

© Сычугов М.В., 2025

**Материалы к лекциям по анатомии и физиологии человека для СПО****Раздел 3. Внутренняя среда организма. Кровь. Лимфа****Содержание**

Раздел 3. Внутренняя среда организма. Кровь. Лимфа .....	1
3.1. Внутренняя среда организма .....	2
3.1.1. Внутренняя среда организма.....	2
3.1.2. Гомеостаз .....	3
3.2. Кровь.....	4
3.2.1. Кровь. Функции крови, её состав, свойства плазмы.....	4
3.2.2. Форменные элементы крови .....	6
3.2.3. Гемограмма и лейкограмма. Скорость оседания эритроцитов .....	18
3.2.4. Гемолиз и его виды.....	19
3.2.5. Гемостаз и его механизмы.....	20
3.2.6. Группы крови.....	22
3.2.7. Rh-фактор. Резус-конфликт.....	25
3.2.8. Значение Rh-фактора в акушерской практике .....	25
3.3. Лимфа .....	26
3.3.1. Лимфа.....	26
3.3.2. Лимфообразование .....	26
Приложение. Определение групп крови .....	27
Теоретический, номенклатурный и практический минимум .....	29
Примерные вопросы для повторения .....	30
Использованная и рекомендуемая литература.....	31

### 3.1. Внутренняя среда организма

#### 3.1.1. Внутренняя среда организма

#### 3.1.2. Гомеостаз

##### 3.1.1. Внутренняя среда организма

Совокупность биологических жидкостей, омывающих клетки организма и принимающих участие в процессах обмена веществ и энергии в клетках, составляют **внутреннюю среду организма**.

У многоклеточных организмов большинство клеток не имеет непосредственного контакта с внешней средой, их жизнедеятельность обеспечивается наличием внутренней среды. Из неё они получают необходимые для жизни вещества и выделяют в неё же продукты метаболизма.

**Биологические жидкости** внутренней среды организма:

- **межклеточная интерстициальная жидкость** — 10 л,
- **кровь** — 4,5–6 л,
- **лимфа** — 1,5–2 л,
- **специализированные жидкости** (цереброспинальная жидкость, или ликвор, внутрисуставная и внутрибрюшинная жидкости, жидкие среды глазного яблока и внутреннего уха) — около 1 л.

**Гемато-лимфоидный комплекс** (*лат. structurae haematolymphoideae*) включает кровь и лимфу, клетки крови, мигрировавшие в соединительные и эпителиальные ткани, органы лимфоидной системы (красный костный мозг, тимус, селезёнку, лимфатические узлы) и лимфоидную ткань, ассоциированную с некроветворными органами. В органах лимфоидной системы происходит образование иммунных клеток, а их циркуляция и рециркуляция осуществляется в периферической крови и лимфе.

Перечисленные элементы гемато-лимфоидного комплекса взаимосвязаны генетически и функционально, подчиняются общим законам нейрогуморальной регуляции и объединены тесным взаимодействием всех звеньев. Так, постоянный состав периферической крови поддерживается сбалансированными процессами новообразования (гемопоеза) и разрушения клеток крови. Поэтому понимание вопросов развития, строения и функции отдельных элементов гемато-лимфоидного комплекса возможно лишь с позиций изучения закономерностей, характеризующих этот комплекс в целом.

Кровь и лимфа — ткани мезенхимного происхождения. Они вместе с рыхлой соединительной тканью образуют внутреннюю среду организма. Для крови и лимфы характерно наличие жидкого межклеточного вещества — плазмы и взвешенных в ней форменных элементов. Обе эти ткани тесно взаимосвязаны, между ними происходит постоянный обмен форменными элементами, а также веществами, находящимися в плазме. Установлен факт рециркуляции лимфоцитов из крови в лимфу и из лимфы в кровь.

Нормальная жизнедеятельность клеток организма возможна только при условии постоянства его внутренней среды. Внутренняя среда — жидкие среды, которые омывают клеточные элементы и принимают непосредственное участие в обмене веществ. Истинная внутренняя среда организма — межклеточная (интерстициальная) жидкость, которая контактирует с клетками. Постоянство межклеточной жидкости во многом определяется составом крови и лимфы. В широком понимании внутренней среды к ее компонентам относят и другие жидкие среды организма: спинномозговую, плевральную, внутрибрюшинную, синовиальную, глазного яблока, внутреннего уха.

Внутренняя среда отделена от внешней среды особыми физиологическими механизмами — барьерами: внешними (кожа, слизистая оболочка дыхательных путей, пищеварительного канала) и внутренними — гистогематическими.

Внутренние барьеры регулируют поступление из крови в межклеточную жидкость и в ткани питательных веществ и удаление продуктов клеточного обмена. Одновременно они препятствуют поступлению из крови в ткани чужеродных веществ, токсинов, микроорганизмов, некоторых лекарственных веществ.

### 3.1.2. Гомеостаз

Для внутренней среды организма характерно относительное динамическое постоянство состава и физико-химических свойств (**К. Бернар, 1857**), которое называется гомеостазом (**В. Кеннон, 1929**). Под влиянием внешних воздействий и сдвигов, происходящих в организме (обмен веществ, физическая нагрузка, приём пищи), состав и свойства внутренней среды на короткое время могут изменяться, но благодаря нервной и гуморальной регуляции сравнительно быстро возвращаются к исходному состоянию. Такое динамическое постоянство внутренней среды правильнее называть **гомеокинезом**. Если показатели гомеостаза выходят за пределы нормальных диапазонов, определяющих оптимальное протекание метаболизма, то это приводит к нарушению физиологических функций, развитию болезни и гибели. Поэтому гомеостаз является абсолютно необходимым условием жизни.

Явление гомеостаза представляет собой эволюционно выработанное, наследственно-закреплённое адаптационное свойство организма к обычным условиям окружающей среды, он специфичен и обусловлен генотипом.

- **Вещества, обеспечивающие клеточные потребности:** вещества, необходимые для образования энергии, для роста и восстановления – глюкоза, белки, жиры; вода; NaCl, Ca и другие неорганические вещества; кислород и т. д.
- **Окружающие факторы,** влияющие на клеточную активность: осмотическое давление, температура, концентрация водородных ионов (pH).
- **Механизмы, обеспечивающие структурное и функциональное единство:** наследственность, регенерация, иммунобиологическая реактивность.

Морфологическим субстратом, регулирующим обменные процессы между кровью и тканями и поддерживающим **гомеостаз**, являются гистогематические барьеры, состоящие из эндотелия капилляров, базальной мембраны, соединительной ткани, клеточных липопротеидных мембран (**Л.С. Штерн, 1937**).

## 3.2. Кровь

- 3.2.1. Кровь. Функции крови, её состав, свойства плазмы
- 3.2.2. Форменные элементы крови.
- 3.2.3. Гемограмма и лейкограмма. Скорость оседания эритроцитов
- 3.2.4. Гемолиз и его виды. Скорость оседания эритроцитов
- 3.2.5. Гемостаз и его механизмы
- 3.2.6. Группы крови
- 3.2.7. Rh-фактор. Резус-конфликт
- 3.2.8. Значение Rh-фактора в акушерской практике

### 3.2.1. Кровь. Функции крови, её состав, свойства плазмы

**Кровь** (*лат. sanguis, греч. αἷμα, αἷματος* [haima, haema, haimatos] — кровь) — это циркулирующая по кровеносным сосудам жидкая ткань, состоящая из двух основных компонентов — плазмы и взвешенных в ней форменных элементов, осуществляющая транспорт различных веществ в пределах организма и обеспечивающая питание, и обмен веществ всех клеток тела.

В понятие «система крови» (*Г.Ф. Ланг, 1939*) входят: кровь, органы кроветворения (красный костный мозг, лимфатические узлы и др.), органы кроворазрушения и механизмы регуляции (регулирующий нейрогуморальный аппарат). Система крови представляет собой одну из важнейших систем жизнеобеспечения организма и выполняет множество функций. Остановка сердца и прекращение движения крови немедленно приводит организм к гибели.

**Физиологические функции крови:**

► **Транспортная функция** — кровь переносит различные вещества, что обусловлено определёнными задачами этой функции:

- **дыхательная** — перенос кислорода от органов дыхания к клеткам организма и углекислого газа от клеток к лёгким;
- **трофическая** (питательная) — перенос питательных веществ от пищеварительного тракта к клеткам организма;
- **экскреторная** (выделительная) — транспорт конечных продуктов обмена веществ (мочевины, мочевой кислоты, углекислого газа), избыточной воды, органических и минеральных веществ к органам выделения (почки, лёгкие, потовые железы);
- **терморегуляторная** — за счёт большой теплоёмкости кровь способствует перераспределению тепла в организме и поддержанию постоянства температуры тела путём переноса тепла от более нагретых органов к менее нагретым.

► **Защитная функция** проявляется в обеспечении:

- **иммунитета** — реализации гуморальной (связывание антигенов, токсинов, чужеродных белков, микробных тел) и клеточной (фагоцитоз, выработка антител) формы специфической и неспецифической защиты;
- **индивидуальных свойств** — групповой принадлежности;
- **агрегатного состояния** — поддержания крови в жидком состоянии в норме и её способности к образованию тромба при нарушении целостности сосудистой стенки.

► **Регуляторная функция:**

- **гуморальная регуляция** — обеспечение гуморального механизма регуляции через доставку гормонов, пептидов и других БАВ к клеткам организма;
- **осуществление креаторных связей** (*лат. creatio* — созидание) — перенос макромолекул, осуществляющих межклеточную передачу информации с целью восстановления и поддержания структуры тканей.
- **гомеостатическая** — поддержание стабильности ряда констант гомеостаза: pH, осмотического давления, изоионии, регуляция водно-солевого обмена и т. д.;

Общее количество крови в организме взрослого человека в норме составляет 5-9% массы тела и в среднем в теле человека с массой тела 70 кг содержится около 5–5,5 л крови. В покое в сосудистой системе находится 60–70% крови (**циркулирующая кровь**). Другая часть крови (30–40%) содержится в специальных кровяных депо (**депонированная, или резервная**). Потеря более 30% крови приводит к смерти.

