически необходимом уровне концентрации различных веществ, растворенных в жидких средах организма. Осмотическое давление способствует распределению воды между тканями, клетками и

Часть осмотического давления, создаваемая белками плазмы, составляет так называемое *онкотическое давление*, величина которого равна 0,03-0,04 атм или 25-30 мм рт. ст. Онкотическое давление является фактором, способствующим переходу воды из тканей в кровяное русло. При снижении величины онкотического давления крови происходит выход воды из сосудов в интерстициальное пространство, что приводит к отеку тканей.

4. *Содержание глюкозы.* В нормальных условиях оно равно 3,3-5,5 ммоль/л.

5. *Содержание кислорода и углекислого газа в крови.* Артериальная кровь содержит 18-20 об % кислорода и 50-52 об % углекислого газа, в венозной крови кислорода 12 об % и углекислого газа 55-58 об %.

6. *Кислотно-основное равновесие крови.* Активная реакция крови обусловлена соотношением водородных и гидроксильных ионов и является жесткой константой, так как только при строго определенном кислотно-основном равновесии возможно нормальное протекание обменных процессов. Для оценки активной реакции крови используют водородный показатель или рН крови, равный 7,36 (артериальной крови 7,4, венозной - 7,35). Увеличение концентрации водородных ионов приводит к сдвигу реакции крови в кислую сторону, что называется *ацидозом*. Уменьшение концентрации водородных ионов и увеличение концентрации гидроксильных ионов  $\text{OH}^-$  приводит к сдвигу реакции в щелочную сторону, что называется *алкалозом*.

Удержание констант крови на определенном уровне осуществляется по принципу саморегуляции, что достигается формированием соответствующих

функциональных систем. В качестве примера рассмотрим схему функциональной системы, направленной на поддержание рН крови.

### **Характеристика форменных элементов крови**

**Эритроциты.** Эритроциты человека представляют собой безъядерные клетки, состоящие из белково-липидной оболочки и стромы, заполненной гемоглобином. В безъядерных клетках обменные процессы протекают медленно и не требуют больших затрат кислорода на собственные нужды, что позволяет сохранить его для работающих клеток организма.

Основной функцией эритроцитов является перенос кислорода в составе оксигемоглобина от альвеол легких к тканям и частично углекислого газа в составе карбгемоглобина от тканей к легким. В этом заключается дыхательная функция эритроцитов.

Образование эритроцитов - *эритропоэз* - осуществляется в красном костном мозге, который находится в плоских костях и метафизах трубчатых костей.

Для образования эритроцитов необходим витамин В12 и фолиевая кислота. Витамин В12 поступает в организм с пищей и является внешним фактором кроветворения. Его всасывание происходит лишь в том случае, когда он взаимодействует с внутренним фактором кроветворения, который выделяется железами желудка. При отсутствии этого фактора всасывание витамина В12 нарушается. Для эритропоэза необходим также витамин С, который стимулирует всасывание железа из кишечника, усиливает действие фолиевой кислоты и способствует образованию гема. Витамин В6 оказывает влияние на синтез гема, а витамин В2 необходим для образования липидной стромы эритроцитов.

Процесс разрушения оболочки эритроцитов, вследствие которого происходит выход гемоглобина в плазму, называется *гемолизом*.

**Лейкоциты.** Это белые кровяные клетки, в которых имеется ядро. и цитоплазма. Лейкоциты вместе с кроветворной тканью образуют белый росток крови или *лейкон*. Общее количество лейкоцитов в крови составляет  $4-9 \times 10^9$ /л. Увеличение количества лейкоцитов называется *лейкоцитозом*, а уменьшение - *лейкопенией*. Различают физиологический и реактивный лейкоцитоз. Физиологический лейкоцитоз наблюдается после приема пищи, во время беременности, при мышечной работе, сильных эмоциях, болевых ощущениях. Реактивный лейкоцитоз возникает при воспалительных процессах и инфекционных заболеваниях. Физиологический лейкоцитоз по своей природе является перераспределительным, реактивный лейкоцитоз обусловлен повышенным выбросом клеток из органов кроветворения с преобладанием молодых форм.

Лейкопения наблюдается при некоторых инфекционных заболеваниях. Неинфекционная лейкопения связана главным образом с повышением радиоактивного фона, применением ряда лекарственных препаратов и проч.

Все виды лейкоцитов обладают в различной степени амeboидной подвижностью. При наличии определенных химических раздражителей лейкоциты могут проходить через эндотелий капилляров и перемещаться к раздражителю (микробу, распадающейся клетке организма, инородным телам или комплексу антиген - антитело), при достижении которого лейкоцит поглощает его (фагоцитирует), а затем с помощью своих пищеварительных ферментов (переваривает) его. Кроме того, лейкоциты выделяют ряд важных для защиты организма веществ: антитела, обладающие антибактериальными и антитоксическими свойствами, вещества фагоцитарной реакции и заживления ран.

В зависимости от того содержит ли цитоплазма зернистость или она однородна, лейкоциты делят на две группы: зернистые (гранулоциты) и незернистые (агранулоциты). *К зернистым* лейкоцитам относятся: эозинофилы, базофилы, нейтрофилы. *К незернистым* относят: лимфоциты и моноциты. В клинике при оценке количества лейкоцитов имеет значение не только их общее количество, но и процентное соотношение всех форм лейкоцитов, что получило название *лейкоцитарной формулы* (лейкограммы). Лейкограмма здорового человека характеризуется постоянством и имеет следующий вид: эозинофилов - 0,5-5% (20-300 клеток в 1 мкл крови), базофилов - 0-1% (0-65), нейтрофилов - 50-75% (250-5800), лимфоцитов - 19-37% (1000-3000), моноцитов - 3-11% (90-600). Функции отдельных форм лейкоцитов различны.

**Эозинофилы** обладают фагоцитарной способностью, но из-за малого количества в крови их роль в этом процессе невелика. Основная их функция заключается в том, что они разрушают токсины белкового происхождения, чужеродные белки и комплексы антиген - антитело. **Базофилы** продуцируют и содержат биологически активные вещества (гистамин, гепарин). Гепарин препятствует свертыванию крови в очаге воспаления, а гистамин расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению. В этом заключается физиологический смысл увеличения количества базофилов в заключительную фазу острого воспаления. **Нейтрофилы** - в основном защищают организм от проникающих в него микробов и их токсинов. Они быстро появляются на месте повреждения или воспаления, скорость их движения в интерстициальном пространстве достигает 40 мкм в минуту. Нейтрофилы фагоцитируют живые и мертвые микробы, разрушающиеся

клетки, чужеродные частицы, а затем переваривают их при помощи собственных ферментов. Нейтрофилы секретируют лизосомные белки, продуцируют интерферон, оказывающий противовирусное действие. **Моноциты.** Моноциты обладают способностью к амёбовидному движению, проявляют выраженную фагоцитарную активность. **Лимфоциты** обладают большим сроком жизни (до 20 лет и более) и обладают способностью не только проникать из крови в ткани, но и возвращаться обратно в кровь. Они являются одним из центральных звеньев иммунной системы организма, осуществляя формирование специфического иммунитета, реализацию иммунного надзора. Благодаря их способности различать "свое" и "чужое" при помощи мембранных рецепторов, которые активируются при контакте с чужеродными белками. Лейкоциты осуществляют синтез защитных антител, лизис чужеродных клеток, обеспечивают реакцию отторжения трансплантата, уничтожают мутантные клетки организма и обеспечивают иммунную память.

**Тромбоциты** - плоские клетки неправильной округлой формы, образуются в костном мозге, продолжительность их жизни от 8 до 11 дней. Функции тромбоцитов многообразны и определяются их специфическими свойствами: способностью к агглютинации, адгезии и образованию псевдоподий. Тромбоциты продуцируют и выделяют факторы, участвующие во всех этапах свертывания крови. Благодаря способности фагоцитировать инородные тела, вирусы и иммунные комплексы тромбоциты участвуют в иммунных реакциях организма. Они содержат большое количество серотонина и гистамина, которые оказывают влияние на величину просвета кровеносных сосудов и их проницаемость.

Продукция тромбоцитов регулируется *тромбоцитопоэтинами* кратковременного и длительного действия. Тромбоцитопоэтины кратковременного действия ускоряют отщепление кровяных пластинок от зрелых мегакариоцитов и, ускоряют их поступление в кровь. Тромбоцитопоэтины длительного действия стимулируют дифференцировку и созревание гигантских клеток костного мозга. Благодаря тромбоцитопоэтинам устанавливается точное равновесие между разрушением и образованием кровяных пластинок.

### III. ГЕМОСТАЗ. СВЕРТЫВАНИЕ КРОВИ

Одним из проявлений защитной функции крови является ее способность к свертыванию. Свертывание крови (гемокоагуляция) является защитным механизмом Организма, направленным на сохранение крови в

сосудистой системе. При нарушении этого механизма даже незначительное повреждение сосуда может привести к значительным кровопотерям.

По современным представлениям процесс свертывания крови протекает в 5 фаз, из которых 3 являются основными, а 2 - дополнительными. В процессе свертывания крови принимают участие много факторов, из них 13 находятся в плазме крови и называются *плазменными факторами*. Они обозначаются римскими цифрами (I-XIII). Другие 12 факторов находятся в форменных элементах крови (особенно, тромбоцитах, поэтому их называют тромбоцитарными) и в тканях. Их обозначают арабскими цифрами (1-12). Величина повреждения сосуда и степень участия отдельных факторов определяют два основных механизма гемостаза - сосудистотромбоцитарный и коагуляционный.