Красный цвет крови придаёт гемоглобин, содержащийся в эритроцитах.

Анализ крови в клинической практике — один из основных в постановке диагноза.

Учение о крови и её болезнях называется гематологией.

**Кровь состоит из** жидкой части — плазмы и взвешенных в ней клеток — форменных элементов: эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. На долю форменных элементов в циркулирующей крови приходится 40-45%, на долю плазмы — 55–60%. В депонированной крови наоборот: форменных элементов — 55–60%, плазмы — 40–45%.

**Мягкие (пластичные) константы** крови могут отклоняться от константного уровня в относительно широких пределах без существенных изменений жизнедеятельности клеток и функций организма.

**Объёмное соотношение форменных элементов и плазмы** (или часть объёма крови, приходящаяся на долю эритроцитов) называется **гематокритом** (от греч. αἷμα, αἷματος [haima, haema, haimatos] — кровь, κρίτης [kritos] — судья, отдельный, отделённый). В норме гематокрит у мужчин — 45%, у женщин — 40%.

**Относительная плотность** (удельный вес) зависит от содержания форменных элементов, белков и липидов.

Удельный вес цельной крови — 1,050–1,060, плазмы — 1,025–1,034, эритроцитов — 1,090.

**Вязкость** цельной крови по отношению к воде составляет около 5,0 (если вязкость воды принять за 1), плазмы — 1,7–2,2. Вязкость крови обусловлена наличием белков и особенно эритроцитов.

**Колебание жёстких констант** крови (ионный и катионный, белковый состав) допустимо в очень небольших диапазонах, значительное отклонение нарушает жизнедеятельность клеток и функции организма.

**Плазма** представляет собой межклеточное вещество жидкой консистенции, объём которой — 2,8–3,0 л. Основную часть составляет вода — 90–93%, сухого остатка — 7–10%: белки (6,6–8,5%) и минеральные соли (1%), растворенные газы.

Белки плазмы (их более 30) включают 3 группы.

- **Альбумины** (около 4,5%) — относительно низкомолекулярные белки образуются в печени, период полураспада — 10–15 дней, основной резерв аминокислот. Обеспечивают онкотическое давление, связывают лекарственные вещества, витамины, гормоны, пигменты;

- **Глобулины** (1,7–3,5%) — крупномолекулярные белки, образующиеся в печени, костном мозге, селезёнке, лимфатических узлах. Период полураспада глобулинов — 5 дней. Обеспечивают транспорт жиров, липоидов в составе липопротеинов, глюкозы — в составе гликопротеинов, меди, железа — в составе трансферрина, выработку антител, а также α- и β-агглютининов крови. Важным показателем является альбумин-глобулиновый (белковый) индекс — отношение количества альбуминов к количеству глобулинов, в норме — 1,2–2,0. Индекс снижается при уменьшении содержания альбуминов (например, при усиленном удалении их с солями тяжёлых металлов) или при увеличении содержания глобулинов в плазме (например, при интоксикации).

- **Фибриноген** (0,2–0,4%) участвует в свёртывании крови. Фибриноген образуется в печени. Плазму, лишённую фибриногена, называют сывороткой.

Небелковые азотсодержащие соединения плазмы включают: аминокислоты, полипептиды, мочевины, креатинин, продукты распада нуклеиновых кислот. Половина общего количества небелкового азота в плазме (остаточного азота) приходится на долю мочевины. В норме остаточного азота в плазме содержится 10,6–14,1 ммоль/л, а мочевины — 2,5–3,3 ммоль/л. В плазме находятся также безазотистые органические вещества: глюкоза 4,44–6,67 ммоль/л (по другим данным 3,3–5,5 ммоль/л), нейтральные жиры, липоиды. Минеральные вещества плазмы составляют около 1% (катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ). В плазме содержится также более 50 различных гормонов и ферментов.

**Осмотическое давление** — это давление, которое оказывают растворенные в плазме вещества. Оно зависит в основном от содержащихся в ней минеральных солей и составляет в среднем около 7,6 атм., что соответствует температуре замерзания крови, равной  $-0,56$ – $-0,58^\circ\text{C}$ . Около 60% всего осмотического давления обусловлено солями натрия. Растворы, осмотическое давление которых такое же, как у плазмы, называются изотоническими, или изоосмотическими. Растворы с большим осмотическим давлением называются гипертоническими, а с меньшим — гипотоническими. 0,85–0,9% раствор  $\text{NaCl}$  называется физиологическим (он не является полностью физиологическим, так как в нем нет других компонентов плазмы).

**Онкотическое давление** (коллоидно-осмотическое) — это часть осмотического давления, создаваемая белками плазмы (т. е. их способность притягивать и удерживать воду). Оно равно 0,03–0,04 атм. (25–30 мм рт. ст.), т. е. 1/200 осмотического давления плазмы (равного 7,6 атм.), и определяется более чем на 80% альбуминами.

**Реакция крови** (рН) обусловлена соотношением в ней водородных ( $H^+$ ) и гидроксильных ( $OH^-$ ) ионов. Только при рН 7,36–7,42 возможно оптимальное течение обмена веществ. Крайними пределами изменения рН, совместимыми с жизнью, являются величины от 7 до 7,8. Сдвиг реакции крови в кислую сторону называется **ацидозом**, в щелочную — **алкалозом**.

Поддержание постоянства реакции крови в пределах рН 7,36–7,42 (слабощелочная реакция) достигается за счёт следующих буферных систем крови:

- **буферной системы гемоглобина** — самой мощной; на её долю приходится 75% буферной ёмкости крови;
- **карбонатной буферной системы** ( $H_2CO_3 + NaHCO_3$ ).
- **фосфатной буферной системы**, образованной дигидрофосфатом ( $NaH_2PO_4$ ) и гидрофосфатом ( $Na_2HPO_4$ ) натрия;
- **белков плазмы**: белки плазмы крови, обладая амфотерными свойствами, играют роль буфера. В кислой среде они ведут себя как основания, в щелочной — как кислоты.

Определённый уровень рН и других констант крови поддерживается по принципу саморегуляции.

В поддержании рН крови участвуют также лёгкие, почки, потовые железы. Буферные системы имеются и в тканях. Главными буферами тканей являются клеточные белки и фосфаты.

### 3.2.2. Форменные элементы крови

К **клеткам крови**, гемоцитам, относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (кровяные пластинки). Популяция клеток крови обновляющаяся, с коротким циклом развития, где большинство зрелых форм являются конечными (погибающими) клетками.

Все клетки крови развиваются из общей гемопоэтической СК.

**Гемопоэз** (греч. αἱματοποίηση [haemopoiesis] — кроветворение) — сложный комплекс механизмов размножения, развития и созревания форменных элементов крови.

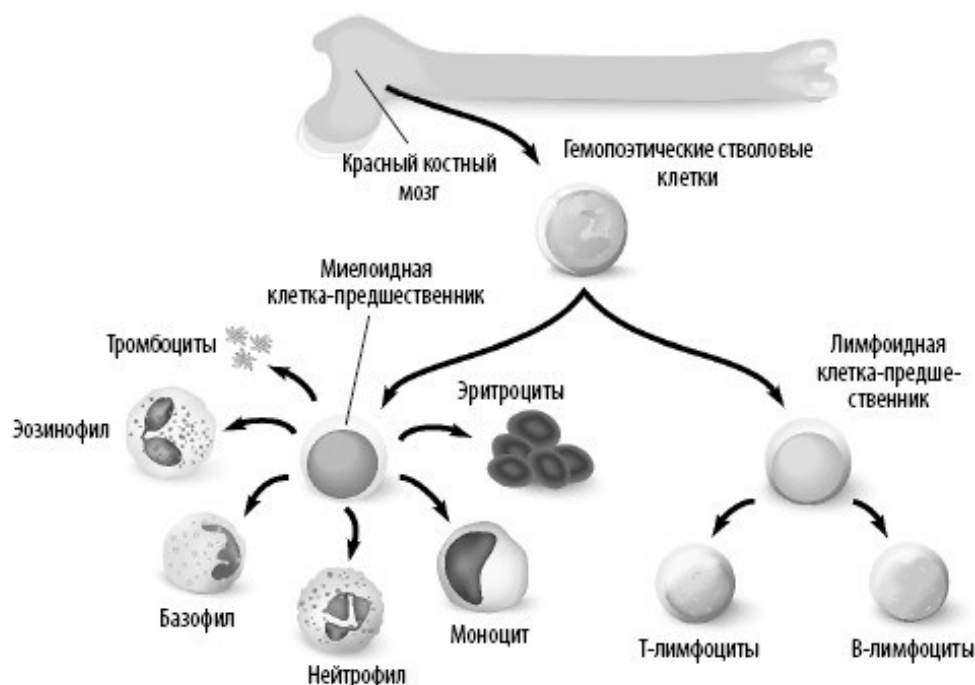
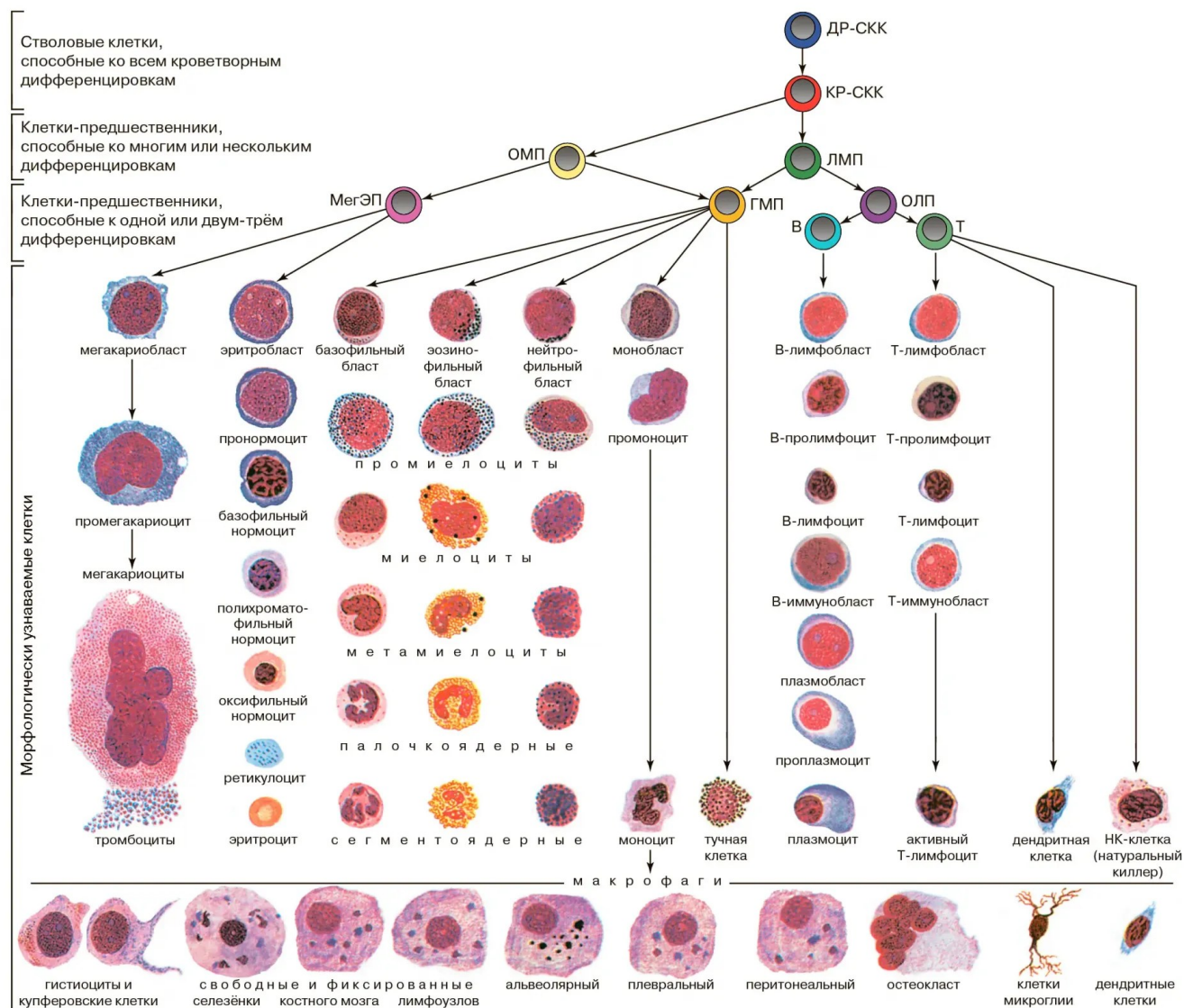