Процесс гемостаза протекает в два этапа:

1. Сосудисто-тромбоцитарный (первичный) гемостаз.
2. Коагуляционный (вторичный).

### **Первичный гемостаз.**

Сосудисто-тромбоцитарный механизм гемостаза обеспечивает остановку кровотечения в мельчайших сосудах (сосудах микроциркуляторного русла), где имеется низкое кровяное давление и малый просвет сосудов. В них остановка кровотечения может произойти за счет:

- 1) спазма сосудов;
- 2) образования тромбоцитарной пробки агрегатами тромбоцитов;
- 3) сочетания того и другого.

В результате адгезии тромбоцитов к соединительно-тканым волокнам в области краев раны мембрана этих клеток становится более проницаемой, и из них выходят АТФ, АДФ и сосудосуживающие вещества (серотонин и катехоламины), а также тромбоцитарный фактор 3.

В результате действия сосудосуживающих веществ, просвет сосудов уменьшается (возникает функциональная ишемия) и перекрывается тромбоцитами, прилипшими к коллагеновым волокнам.

Выделившийся АДФ вызывает дальнейшую агрегацию тромбоцитов, ускоряя тем самым закупорку просвета сосудов. Агрегация тромбоцитов под действием АДФ носит обратимый характер. Тромбоцитарная пробка пропускает через себя плазму крови. Далее наступает необратимая агрегация тромбоцитов, при которой тромбоцитарная пробка становится непроницаемой для крови. Эта реакция возникает под влиянием тромбина, изменяющего структуру тромбоцитов. Далее из тромбоцитов выделяется фактор 6 – тромбостенин, под влиянием которого происходит сокращение (ретракция) тромбоцитарной пробки, образуется тромбоцитарный тромб. Он прочно закрывает просвет микрососуда и кровотечение останавливается.

### **Вторичный гемостаз.**

Первичный гемостаз останавливает кровотечение в сосудах микроциркуляторного русла (где не высокое артериальное давление).

Сосудисто-тромбоцитарные реакции начинают гемостаз и в крупных сосудах, но тромбоцитарные тромбы не выдерживают высокого давления и вымываются.

В таких сосудах остановить кровотечение способен только фибриновый

тромб - прочная пробка.

В процесс гемостаза вовлечены 3 компонента:

- 1) стенка кровеносных сосудов,
- 2) форменные элементы крови;
- 3) плазменная ферментная система крови.

Плазменные факторы свертывания крови.

Обозначаются римскими цифрами в порядке хронологического открытия.

В основном, факторы являются белками, многие из которых, ферментами.

Большинство из них образуются в печени и в крови находятся в неактивном состоянии, активируясь в процессе свертывания.

Фактор I – фибриноген.

Фактор II - протромбин.

Фактор III – тканевой тромбопластин.

Фактор IV - ионы кальция.

Фактор V - проакцелерин.

Фактор VI – акцелерин.

Фактор VII – конвертин.

Фактор VIII – антигемофильный глобулин А.

Фактор IX – фактор Кристмаса, антигемофильный глобулин В.

Фактор X – Стюарта – Прауэра.

Фактор XI – плазменный предшественник тромбопластина.

Фактор XII – фактор Хагемана.

Фактор XIII – фибринстабилизирующий.

Плазминоген.

Фактор Флетчера (прокалликреин).

Фактор Фитцджеральда (кининоген).

Основными плазменными факторами являются: I, II, IV.

Дополнительные факторы (коферменты) – V и VIII.

Факторы-ферменты: II, III, VII, IX-XIII.

Процесс свертывания крови – это ферментативный, цепной (каскадный),

матричный процесс перехода растворимого белка фибриногена в нерастворимый фибрин

Вторичный гемостаз осуществляется в 3 фазы:

1. Образование протромбиназы. Данный процесс может осуществляться по двум механизмам – внешнему, то есть протекать в тканях с образованием тканевой протромбиназы, и внутреннему - внутри сосуда с образованием кровяной протромбиназы.

2. Образование тромбина;

3. Превращение фибриногена в нерастворимое состояние - фибрин.

Образование фибрина завершает образование кровяного тромба.

После образования фибринового тромба через 30-60 минут начинается его сокращение (ретракция). Ретракция происходит за счет сокращения нитей актина и миозина тромбоцитов, а также нитей фибрина под влиянием тромбина и ионов кальция. В результате ретракции сгусток сжимается в плотную массу, тромб уплотняется и стягивает края раны, что облегчает ее закрытие соединительнотканью клетками.