Рис. 3.2.2.1. Гемопоэз (общая схема)



Различают **эмбриональный гемопоэз**, который приводит к развитию крови как ткани (гистогенез в печени), и **постэмбриональный гемопоэз**, представляющий собой процесс физиологической регенерации крови. В том и другом случае происходит образование клеток крови.

Кроветворение происходит в **красном костном мозге** плоских костей (череп, ребра, грудина, позвонки, кости таза) и эпифизов трубчатых костей. Развитие эритроцитов называют **эритроцитопоэзом**, развитие гранулоцитов — **гранулоцитопоэзом**, тромбоцитов — **тромбоцитопоэзом**, моноцитов — **моноцитопоэзом**, лимфоцитов и иммуноцитов — **лимфоцито- и иммуноцитопоэзом**.



СКК – стволовые кроветворные клетки, ДР – длительно репопулирующие, КР – коротко репопулирующие, ОМП – общий миелоидный предшественник, МегЭП – мегакариоцитарно-эритроидный предшественник, ЛМП – лимфомиелоидный предшественник, ГМП – гранулоцитарно-макрофагальный предшественник, ОЛП – общий лимфоидный предшественник, В – клетка-предшественник В-лимфоцитов, Т – клетка-предшественник Т-лимфоцитов.

**Рис. 3.2.2.2. Гемопоэз (генетическая схема, по БРЭ)**

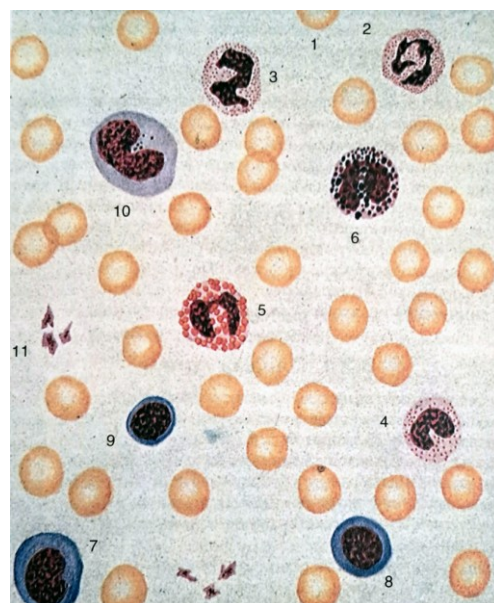
Родоначальница всех клеточных элементов крови — стволовая клетка. Её потомки — полипотентные клетки-предшественницы лимфоцитопоэза и миелопоэза в результате деления остаются полипотентными или превращаются в коммитированные (предопределённые судьбой) унипотентные клетки-предшественницы, тоже способные делиться, но дифференцирующиеся только в одном направлении.

Пролиферацию унипотентных клеток-предшественниц стимулируют колониестимулирующие факторы (КСФ) и интерлейкины (ИЛ).



**Рис. 3.2.2.3. Свежая кровь**

1 — эритроциты (дискоциты); 2 — эритроциты с выростами цитоплазмы (эхиноциты); 3 — «монетные столбики» эритроцитов (агглютинированные эритроциты); 4 — лейкоциты; 5 — тромбоциты (кровяные пластинки); 6 — нити фибрина



**Рис. 3.2.2.4. Форменные элементы крови человека**

1 — эритроцит; 2 — сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит; 3 — палочкоядерный нейтрофильный гранулоцит; 4 — юный нейтрофильный гранулоцит; 5 — эозинофильный (ацидофильный) гранулоцит; 6 — базофильный гранулоцит; 7 — большой лимфоцит; 8 — средний лимфоцит; 9 — малый лимфоцит; 10 — моноцит; 11 — тромбоциты (кровяные пластинки).  
Мазок, окраска по Романовскому—Гимзе.

#### Эритропоэз стимулируют:

- ▶ эритропоэтин — основной гормон, регулирующий эритропоэз, образующийся в почках, его секрецию в почках усиливают: тиреоидные гормоны, глюкокортикоиды, андрогены, катехоламины;
- ▶ рефлекторная активация симпатических нервов при гипоксии в крови;
- ▶ прямое действие гипоксии на клетки почек;
- ▶ фолиевая кислота — стимулирует биосинтез ДНК в клетках костного мозга; витамин  $B_{12}$  активирует фолиевую кислоту в печени;
- ▶ витамин С — стимулирует всасывание железа из кишечника;
- ▶ витамин  $B_6$  — влияет на синтез гема;
- ▶ витамины  $B_2$  и  $B_3$  — необходимы для образования липидной стромы эритроцитов;
- ▶ микроэлементы (железо, медь, марганец, цинк) — участвуют в созревании эритробластов, синтезе гемоглобина, повышении обмена веществ в кроветворных органах.

**Ретикулоциты** — это молодые, ещё не созревшие формы эритроцитов. Процесс образования эритроцитов непрерывен, поэтому ретикулоциты всегда присутствуют в составе крови. Норма: 2–10 ретикулоцитов из 1000 эритроцитов (0,2–1%).

**Кроветворные органы для лимфоцитов:** селезёнка, тимус, лимфатические узлы, лимфоидные фолликулы в составе разных органов.

**Образование гранулоцитов и моноцитов** стимулируют лейкопоэтины — колониестимулирующие факторы: базофило-, эозинофило-, нейтрофило-, моноцито-, лимфоцитопоэтины, образующиеся в соответствующих клетках крови, стенке сосудов, кроветворных органах. Лейкопоэтины действуют непосредственно на органы кроветворения, ускоряя образование и дифференцирование белых кровяных телец. Лейкопоэз стимулируют гормоны: глюкокортикоиды, адреналин, норадреналин, андрогены. Ингибиторы лейкопоэза — кейлоны, лактоферрин.



**Образование лимфоцитов** регулируют лимфопоэтины, гормоны тимуса, лимфокины, антитела. Глюкокортикоиды снижают уровень лимфоцитов в крови, их поступление из депо, синтез и деление предшественников. Лейкопоз стимулируют симпатическая система, продукты распада самих лейкоцитов и тканей, нуклеиновые кислоты, некоторые гормоны, микробы и их токсины. Однако все эти вещества действуют на лейкопоз не прямо, а за счёт лейкопозитивов, продукция которых под их влиянием увеличивается.

**Продукцию тромбоцитов** регулирует тромбоцитопоэтин — гликопротеиновый гормон, регулирующий выработку тромбоцитов костным мозгом; он синтезируется главным образом печенью, в меньшей степени — в почках и поперечнополосатой мускулатуре. Этот гормон непосредственно действует на выработку и дифференцирование клеток костного мозга мегакариоцитов — источник тромбоцитов. Уровень секреции тромбопоэтина определяется числом тромбоцитов в крови: низкое содержание тромбоцитов приводит к увеличению секреции тромбопоэтина, высокий — к уменьшению.

**Эритроцит** (*лат. erythrocyti* *греч. ἐρυθρός* [erythros] — красный и *лат. cellula* от *греч. κύτος* [cytus] — клетка) — безъядерный форменный элемент крови, содержащий гемоглобин. Популяция эритроцитов неоднородна по их форме и размерам.