Одновременно с ретракцией, но с меньшей скоростью начинается фибринолиз – расщепление фибрина, составляющего основу тромба. Важнейшая функция фибринолиза – восстановление просвета сосудов, закупоренных тромбами.

Лизис сгустка крови осуществляется системой ферментов, активным компонентом которой являются плазмин, фибриноген, факторы свертывания крови V, VII, XII и протромбин.

Фибринолиз протекает в 3 фазы:

1) образование кровяного активатора плазминогена;

2) превращение плазминогена в плазмин (фибринолизин);

3) плазмин расщепляет фибрин до пептидов и аминокислот.

Лизис кровяных сгустков продолжается в течение нескольких дней.



## Противосвертывающие механизмы.

Сохранение жидкого состояния крови – главная функция системы гемостаза.

Жидкое состояние крови обеспечивается следующими механизмами:

1) гладкой поверхностью эндотелия сосудов, препятствующей агрегации тромбоцитов;

2) стенки сосудов и форменные элементы крови заряжены отрицательно,

что способствует их отталкиванию друг от друга;

3) большая скорость течения крови, что не позволяет концентрироваться

факторам свертывания в одном месте;

4) стенки сосудов покрыты слоем растворимого фибрина, который адсорбирует активные факторы свертывания;

5) наличие в крови естественных антикоагулянтов.

К естественным антикоагулянтам относятся: антитромбин III, гепарин, белки C и S, нити фибрина.

Адгезии тромбоцитов к неповрежденной сосудистой стенке препятствуют эндотелиальные клетки; гепариновые соединения тучных клеток соединительной ткани; простагландин, синтезируемый эндотелиальными и гладкомышечными клетками сосуда; активированный эндотелием сосуда протеин C; антитромбин III, активированный гепариноподобными соединениями эндотелия; оксид азота.

Ускорение свертывания крови называют гиперкоагулемией, а замедление – гипокоагулемией

## IV. ГРУППЫ КРОВИ

Австрийский ученый К. Ландштейнер и чешский врач Я.Янский в 1901-1907 годах установили существование в эритроцитах людей особых антигенов – агглютиногенов и наличие в плазме крови соответствующих им антител – агглютининов.

Это послужило основанием для выделения у людей групп крови. Групповую принадлежность крови обуславливают изоантигены. Главным носителем антигенных свойств являются эритроциты. У человека описано около 200 эритроцитарных изоантигенов. Они объединяются в групповые антигенные системы: АВ0, Rh-группы, Дафи, MNS, Диего, Келл и другие. Изоантигены передаются по наследству, постоянны в течение всей жизни, не изменяются под воздействием экзогенных и эндогенных факторов.

Учение о группах крови приобретает особое значение в связи с частой необходимостью возмещения потери крови при ранениях, оперативных вмешательствах, при хронических инфекциях и по другим медицинским показаниям. В основе деления крови на группы лежит реакция *агглютинации*, которая обусловлена наличием антигенов (агглютиногенов) в эритроцитах и антител (агглютининов) в плазме крови. В системе АВ0 выделяют два основных агглютиногена А и В (полисахаридно-аминокислотные комплексы мембраны эритроцитов) и два агглютинина - альфа и бета (гамма-глобулины).

При реакции антиген - антитело молекула антитела образует связь между двумя эритроцитами. Многократно повторяясь, она приводит к склеиванию большого числа эритроцитов.

В зависимости от содержания агглютиногенов и агглютининов в крови конкретного человека в системе АВ0 выделяют 4 основных группы, которые обозначают цифрами и теми агглютиногенами, которые содержатся в эритроцитах этой группы.

- I (0) - агглютиногены в эритроцитах не содержатся, в плазме содержатся агглютинины альфа и бета.
- II (А) - в эритроцитах агглютиноген А, в плазме агглютинин бета.
- III (В) - в эритроцитах агглютиноген В, в плазме агглютинин альфа.
- IV (АВ) - в эритроцитах агглютиногены А и В, агглютининов в плазме нет.

Так как реакция агглютинации происходит при встрече одноименных агглютиногенов и агглютининов (например, А и альфа, В и бета), то считали возможным переливать небольшие количества иногруппной крови. Было разработано правило переливания: в эритроцитах донора (человека, дающего

кровь) учитывали наличие агглютиногенов, а в плазме реципиента (человека, получающего кровь) - агглютининов. Донорскую кровь подбирали так, чтобы эритроциты донора не агглютинировались агглютинидами крови реципиента. Плазма донора, ввиду переливания небольшого ее объема, во внимание не принималась, т. к. она значительно разбавлялась плазмой реципиента и ее агглютинины теряли свои агглютинирующие свойства. Это правило называется правилом разведения.

Исходя из этого представления, первую группу крови можно переливать во все группы (I, II, III, IV); вторую группу - во вторую и четвертую; третью - в третью и четвертую; четвертую группу можно переливать только в кровь четвертой группы. Поэтому людей с первой группой крови называют универсальными донорами, а людей с четвертой - универсальными реципиентами.

В настоящее время от этого принципа переливания крови отказались практически полностью и для переливания используют только одногруппную кровь. Одной из причин отказа от классических правил переливания крови явилась невозможность переливать донорскую иногруппную кровь в больших количествах, что бывает необходимым при ряде хирургических операций. Другой причиной послужило наличие большого количества подгрупп крови. Оказалось, что агглютиноген А существует более чем в 10 вариантах, различающихся агглютинационными свойствами. Агглютиноген В тоже существует в нескольких вариантах, активность которых убывает в порядке их нумерации.

Кроме того, к настоящему времени стали известны и другие агглютиногены (кроме системы АВ0). Это М, N, S, P и другие - всего около 400 агглютиногенов. В каждой из этих систем имеется, как правило, несколько агглютиногенов, составляющих разные комбинации, которые определяют группы крови в данной системе. Эти агглютиногены также находятся в эритроцитах независимо от системы АВ0 и друг от друга. Их антигенные свойства выражены слабо и при переливании крови ими можно пренебрегать. Наибольшее значение для клиники имеет система АВ0 и резус-фактора.

Определение группы крови проводится путем смешивания капли крови исследуемого человека со стандартными сыворотками, содержащими иммунные анти-А и анти-В агглютинины.

### **Система резус (Rh-hr).**

Данная система открыта в 1941 году К.Ландштейнером и А.Винером при иммунизации кроликов кровью обезьян - макак-резусов.

Антигены системы резус (Rh) являются липопротеидами. В настоящее время описано шесть разновидностей антигенов системы резус. Наиболее важными из них являются: D, C, E, обладающие наибольшей иммуногенной активностью. Среди них самым сильным является антиген D, который имеется в эритроцитах 85% людей независимо от их групповой принадлежности по системе АВ0. Кровь таких людей называется резус-положительной (Rh+). У остальных 15% людей антиген D отсутствует. Их кровь считается резусотрицательной (Rh-).

В отличие от системы АВ0, система резус не имеет врожденных антител: антирезус-антитела (антирезус-агглютинины) могут сформироваться только при переливании резус-отрицательному человеку резус-положительной крови, поэтому повторное переливание резус-положительной крови может вызвать гемоконфликт. Подобная же ситуация возникает, если резус-отрицательная женщина беременна резус-положительным плодом, наследующим резус-принадлежность от отца. Во время беременности небольшое количество крови плода (0,1-0,2 мл) может проникнуть через плацентарный барьер в кровь

Среди агглютиногенов, не входящих в систему АВ0, одним из первых был обнаружен резус-агглютиноген (резус-фактор). Этот агглютиноген содержится у 85% людей. Кровь, в которой содержится резус-фактор, называется резус-положительной, а в которой отсутствует - резус-отрицательной. К настоящему времени выявлено 6 разновидностей резус-агглютиногенов.

Знание о резус-факторе имеет значение при переливании крови, а также в акушерстве и гинекологии. Если резус-положительную кровь перелить резус-отрицательному реципиенту, то в его организме образуются антирезус-агглютинины. При повторном переливании этому человеку резус-положительной крови произойдет агглютинация эритроцитов.

При беременности, если кровь матери резус-отрицательная, а кровь плода резус-положительная, то, проникая в организм матери резус-агглютиногены вызывают у нее образование антител (антирезус-агглютининов), которые, диффундируя в кровь плода, вызывают реакцию агглютинации его эритроцитов с последующим их гемолизом (резус-

конфликт). Выраженный резус-конфликт возникает лишь при высокой концентрации антирезус-агглютининов. Поэтому, чаще всего, первый ребенок рождается без осложнений. Опасность резус-конфликта нарастает при повторных беременностях.



## **Кровообращение**

Необходимым условием жизнедеятельности организма является непрерывный обмен веществ и энергии в клетках. Следовательно, они должны непрерывно снабжаться питательными веществами, кислородом и освобождаться от продуктов их деятельности. Эти процессы обеспечиваются кровью, циркулирующей по системе кровообращения. Система кровообращения включает в себя сердце и кровеносные сосуды, по которым непрерывно движется кровь. Основной причиной, обеспечивающей движение крови по сосудам, является сила сокращения сердечной мышцы. Сердечная мышца состоит из двух типов мышечных волокон: типических (миокардиоцитов), которые обеспечивают сократительную функцию сердца, и атипических, образующих проводящую систему сердца, и обеспечивающих возникновение возбуждения в сердце и проведение его от места возникновения к миокарду предсердий и желудочков.