Рис. 3.2.2.5. Пространственная модель эритроцита-дискоцита (по БРЭ)

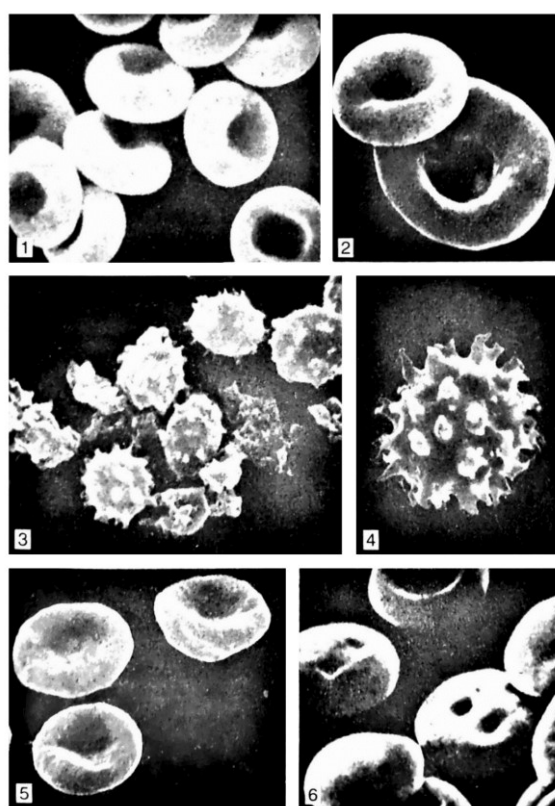


Рис. 3.2.2.6. Эритроциты различной формы в СЭМ (×8000) (по Г. Н. Никитиной).

1 — дискоциты-нормоциты; 2 — дискоцит-макроцит; 3, 4 — эхиноциты; 5 — стоматоциты; 6 — сфероциты

**Дискоциты** (в норме содержится 80–90%) имеют форму двояковогнутого диска диаметром 7–8 мкм, толщиной 1–2,5 мкм.

Кроме того, выделяют: **платоциты** (с плоской поверхностью) и стареющие формы эритроцитов — **шиповидные эритроциты, или эхиноциты** (~6%), **куполообразные, или стоматоциты** (~1–3%), и **шаровидные, или сфероциты** (~1%).

Обязательная составная часть популяции эритроцитов — их **молодые формы** (1–5%).

**Эритроциты:**

- ▶ образуются в красном костном мозге, разрушаются в печени и селезёнке;
- ▶ вместе с кроветворной тканью носят название «красный росток крови», или эритрон;
- ▶ являются высокодифференцированными структурами, не способными к делению.

Продолжительность жизни эритроцитов составляет 70–120 дней. В организме ежедневно разрушается около 200 млн эритроцитов. Поверхность плазмолеммы одного эритроцита составляет около 130 мкм<sup>2</sup>. Общая площадь поверхности всех эритроцитов взрослого человека составляет 3000–3800 м<sup>2</sup>, что в 1500–1900 раз превышает поверхность тела. В норме в 1 мкл (мм<sup>3</sup>) крови у мужчин содержится 3,9–5,5 млн ( $3,9–5,5 \times 10^{12}$ ), у женщин — 3,7–4,9 млн ( $3,7–4,9 \times 10^{12}$ ), у новорождённых в момент рождения и в первые часы жизни выше, чем у взрослого человека, и достигает 6 млн ( $6,0–7,0 \times 10^{12}/л$ ), но уже к 10–14-м суткам оно равно тем же цифрам, что и во взрослом организме. В последующие сроки показатели числа эритроцитов снижаются и становятся минимальными на 3–6-м месяце жизни (физиологическая анемия), и вновь становятся такими же, как и во взрослом организме, в период полового созревания. У здоровых людей может варьировать в зависимости от возраста, эмоциональной и физической нагрузки, действия экологических факторов и др.

Увеличение количества эритроцитов в единице объёма крови называется **эритроцитозом** (полиглобулией, полицитемией), уменьшение — **эритропенией**.

**Функции эритроцитов:**

- ▶ **дыхательная** — за счёт гемоглобина, присоединяющего к себе O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>;
- ▶ **питательная** — адсорбирование на своей поверхности аминокислот и доставка их к клеткам;
- ▶ **защитная** — связывание токсинов находящимися на их поверхности антитоксинами и участие в свёртывании крови;
- ▶ **ферментативная** — перенос различных ферментов: угольной ангидразы (карбоангидразы), истинной холинэстеразы и др.;
- ▶ **буферная** — поддержание с помощью гемоглобина pH крови в пределах 7,36–7,42;
- ▶ **креаторная** — переносят вещества, осуществляющие межклеточные взаимодействия, обеспечивающие сохранность структуры органов и тканей.

Наличие **гемоглобина** в цитоплазме обуславливает жёлтую окраску отдельных эритроцитов свежей крови, а их совокупность придаёт крови красный цвет.

**Гемоглобин** является основной составной частью эритроцитов и **обеспечивает:**

- ▶ дыхательную функцию крови за счёт переноса O<sub>2</sub> от лёгких к тканям и CO<sub>2</sub> от клеток к лёгким;
- ▶ регуляцию активной реакции (pH) крови, обладая свойствами слабых кислот (75% буферной ёмкости).

По химической структуре гемоглобин является сложным **белком-хромопротеидом**, состоящим из белка глобина и простетической группы тема (четырёх молекул). **Гем** (железосодержащий порфирин) имеет в своём составе атом железа, способный присоединять и отдавать молекулу кислорода, не изменяя валентности (II). Количество гемоглобина в одном эритроците называют цветным показателем.

В норме у человека содержится два типа гемоглобина:

- гемоглобин взрослых HbA (от *англ.* adult — взрослый).
- фетальный гемоглобин HbF (от *англ.* foetus — плод).

К моменту рождения ребёнка HbF составляет около 80%, а HbA только 20%. У взрослых людей преобладает HbA, составляя 98%, и около 2% составляет HbF. Сродство к кислороду у фетального гемоглобина выше, чем у гемоглобина взрослых. В результате кислород из крови матери легко переходит к фетальному гемоглобину плода. В крови человека должно содержаться в идеале 166,7 г/л гемоглобина. Фактически у мужчин в норме 145 г/л (130–160 г/л), у женщин — 130 г/л (120–140 г/л). Общее количество гемоглобина в пяти литрах крови у человека составляет 700–800 г. 1 г гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода.

Гемоглобин синтезируется эритробластами и нормобластами костного мозга. При разрушении эритроцитов гемоглобин после отщепления тема превращается в желчный пигмент — **билирубин**. Последний с желчью поступает в кишечник, где превращается в стеркобилин и уробилин, выводимые с калом и мочой. За сутки разрушается и превращается в желчные пигменты около 8 г гемоглобина, т. е. 1% находящегося в крови.

**В норме гемоглобин** содержится в крови в виде трёх физиологических соединений:

- оксигемоглобин (HbO<sub>2</sub>) — гемоглобин, присоединивший O<sub>2</sub>; находится в артериальной крови, придавая ей ярко-алый цвет;
- восстановленный, или редуцированный, гемоглобин, дезоксигемоглобин (Hb) — оксигемоглобин, отдавший O<sub>2</sub>; находится в венозной крови, которая имеет более тёмный цвет, чем артериальная;
- карбгемоглобин (HbCO<sub>2</sub>) — соединение гемоглобина с CO<sub>2</sub>; содержится в венозной крови.

**Гемоглобин способен образовывать и патологические соединения:**

- карбоксигемоглобин (HbCO) — соединение гемоглобина с угарным газом (связывает в 300 раз интенсивнее, чем кислород), очень прочное, не способно переносить кислород, этот комплекс распадается медленно, обуславливая высокую ядовитость угарного газа;
- метгемоглобин (MetHb) — соединение, в котором под влиянием сильных окислителей (анилин, бертолетова соль, фенацетин и др.) — прочное соединение, в котором железо, окисляясь, переходит в трёхвалентную форму, в результате гемоглобин прочно удерживает кислород и теряет способность отдавать его тканям, что может привести к гибели организма.

**При заболеваниях** могут появляться аномальные формы эритроцитов, что чаще всего обусловлено изменением структуры гемоглобина (Hb), характеризуются изменением аминокислотного состава в белковой части гемоглобина. Замена даже одной аминокислоты в молекуле Hb может быть причиной изменения формы эритроцитов. Нарушение формы эритроцитов при заболеваниях получило название пойкилоцитоз. В настоящее время выявлено более 150 видов аномальных гемоглобинов. Например, при серповидноклеточной анемии имеет место генетически обусловленное повреждение в  $\beta$ -цепи гемоглобина — глутаминовая кислота заменена на аминокислоту валин. Такой гемоглобин обозначается как HbS (*англ.* sickle — серп). Эритроциты в условиях понижения парциального давления приобретают форму серпов, полулуний. В ряде стран тропического пояса определённый контингент людей являются гетерозиготными для серповидных генов, а дети двух гетерозиготных родителей по законам наследственности имеют либо нормальный тип (25%), либо бывают гетерозиготными носителями, и 25% страдают серповидно-клеточной анемией.

**Лейкоцит** (*лат.* leukocyti *греч.* λευκός [leukos] — белый и *лат.* cellula от *греч.* κύτος [cytus] — клетка), или белое кровяное тельце, — это бесцветная ядерная клетка, не содержащая гемоглобина и в свежей крови бесцветны.

Лейкоциты вместе с кроветворной тканью образуют белый росток крови — лейкокон. Размер лейкоцитов — 8–20 мкм. Лейкоциты образуются в красном костном мозге, лимфатических узлах, селезёнке, лимфатических фолликулах.

В 1 мкл ( $\text{мм}^3$ ) крови человека в норме содержится 4–9 тыс ( $4\text{--}9 \times 10^9/\text{л}$ ).