Сердечная мышца обладает физическими и физиологическими свойствами.

### **Физические свойства сердечной мышцы.**

- *Растяжимость*
- *Эластичность*
- Способность развивать силу в процессе сокращения мышцы.
- Способность совершать работу при сокращении, что проявляется в перемещении крови по кровеносной системе.

### **Физиологические свойства сердечной мышцы.**

1. *Возбудимость.*
2. *Сократимость.*
3. *Проводимость.*
4. *Автоматизм.*

К настоящему времени установлено, что выраженной способностью к автоматии обладают мало дифференцированные атипические мышечные волокна, которые образуют так называемую *проводящую систему сердца*. Проводящая система включает в себя главные узлы автоматизма: *синоатриальный*, расположенный в стенке правого предсердия между местом впадения верхней полой вены и правым ушком; *атриовентрикулярный* узел, расположенный в межпредсердной перегородке на границе предсердий и желудочков. В состав проводящей системы сердца взводят также *пучок Гиса*, который начинается от атрио-вентрикулярного узла, затем разделяется на правую и левую ножки, идущие к желудочкам. Ножки пучка Гиса разделяются на более тонкие проводящие пути,

заканчивающиеся *волоками Пуркинье*, которые контактируют с клетками сократительного миокарда.

### **Фазовый анализ цикла сердечной деятельности**

Циклом сердечной деятельности называется период от начала одной систолы сердца до начала следующей. При 75 сокращениях сердца в минуту общая продолжительность сердечного цикла равна 0,8 с. При тахикардии (учащении сердечной деятельности) длительность кардиоцикла уменьшается, при брадикардии (урежении сердечной деятельности) - увеличивается. Сердечный цикл состоит из нескольких периодов и фаз

*Систола предсердий* длится 0,1 с, диастола - 0,7 с. Давление в предсердиях во время систолы повышается до 5-8 мм рт. ст.

*Систола желудочков* длится 0,33 с. Она состоит из двух периодов и четырех фаз. *Период напряжения* (0,08 с) состоит из двух фаз:

- *асинхронного сокращения* (0,05 с). В эту фазу происходит асинхронное (неодновременное) сокращение различных частей миокарда желудочков, при этом форма изменяется, но давление в них не увеличивается;

- *изометрического сокращения* (0,03 с). В эту фазу происходит изометрическое сокращение миокарда желудочков, т. е. Длина мышечных волокон не изменяется, но увеличивается их напряжение. В начале этой фазы атрио-вентрикулярные клапаны сердца закрываются, а полулунные клапаны еще не открыты, следовательно, полость желудочков замкнута.

Как отмечалось выше, диастола предсердий длится 0,7 с. Из них 0,3 с совпадают с систолой желудочков, а 0,4 с - с диастолой желудочков, т. е. в течение 0,4 с предсердия и желудочки находятся в состоянии диастолы, поэтому этот период в деятельности сердца называется *общей паузой сердца*. За 0,1 с до окончания диастолы желудочков начинается следующая систола предсердий и кардиоцикл повторяется снова.

### **Методы исследования деятельности сердца и сосудов**

Во время деятельности сердца возникает ряд механических, звуковых и электрических явлений, регистрируя и анализируя которые можно характеризовать состояние сердечно-сосудистой системы у человека. К основным клиническим и физиологическим методам исследования сердечно-сосудистой системы у человека относятся:

- осмотр и пальпация области сердца и крупных сосудов;
- определение границ и конфигурации сердца;
- исследование пульса;
- аускультация (выслушивание) тонов сердца;
- определение величины кровяного давления;

- определение систолического и минутного объема сердца;
- электрокардиография;
- телеэлектрокардиография;
- фонокардиография;
- баллистокардиография;
- векторкардиография;
- динамокардиография;
- эхокардиография;
- электрокимография;
- реокардиография и другие методы.

**Аускультация тонов сердца.** При работе сердца возникают звуковые явления, которые называются *тонами сердца*. Существует 4 тона сердца, два из которых (I и II) являются основными и их можно прослушать с помощью фонендоскопа, а два других (III и IV) можно только выявить с помощью специального метода - фонокардиографии.

*Артериальный пульс* - колебание артериальной стенки, вызванное систолическим повышением давления в артериях. Он отражает деятельность сердца и функциональное состояние артерий. Артериальный пульс можно исследовать путем пальпации любой доступной артерии. При этом можно выявить ряд клинических характеристик пульса (частоту, быстроту, амплитуду, напряжение, ритм).

*Частота пульса* характеризует частоту сердечных сокращений:

В состоянии покоя частота пульса колеблется от 60 до 80 в минуту. Урежение пульса (менее 60) называется *брадикардия*, а учащение (более 80) - *тахикардия*.

*Быстрота пульса* - это скорость, с которой происходит повышение давления в артерии во время подъема пульсовой волны и снижение во время ее спада. Различают *быстрый* и *медленный пульс*. Быстрый пульс наблюдается при недостаточности аортального клапана, когда давление в сосуде быстро падает после окончания систолы. Медленный пульс наблюдается при сужении аортального устья, когда давление в сосуде медленно нарастает во время систолы.

*Амплитуда пульса* - это амплитуда колебания стенки сосуда. Амплитуда пульса зависит в первую очередь от величины систолического объема сердца. На нее также влияет эластичность сосудов:

при одинаковом ударном объеме амплитуда пульса тем меньше, чем больше эластичность сосуда и, наоборот.



*Напряжение пульса* (твердость пульса) оценивается тем усилием, которое необходимо приложить, чтобы сдавить артерию до прекращения ее колебаний. По этому признаку различают *мягкий* и *твердый пульс*.

*Ритм пульса*. В норме сердце сокращается достаточно ритмично. Но вместе с тем наблюдаются небольшие изменения ритма, связанные с фазами дыхания. В конце фазы выдоха частота сокращений сердца уменьшается, что связано с повышением тонуса блуждающих нервов, а во время вдоха частота несколько возрастает. Это *дыхательная аритмия*. Наиболее выраженные аритмии пульса наблюдаются при патологии сердца. Например, экстрасистолии или уменьшение силы сердечных сокращений сопровождаются *дефицитом пульса* - состоянием, при котором число пульсовых колебаний меньше числа сердечных сокращений. Это обусловлено тем, что происходит выпадение отдельных пульсовых колебаний в результате значительного уменьшения объема сердечного выброса, который не создает повышения давления крови в аорте, достаточного для распространения пульсовой волны до периферических артерий.

Для более детального анализа пульса производится его графическая регистрация, позволяющая регистрировать отдельные пульсовые волны. Запись пульса артериального сосуда получила название *сфигмограммы*.

Электрокардиография - метод регистрации электрических потенциалов, возникающих в работающем сердце. Этот метод позволяет проследить процессы возникновения, распространения и исчезновения возбуждения в сердечной мышце.

Для отведения и записи потенциалов сердца используется много способов, но наиболее часто из них применяются: стандартные отведения, усиленные отведения от конечностей и униполярные грудные.

**Анализ ЭКГ.** При анализе электрокардиограммы оценивают: зубцы (наличие основных и дополнительных зубцов, их форму, направление, амплитуду, длительность), сегменты (их длительность и расположение по отношению к изоэлектрической линии), интервалы (их длительность и расположение по отношению к изоэлектрической линии), комплекс зубцов (их длительность).

При оценке зубцов ЭКГ большое внимание уделяется определению их длительности и амплитуды (вольтажа). Так, длительность зубца Р в норме в состоянии покоя во II стандартном отведении составляет 0,08-0,1 с, комплекса QRS - 0,06-0,09 с, а комплекса QRST - 0,36 с. Их уширение служит признаком нарушения внутрижелудочкового проведения и реполяризации желудочков.

По ЭКГ можно судить о частоте сердечных сокращений, локализации генератора возбуждения и очага повреждения. Например, можно установить, где в данный период расположен водитель ритма сердца (в синусном узле, предсердиях, атрио-вентрикулярном узле, правом или левом желудочке), что дает возможность, прежде всего, распознать различные виды аритмий и экстрасистол.

В настоящее время электрокардиография является широко используемым, доступным и весьма информативным методом исследования как в клинике, так и вне ее при обследовании здоровых людей. Для этого созданы системы дистанционной и непрерывной регистрации ЭКГ, которые используются для изучения динамики сердечного ритма при осуществлении производственной и спортивной деятельности, а также в клинике для непрерывного наблюдения за состоянием сердца у тяжело больных. Кроме того, разработаны способы передачи ЭКГ по телефону в консультационные центры, где специалисты с помощью вычислительной техники устанавливают и уточняют диагноз.

Векторкардиография. Условную линию, соединяющую в каждый данный момент две точки, которые обладают наибольшей разностью потенциалов, принято называть электрической осью сердца. Электрическая ось сердца характеризуется определенной величиной и направлением, т. е. обладает свойствами векторной величины. Вследствие неодновременности охвата возбуждением различных отделов миокарда этот вектор в каждый момент времени изменяет свое направление. Для клинической практики оказалось полезной регистрация не только величины разности потенциалов, создаваемой сердечной мышцей, но и изменение направления электрической оси сердца. Регистрация изменений направления электрической оси сердца получила название векторэлектрокардиографии.