Увеличение количества лейкоцитов в крови называется **лейкоцитозом**, уменьшение — **лейкопенией**.

**Физиологический лейкоцитоз** наблюдают после приёма пищи, во время беременности, при мышечной работе, сильных эмоциях, болевых ощущениях, он возникает вследствие перераспределения клеток между кровью и депо.

**Реактивный лейкоцитоз** — при воспалении и инфекционных заболеваниях, он обусловлен повышенным выбросом клеток из органов кроветворения с преобладанием молодых форм.

**Лейкопению** наблюдают при некоторых инфекционных заболеваниях.

**Неинфекционная лейкопения** связана главным образом с повышением радиоактивного фона, применением ряда лекарственных препаратов.

**Число лейкоцитов у новорождённых** увеличено и достигает  $10,0\text{--}30,0 \times 10^9/\text{л}$ . В течение 2 нед. после рождения число их снижается до  $9,0\text{--}15,0 \times 10^9/\text{л}$ . Количество лейкоцитов достигает к 14–15 годам уровня, свойственного взрослым. Соотношение числа нейтрофилов и лимфоцитов у новорождённых такое же, как и у взрослых. В последующем содержание лимфоцитов возрастает, а нейтрофилов — снижается; таким образом, к 4-м суткам количество этих видов лейкоцитов уравнивается (первый физиологический перекрест лейкоцитов).

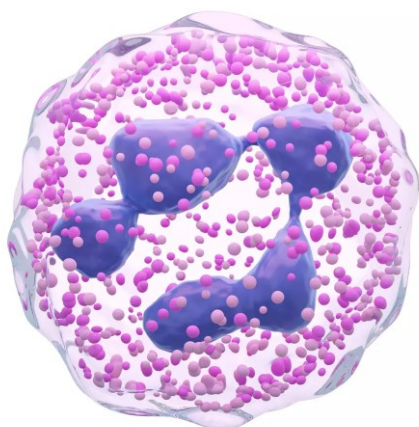
Дальнейшее возрастание числа лимфоцитов и снижение числа нейтрофилов приводят к тому, что на 1–2-м году жизни лимфоциты составляют 65%, а нейтрофилы — 25%. Новое снижение числа лимфоцитов и повышение числа нейтрофилов приводят к выравниванию обоих показателей у 4-летних детей (второй физиологический перекрест).

Постепенное снижение содержания лимфоцитов и повышение числа нейтрофилов продолжают до полового созревания, когда количество этих видов лейкоцитов достигает нормы взрослого.

**Продолжительность жизни лейкоцитов** составляет в среднем 15–20 дней, лимфоцитов — 20 и более лет.

Лейкоциты делят на две группы:

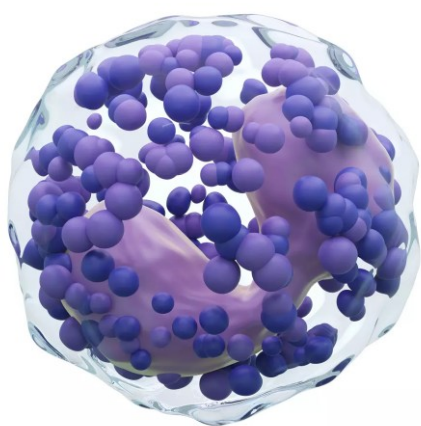
- **зернистые лейкоциты**, или гранулоциты (granulocyti), в цитоплазме которых содержится специфическая зернистость (гранулы)
- **незернистые лейкоциты**, или агранулоциты (agranulocyti), не имеющие зёрен в своей цитоплазме.



**Рис. 3.2.2.7. Пространственная модель лейкоцита нейтрофила (по БРЭ)**



**Рис. 3.2.2.8. Пространственная модель лейкоцита эозинофила (по БРЭ)**



**Рис. 3.2.2.9. Пространственная модель лейкоцита базофила (по БРЭ)**



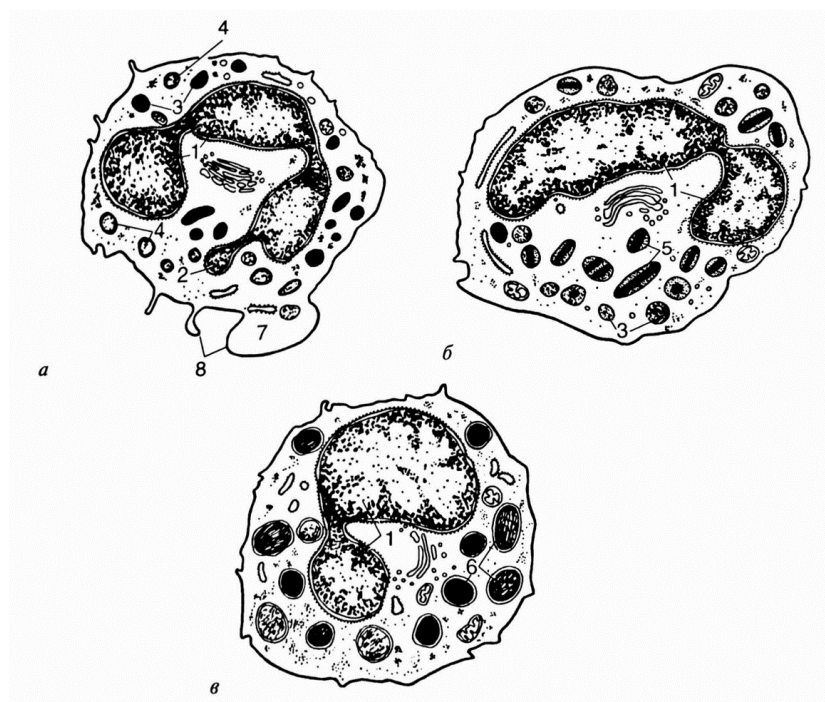
**Рис. 3.2.2.10. Пространственная модель лейкоцита моноцита (по БРЭ)**



**Рис. 3.2.2.11. Пространственная модель лейкоцита лимфоцита (по БРЭ)**



**Зернистые лейкоциты, или гранулоциты.** В группу гранулоцитов входят **нейтрофилы** (до 70 %), **эозинофилы** (1–5 %) и **базофилы** (0–1%).



**Рис. 3.2.2.12. Ультрамикроскопическое строение гранулоцитов (по Н. А. Юриной и Л. С. Румянцевой)**

а — сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит; б — эозинофильный (ацидофильный) гранулоцит; в — базофильный гранулоцит: 1 — сегменты ядра; 2 — тельце полового хроматина; 3 — первичные (азурофильные) гранулы; 4 — вторичные (специфические) гранулы; 5 — зрелые специфические гранулы эозинофила, содержащие кристаллоиды; 6 — гранулы базофила различной величины и плотности; 7 — периферическая зона цитоплазмы, не содержащая органелл; 8 — микроворсинки и псевдоподии

**Нейтрофилы**, или нейтрофильные гранулоциты — самая многочисленная группа лейкоцитов, составляющая  $2,0\text{--}5,5 \cdot 10^9/\text{л}$  крови (48–78% общего числа лейкоцитов). Их диаметр в мазке крови 10–12 мкм, а в капле свежей крови 7–9 мкм. В зрелом сегментоядерном нейтрофиле ядро имеет 3–5 сегментов, соединённых тонкими перемиками. **Для женщин характерно** наличие в ряде нейтрофилов **полового хроматина** (X-хромосомы) в виде барабанной палочки — тельце Барра (*corpusculum chromatinum sexualis*), которое имеет форму висюльки капли и соединено с ядром тонкой перемишкой. В популяции нейтрофилов крови могут находиться клетки различной степени зрелости — юные, палочкоядерные и сегментоядерные. Доля **юных клеток** в норме не превышает 0,5%, или они вообще отсутствуют, характеризуются бобовидным ядром. **Палочкоядерные** составляют 1–6%, имеют несегментированное ядро в форме буквы S, изогнутой палочки или подковы. Увеличение содержания в крови юных и палочкоядерных нейтрофилов свидетельствует о наличии кровопотери или воспалительного процесса, сопровождающихся усилением гемопоэза в костном мозге и выходом молодых форм. Основная функция нейтрофилов — фагоцитоз микроорганизмов, поэтому их называют микрофагами.

**Эозинофилы**, или эозинофильные (ацидофильные) гранулоциты. Количество эозинофилов в крови составляет  $0,02\text{--}0,3 \cdot 10^9/\text{л}$ , или 0,5–5% общего числа лейкоцитов. Их диаметр в мазке крови равен 12–14 мкм, в капле свежей крови — 9–10 мкм. Ядро эозинофилов имеет, как правило, два сегмента, соединённых перемишкой. Эозинофилы участвуют в воспалительных воспалении, аллергических реакциях, анафилактических реакциях. Специфическая функция эозинофилов — антипаразитарная. При паразитарных заболеваниях (гельминтозы, шистосомоз и др.) наблюдается значительное увеличение числа эозинофилов — до 90% общего числа лейкоцитов.

**Базофилы**, или базофильные гранулоциты. Количество базофилов в крови составляет  $0\text{--}0,06 \cdot 10^9/\text{л}$ , или 0–1% общего числа лейкоцитов. Их диаметр в мазке крови составляет 11–12 мкм, в капле свежей крови — около 9 мкм. Ядра базофилов чаще всего S-образной формы, но могут встречаться и сегментированные.

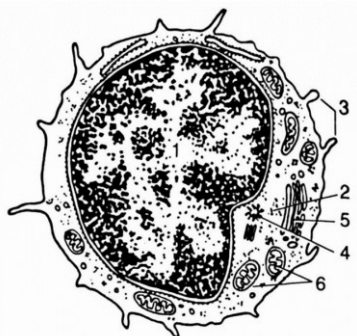


Базофилы, как и тучные клетки соединительной ткани, выделяя гепарин и гистамин, участвуют в регуляции процессов свёртывания крови и проницаемости стенки сосудов. Базофилы участвуют в иммунологических реакциях организма. Дегрануляция базофилов происходит при реакциях гиперчувствительности немедленного типа (например, при астме, анафилаксии, сыпи, которая может ассоциироваться с покраснением кожи). Образуюсь в костном мозге, базофилы поступают в кровь, в которой циркулируют около 1 сут, затем мигрируют в ткани, где в течение 1–2 сут выполняют свои функции, после чего погибают.

#### **Незернистые лейкоциты, или агранулоциты.**

В группу агранулоцитов входят — **лимфоциты** (20–40%) и **моноциты** (2–10%). Группа незернистых лейкоцитов характеризуется несегментированными ядрами, базофилией цитоплазмы и отсутствием в ней явно выраженной специфической зернистости.

**Лимфоциты** крови взрослых людей составляют 20–35% общего числа лейкоцитов ( $1,0\text{--}4,0 \times 10^9/\text{л}$ ). Величина лимфоцитов в мазке крови значительно варьирует — от 4,5 до 10 мкм.



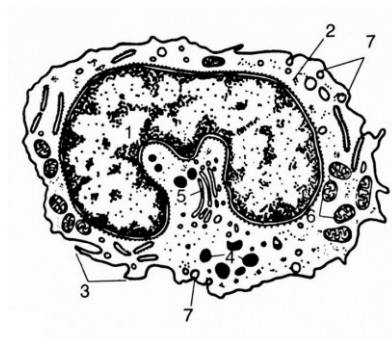
**Рис. 3.2.2.13. Ультрамикроскопическое строение лимфоцита (по Н. А. Юриной, Л. С. Румянцевой)**

1 — ядро; 2 — рибосомы; 3 — микроворсинки; 4 — центриоль; 5 — комплекс Гольджи; 6 — митохондрии

Среди них различают малые лимфоциты (диаметром 4,5–6 мкм), средние (диаметром 7–10 мкм) и большие (диаметром 10 мкм и более). Большие лимфоциты встречаются в крови новорождённых и детей, у взрослых они отсутствуют. Малые лимфоциты составляют большую часть (85–90%) всех лимфоцитов крови человека. Ядра в них округлые, часто с небольшими впячиваниями. Средние лимфоциты составляют около 10–12% лимфоцитов крови человека. Ядра этих клеток округлые, иногда бобовидные с пальцевидным впячиванием ядерной оболочки. Хроматин более рыхлый, ядрышко хорошо выражено. Кроме типичных лимфоцитов, в крови человека в небольшом количестве могут встречаться лимфоплазмциты (около 1–2%), которые отличаются концентрическим расположением вокруг ядра канальцев гранулярной эндоплазматической сети. Основной функцией лимфоцитов является участие в иммунных реакциях. Однако популяция лимфоцитов разнообразна по характеристике поверхностных рецепторов и роли в реакциях иммунитета (*подробнее см. в разделе «Иммунная система»*).

**Моноциты** в капле свежей крови лишь немного крупнее других лейкоцитов (9–12 мкм), в мазке крови они сильно расплываются по стеклу, и размер их достигает 18–20 мкм. В крови человека количество моноцитов колеблется в пределах 6–8% общего числа лейкоцитов. Ядра моноцитов разнообразной и изменчивой конфигурации: встречаются бобовидные, подковообразные, редко — дольчатые ядра с многочисленными выступами и углублениями.

Моноциты относятся к **макрофагической системе** организма, или так называемой мононуклеарной фагоцитарной системе, объединяющей моноциты крови и макрофаги различных органов (макрофаги альвеол лёгкого, костного мозга, лимфатических узлов, селезёнки, гистиоциты соединительной ткани, остеокласты, глиальные макрофаги ЦНС и др.). Моноциты циркулирующей крови представляют собой подвижный пул относительно незрелых клеток, находящихся на пути из костного мозга в ткани. В кровотоке моноциты циркулируют 12–32 ч, затем выселяются в ткани. Продолжительность жизни в ткани — в пределах 1 мес. При этом они увеличиваются в размерах, появляется большое число лизосом, возникают рецепторы иммуноглобулинов (антител), повышается фагоцитарная активность, клетки могут сливаться друг с другом с образованием гигантских форм. Клетки способны синтезировать и выделять множество веществ, влияющих на кроветворение, активность лейкоцитов, развитие воспалительной реакции и др.



**Рис. 3.2.2.14. Схема ультрамикроскопического строения моноцита**  
(по Н. А. Юриной, Л. С. Румянцевой)

1 — ядро; 2 — рибосомы; 3 — микроворсинки; 4 — лизосомы;  
5 — комплекс Гольджи; 6 — митохондрии; 7 — пиноцитозные пузырьки.

Все виды лейкоцитов обладают тремя **важнейшими свойствами**:

- ▶ амёбовидной подвижностью — способностью активно передвигаться за счёт образования ложноножек (псевдоподий);
- ▶ диапедезом — способностью выходить (мигрировать) через неповреждённую стенку сосуда;
- ▶ фагоцитозом — способностью окружать инородные тела и микроорганизмы, захватывать их в цитоплазму, поглощать и переваривать (**И. И. Мечников, 1882**).

#### **Функции лейкоцитов:**

- ▶ защитная — борьба с чужеродными агентами; они фагоцитируют (поглощают) чужеродные тела и уничтожают их;
- ▶ антитоксическая — выработка антитоксинов, обезвреживающих продукты жизнедеятельности микробов;
- ▶ выработка антител, обеспечивающих иммунитет, т.е. невосприимчивость к заразным болезням;
- ▶ участвуют в развитии всех этапов воспаления, стимулируют восстановительные (регенеративные) процессы в организме и ускоряют заживление ран;
- ▶ ферментативная — они содержат различные ферменты, необходимые для осуществления фагоцитоза;
- ▶ участвуют в процессах свёртывания крови и фибринолиза путём выработки гепарина, гистамина;
- ▶ являются центральным звеном иммунной системы организма, осуществляя функцию иммунного надзора, защиты от всего чужеродного и сохраняя генетический гомеостаз (Т-лимфоциты);
- ▶ обеспечивают реакцию отторжения трансплантата, уничтожение собственных мутантных клеток;
- ▶ образуют активные (эндогенные) пирогены и формируют лихорадочную реакцию;
- ▶ несут макромолекулы с информацией, необходимой для управления генетическим аппаратом других клеток организма.

**Тромбоцит** (*лат. thrombocyti* от *греч. θρόμβος* [thrombos] и *лат. cellula* от *греч. κύτος* [cytus] — клетка), или **красная пластинка**, — участвующий в свёртывании крови форменный элемент, необходимый для поддержания целостности сосудистой стенки. В свежей крови человека имеют вид мелких бесцветных телец округлой, овальной или веретеновидной формы диаметром 2–5 мкм. В кровотоке имеют форму двояковыпуклого диска. Они могут объединяться (агглютинироваться) в маленькие или большие группы.

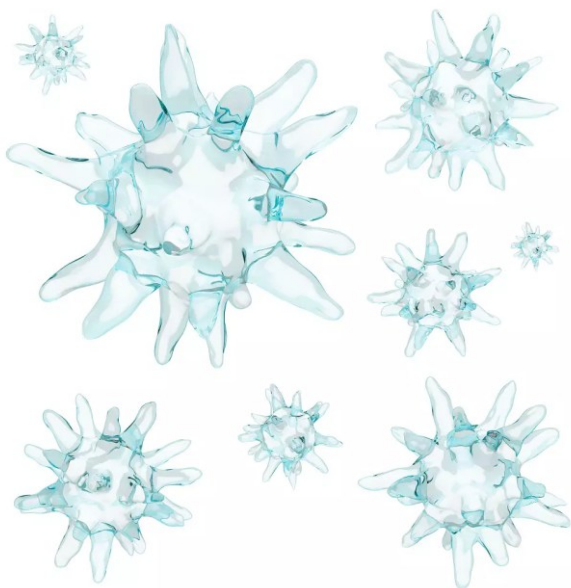
Тромбоциты образуются в красном костном мозге из гигантских клеток — **мегакариоцитов**.

В 1 мкл (мм<sup>3</sup>) крови у человека в норме содержится 180–320 тыс (2,0–4,0·10<sup>9</sup>/л). Увеличение количества тромбоцитов в периферической крови называется тромбоцитозом, уменьшение тромбоцитопенией.

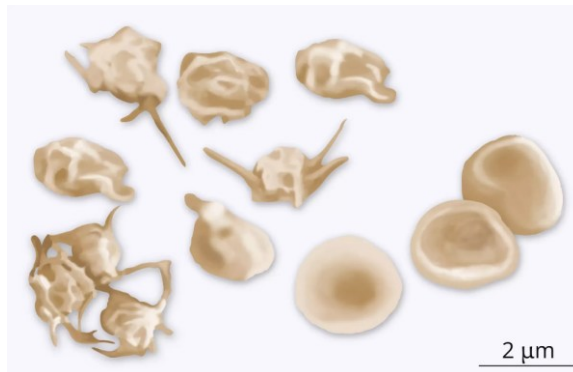
В популяции тромбоцитов различают пять основных форм:

- юные — с базофильным гиаломером и единичными азурофильными гранулами в грануломере красновато-фиолетового цвета (1–5%);
- зрелые — с оксифильным гиаломером и хорошо развитой азурофильной зернистостью в грануломере (88%);
- старые — с более темным гиаломером и грануломером (4%);

- дегенеративные — с серовато-синим гиаломером и плотным темно-фиолетовым грануломером (до 2%);
- гигантские формы раздражения — с розовато-сиреневым гиаломером и фиолетовым грануломером, размерами 4–6 мкм (2%).



**Рис. 3.2.2.15. Пространственная модель тромбоцита (по БРЭ)**



**Рис. 3.2.2.16. Электронограмма тромбоцитов с разной степенью активации (по БРЭ)**

Молодые формы тромбоцитов крупнее старых. При заболеваниях соотношение различных форм тромбоцитов может изменяться, что учитывается при постановке диагноза. Повышенное количество юных форм наблюдается у новорождённых. При онкологических заболеваниях увеличивается число старых тромбоцитов.