Эхокардиография - метод ультразвукового исследования сердца. Он основан на принципе регистрации отраженного ультразвукового сигнала. В сочетании с цифровым преобразованием отраженного ультразвукового импульса с помощью вычислительной машины он позволяет регистрировать изображение всей сердечной мышцы и ее отделов, изменение положения стенок, перегородок и клапанов камер сердца в различные фазы сердечной деятельности. Метод применяется для точного расчета систолического объема сердца и других показателей гемодинамики, связанных с работой сердца.

Реокардиография - регистрация изменений полного сопротивления (емкостного и реактивного) грудной клетки, связанных с динамикой кровенаполнения сердца и крупных сосудов в течение сердечного цикла.

Этот метод применяется для фазового анализа сердечного сокращения, изучения гемодинамики в малом круге кровообращения, но главным образом для неинвазивного определения величины ударного объема сердца. По показателям ударного объема определяют ряд других гемодинамических показателей (минутного объема, объемную, скорость кровотока в аорте, мощность сердечных сокращений, периферическое сопротивление и др.).

Баллистокардиография - метод регистрации смещения тела человека в пространстве, обусловленного сокращением сердца и выбросом крови в крупные сосуды.

Динамокардиография - метод регистрации смещения центра тяжести грудной клетки, обусловленного движением сердца в грудной клетке и перемещением массы крови из полостей сердца в сосуды.

Электрокимография - метод регистрации движения контура сердечной тени на экране рентгеновского аппарата, обусловленного изменением освещенности фотоэлемента при движении сердца во время кардиоцикла.

Фонокардиография - метод графической регистрации тонов сердца посредством преобразования с помощью микрофона звуковых явлений в электрические колебания. На записях, которые регистрируются таким образом, кроме первого и второго тонов, хорошо слышимых ухом, регистрируются более слабые - третий и четвертый тоны сердца.

Одним из наиболее простых, но весьма информативных методов исследования сердечно-сосудистой системы является метод *измерения величины кровяного давления*. Величина кровяного давления зависит от следующих факторов:

- работы сердца, которая определяет величину систолического и минутного объема сердца;
- количества крови, циркулирующей в сосудистом русле;
- вязкости крови;
- величины просвета сосудов, определяемой тонусом сосудистой стенки.

Определение величины кровяного давления проводится двумя способами. Первый - *прямой* (инвазивный) способ, который осуществляется путем введения в кровеносный сосуд канюли или иглы, соединенной с помощью резиновой трубки с манометром. Этот метод используется в основном на животных в условиях эксперимента, а у человека применяется очень редко - во время операций и по клиническим показаниям. Второй - *непрямой* или *косвенный* (бескровный) способ. Он используется в двух разновидностях: способ Рива-Роччи и способ Короткова.

*Способ Рива-Роччи* основан на пальпации пульса, поэтому его называют *пальпаторным*. Методика его выполнения заключается в следующем. На обнаженное плечо накладывают манжетку и нагнетают в нее воздух до тех пор, пока не исчезнет пульс на лучевой артерии. Затем начинают снижать давление в манжетке до появления пульса. Величина давления в манометре в момент появления пульса соответствует систолическому давлению. Недостаток этого метода заключается в том, что с его помощью можно определить только систолическое давление.

*Способ Короткова* основан на выслушивании (аускультаций) сосудистых тонов, поэтому этот метод называют *аускультативным*. С помощью этого метода можно определить систолическое и диастолическое давление.

Возникновение сосудистых тонов связано с изменением характера потока крови в сосуде. В непережатом сосуде поток крови имеет ламинарный характер и не вызывает вихревых потоков и вибрации стенок сосудов и, следовательно, акустических явлений. При пережатии сосуда кровь, проходя во время систолы этот участок сосуда, приобретает *турбулентный* (вихревой) характер и вызывает вибрацию стенок сосудов, что аускультативно определяется как *сосудистый тон*. Давление в манометре в момент появления сосудистых тонов соответствует систолическому давлению, а давление, при котором сосудистые тоны исчезают, соответствует диастолическому. Разность между систолическим и диастолическим давлением получила название *пульсового давления*. В норме оно равно 40-55 мм. рт. ст. Уменьшение величины пульсового давления свидетельствует о снижении эластических свойств сосудистой стенки.

Величину артериального кровяного давления можно зарегистрировать графически. При анализе такой записи можно выделить волны трех типов (порядков).

**Регуляция деятельности сердца.** Принято различать несколько форм регуляции деятельности сердца: авторегуляцию (представленную двумя ее видами - миогенным и нейрогенным) и экстракардиальную регуляцию (нервную, гуморальную, рефлекторную).