Продолжительность жизни тромбоцитов составляет 2–11 дней.

Стареющие тромбоциты фагоцитируются макрофагами селезёнки. Усиление разрушающей функции селезёнки может быть причиной значительного снижения числа тромбоцитов в крови (тромбоцитопения). Для устранения этого требуется операция — удаление селезёнки (спленэктомия). При снижении числа кровяных пластинок, например, при кровопотере, в крови накапливается тромбопоэтин — гликопротеид, стимулирующий образование пластинок из мегакариоцитов костного мозга.

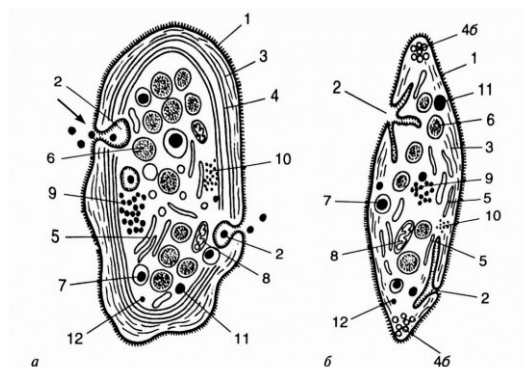
**Основными физиологическими свойствами тромбоцитов** являются:

- ▶ амёбовидная подвижность за счёт образования ложноножек;
- ▶ фагоцитоз, т. е. поглощение инородных тел и микробов;
- ▶ прилипание к чужеродной поверхности и склеивание между собой, при этом они образуют 2–10 отростков, за счёт которых происходит прикрепление;
- ▶ лёгкая разрушаемость;
- ▶ выделение и поглощение различных биологически активных веществ типа серотонина, адреналина, норадреналина и др.;
- ▶ содержат в себе много специфических соединений (тромбоцитарных факторов), участвующих в свёртывании крови: тромбоцитарный тромбопластин, антигепариновый, свёртывающий факторы, тромбостенин, фактор агрегации и т.д.

**Функции тромбоцитов:**

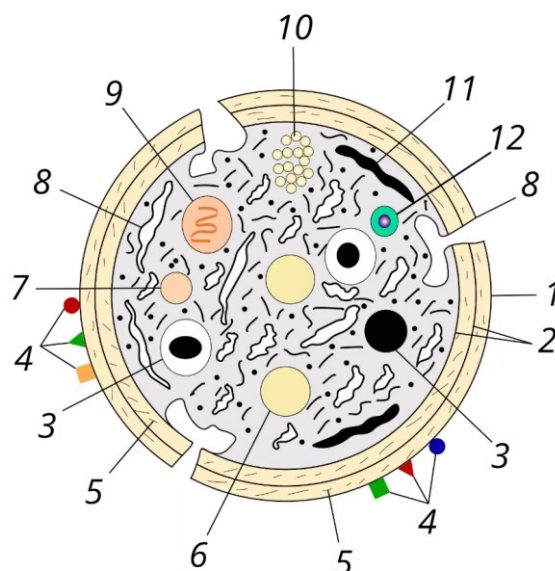
- ▶ активно участвуют в процессе свёртывания крови и растворения кровяного сгустка (фибринолиза);
- ▶ участвуют в остановке кровотечения (гемостазе) за счёт присутствующих в них биологически активных соединений;
- ▶ выполняют защитную функцию за счёт склеивания (агглютинации) микробов и фагоцитоза;
- ▶ вырабатывают некоторые ферменты (амилолитические, протеолитические), необходимые для нормальной жизнедеятельности тромбоцитов и для процесса остановки кровотечения;

- ▶ оказывают влияние на состояние гистогематических барьеров между кровью и тканевой жидкостью путём изменения проницаемости стенок капилляров;
- ▶ осуществляют транспорт креаторных веществ, важных для сохранения структуры сосудистой стенки; без взаимодействия с тромбоцитами эндотелий сосудов подвергается дистрофии и начинает пропускать через себя эритроциты;
- ▶ участвуют в метаболизме серотонина — это практически единственные компоненты крови, в которых, поступая из плазмы, накапливаются резервы серотонина.



**Рис. 3.2.2.17. Ультрамикроскопическое строение тромбоцита (красной пластинки) (по Н. А. Юриной).**

- а — горизонтальный срез; б — поперечный срез: 1 — плазмолемма с гликокаликсом; 2 — открытая система канальцев, связанная с инвагинациями плазмолеммы; 3 — актиновые филаменты; 4 — циркулярные пучки микротрубочек; 4б — микротрубочки в поперечном разрезе; 5 — плотная тубулярная система; 6 —  $\alpha$ -гранулы; 7 —  $\beta$ -гранулы; 8 — митохондрии; 9 — гранулы гликогена; 10 — гранулы ферритина; 11 — лизосомы; 12 — пероксисомы



**Рис. 3.2.2.18. Схематическое изображение красной пластинки (по БРЭ)**

- 1 — наружная мембрана; 2 — микротрубочки; 3 — плотная гранула; 4 — рецепторы; 5 — микрофиламенты; 6 —  $\alpha$ -гранула; 7 — лизосома; 8 — открытая канальцевая система; 9 — митохондрия; 10 — гранулы гликогена; 11 — плотная трубчатая система; 12 — пероксисома

### 3.2.3. Гемограмма и лейкограмма. Скорость оседания эритроцитов

В медицинской практике анализ крови играет большую роль. При клинических анализах исследуют химический состав крови, определяют количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, резистентность эритроцитов, СОЭ и др.

У здорового человека форменные элементы крови находятся в определённых количественных соотношениях, которые принято называть **гемограммой, или формулой крови**.

Большое значение для характеристики состояния организма имеет так называемый дифференциальный подсчёт лейкоцитов. Процентное соотношение отдельных форм лейкоцитов в крови называется **лейкоцитарной формулой, или лейкограммой**. Общее число лейкоцитов и их процентное соотношение у человека могут изменяться в норме в зависимости от употребляемой пищи, физического и умственного напряжения и при различных заболеваниях.

Таблица 3.2.3.1. Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови

Показатель	Норма	
	Единицы СИ	Единицы, подлежащие замене
Гемоглобин: • мужчины • женщины	130–160 г/л 120–140 г/л	13–16 г% 12–14 г%
Эритроциты: • мужчины • женщины	4–5×10 <sup>12</sup> /л 3,9–4,7×10 <sup>12</sup> /л	4–5 млн в 1 мм <sup>3</sup> 3,9–4,7 млн в 1 мм <sup>3</sup>
Цветовой показатель	0,85–1,05	—
Среднее содержание гемоглобина в 1 эритроците	30–35 пг	—

Таблица 3.2.3.2. Гемограмма и СОЭ

Показатель	Норма	
	Единицы СИ	Единицы, подлежащие замене
Ретикулоциты	2–10‰	
Тромбоциты	180–320×10 <sup>9</sup> /л	180–320 тыс. в 1 мм <sup>3</sup>
Лейкоциты	4–9×10 <sup>9</sup> /л	4–9 тыс. в 1 мм <sup>3</sup>
<i>Лейкоцитарная формула</i>		
• Палочкоядерные нейтрофилы	1–6%	—
• Сегментоядерные нейтрофилы	47–72%	—
• Эозинофилы	0,5–5%	—
• Базофилы	0–1%	—
• Лимфоциты	19–37%	—
• Моноциты	3–11%	—
Скорость оседания эритроцитов: • мужчины • женщины	2–10 мм/ч 2–15 мм/ч	—

**Скорость, или реакция оседания (агглютинации) эритроцитов (СОЭ, или РОЭ)** — показатель, отражающий изменения физико-химических свойств крови и измеряемый величиной столба плазмы, освобождающейся от эритроцитов при их оседании из цитратной смеси (5%-ый раствор цитрата натрия) за 1 час в специальной пипетке прибора **Т. П. Панченкова**.

В норме СОЭ равна: у мужчин — 2–10 мм/час; у женщин — 2–15 мм/час; у новорождённых — 0,5 мм/час; у беременных женщин перед родами — 40–50 мм/час.



В движущейся крови эритроциты отталкиваются из-за наличия на их плазмолемме одноименных отрицательных зарядов.

Увеличение СОЭ больше указанных величин является, как правило, признаком патологии.

На СОЭ влияет физиологическое состояние организма: при эмоциональном и физическом напряжении, воспалительных процессах СОЭ увеличивается. Величина СОЭ зависит не от свойств эритроцитов, а от свойств плазмы, в первую очередь от содержания в ней крупномолекулярных белков — глобулинов и особенно фибриногена.

Таким образом, исследование показателей крови необходимо для установления диагноза и назначения лечения.

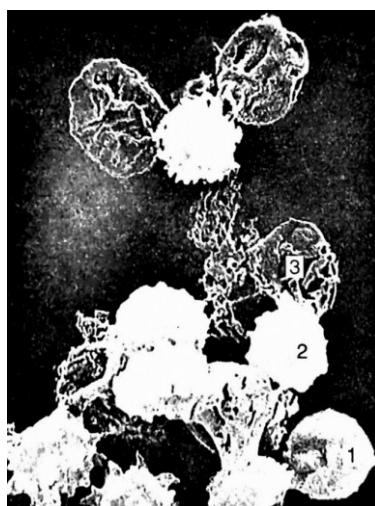
### 3.2.4. Гемолиз и его виды

**Гемолиз** (греч. αἷμα, αἷματος [haima, haema, haimatos] — кровь и λύσις [lysis] — разъединение целого на его составляющие, растворение, разложение) — это процесс внутрисосудистого распада эритроцитов и выхода из них гемоглобина в кровяную плазму, которая окрашивается при этом в красный цвет и становится прозрачной («лаковая кровь»).



**Рис. 3.2.4.1. Образцы крови с гемолизом и без (×8000) (по БРЭ)**

1 — дискоцит; 2 — эхиноцит; 3 — «тени» эритроцитов



**Рис. 3.2.4.2. Электронная микрофотография гемолиза эритроцитов и образования их «теней» (×8000) (по Г.Н. Никитиной)**

1 — дискоцит; 2 — эхиноцит; 3 — «тени» эритроцитов

В зависимости от причины различают:

- ▶ осмотический гемолиз — возникает при уменьшении осмотического давления, что вначале приводит к набуханию, а затем к разрушению эритроцитов — у человека это происходит в 0,4% растворе NaCl, а в 0,34% растворе NaCl разрушаются все эритроциты;
- ▶ химический гемолиз происходит под влиянием химических веществ, разрушающих белково-липидную оболочку эритроцитов (эфир, хлороформ, алкоголь, бензол, желчные кислоты);
- ▶ механический гемолиз наблюдается при сильных механических воздействиях на кровь, например, при перевозке ампульной крови по плохой дороге, сильном встряхивании ампулы с кровью и т.д.;
- ▶ термический гемолиз возникает при замораживании и размораживании ампульной крови, а также при нагревании её до температуры 65–68°C;
- ▶ биологический гемолиз развивается при переливании несовместимой или недоброкачественной крови, при укусах ядовитых змей, скорпионов, под влиянием иммунных гемолизин и др.;
- ▶ внутриаппаратный гемолиз может происходить в аппарате искусственного кровообращения во время перфузии (нагнетания) крови.

### 3.2.5. Гемостаз и его механизмы

**Гемостаз** (греч. αἷμα, αἷματος [haima, haema, haimatos] — кровь и στάσις [stasis] — стояние, состояние) — это остановка движения крови по кровеносному сосуду, т. е. остановка кровотечения.

Различают 2 механизма остановки кровотечения:

- ▶ сосудисто-тромбоцитарный (микроциркуляторный) гемостаз;
- ▶ коагуляционный гемостаз (свёртывание крови).

**Первый механизм** способен самостоятельно за несколько минут остановить кровотечение из наиболее часто травмируемых мелких сосудов с довольно низким кровяным давлением. Он складывается из двух процессов:

- ▶ сосудистого спазма, приводящего к временной остановке или уменьшению кровотечения;
- ▶ образования, уплотнения и сокращения тромбоцитарной пробки, приводящей к полной остановке кровотечения.

**Второй механизм** остановки кровотечения — свёртывание крови (гемокоагуляция) обеспечивает прекращение кровопотери при повреждении крупных сосудов, в основном мышечного типа.

**Ферментативно-коагуляционный гемостаз** (на рисунке обозначен римской цифрой II) осуществляется в три фазы.

- ▶ формирование протромбиназы;
- ▶ образование тромбина;
- ▶ превращение фибриногена в фибрин.

<b>I. Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз:</b> сужение сосуда, адгезия и агрегация тромбоцитов
<b>II. Ферментативно-коагуляционный гемостаз</b> 1. Образование протромбиназы 2. Образование тромбина 3. Образование фибрина
<b>III. Послефаза гемокоагуляции:</b> ретракция (уплотнение) тромба и фибринолиз

**Рис. 3.2.5.1. Общая схема гемостаза**

В механизме свёртывания крови, помимо стенки кровеносных сосудов и форменных элементов, принимает участие 15 плазменных факторов: фибриноген, протромбин, тканевой тромбопластин, кальций, проакцелерин и т.д., большинство их образуется в печени при участии витамина К и является проферментами, относящимися к глобулиновой фракции белков плазмы.

В активную форму — ферменты они переходят в процессе свёртывания, причём каждая реакция катализируется ферментом, образующимся в результате предшествующей. Пусковым механизмом

свёртывания крови служит освобождение тромбопластина повреждённой тканью и распадающимися тромбоцитами.

Для осуществления всех фаз процесса свёртывания необходимы ионы. Сеть из волокон нерастворимого фибрина и опутанные ею эритроциты, лейкоциты и тромбоциты образуют кровяной сгусток. Прочность образовавшегося кровяного сгустка обеспечивается фактором XIII — протрансглутаминаза, также фибрин-стабилизирующий фактор или фактор *Лаки-Лоранда* (ферментом фибриназой, синтезируемой в печени). Плазма крови, лишённая фибриногена и некоторых других веществ, участвующих в свёртывании, называется сывороткой, а кровь, из которой удалён фибрин, называется дефибринированной. Время полного свёртывания капиллярной крови в норме составляет 3–5 минут, венозной крови — 5–10 мин.

<b>F</b> Фактор	Период полу- жизни	Молекуляр- ная масса (Да)	Нормальная кон- центрация в плазме (мг/мл)
I — фибриноген	3,7 дня	340.000	1500—4000
II — протромбин	2,8 дня	72.500	150
III — тромбопластин	—	—	0
IV — ионы кальция	—	—	0,9—1,2 ммоль/л
V — проакцелерин	15—24 ч	330.000	10
VII — проконвертин	1,2—6	48.000	менее 1
VIIIc — антигемофильный фактор А	5—12 ч	1.000.000	менее 5
VIII ФВ — фактор Виллебранда	24—40 ч	—	—
IX — антигемофильный фактор В	20—24 ч	57.000	5
X — фактор Стюарта—Прауэра	32—48 ч	59.000	8
XI — антигемофильный фактор В	40—48 ч	160.000	5
XII — фактор Хагемана	48—52	76.000	35
XIII — фибрин-стабилизирующий фактор	5—12 дней	320.000	20
Плазминоген	2,2 дня	90.000	150
Прекалликреин	—	85.000	30
Высокомолекулярный кининоген	—	150.000	80

Рис. 3.2.5.2. Факторы свёртывания крови

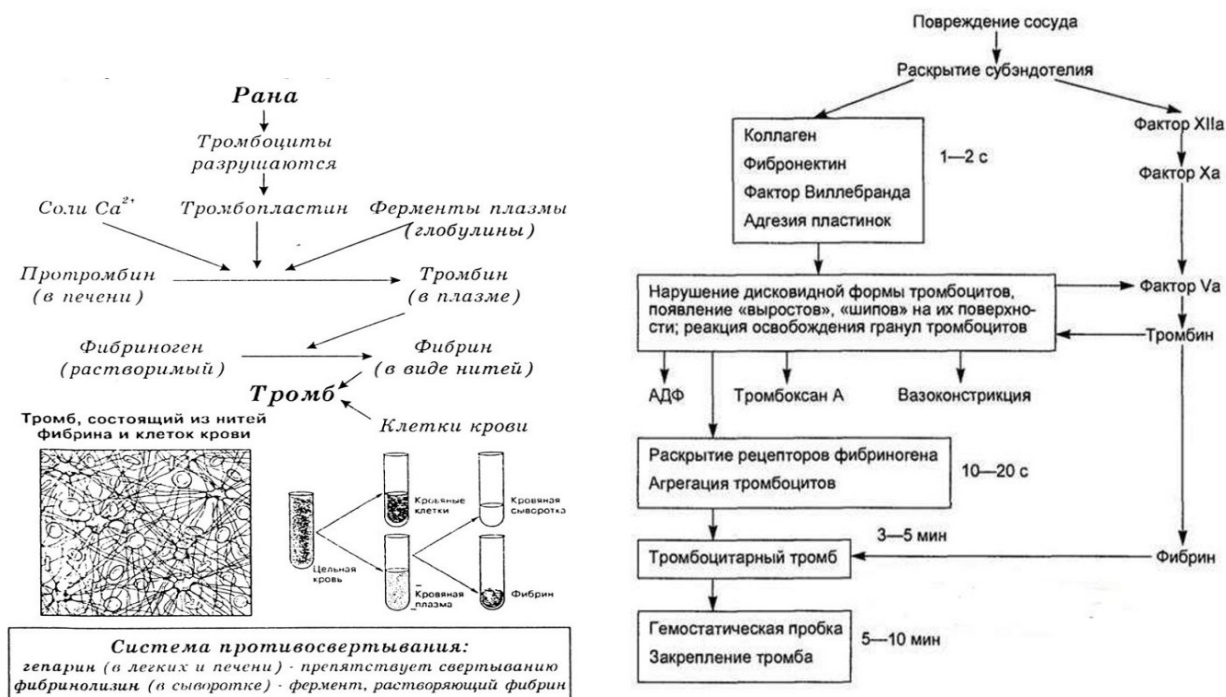


Рис. 3.2.5.3. Упрощённая и подробная схемы свёртывания крови

**Факторы, ускоряющие свёртывание крови:**

- ▶ разрушение форменных элементов крови и клеток тканей увеличивает выход факторов, участвующих в свёртывании крови;
- ▶ ионы кальция участвуют во всех основных фазах свёртывания крови;
- ▶ тромбин;
- ▶ витамин К участвует в синтезе протромбина;
- ▶ тепло: повышение температуры ускоряет ферментативный процесс;
- ▶ адреналин, глюкокортикоиды, соматотропный гормон влияют на скорость образования коагулянтов.

Кроме свёртывающей системы, в организме имеются одновременно ещё две системы: противосвёртывающая и фибринолитическая.

**Противосвёртывающая система** препятствует процессам внутрисосудистого свёртывания крови или замедляет гемокоагуляцию. Главным антикоагулянтом этой системы является гепарин, выделяемый из ткани лёгких и печени, и продуцируемый базофильными лейкоцитами и тканевыми базофилами (тучными клетками соединительной ткани), все тканевые базофилы организма имеют массу 1,5 кг.

Гепарин тормозит все фазы процесса свёртывания крови, подавляет активность многих плазменных факторов и динамические превращения тромбоцитов. Выделяемый слюнными железами медицинских пиявок гирудин действует угнетающе на третью стадию процесса свёртывания крови, т. е. препятствует образованию фибрина.

**Фибринолитическая система** способна растворять образовавшийся фибрин и тромбы и является антиподом свёртывающей системы. Главная функция фибринолиза — расщепление фибрина и восстановление просвета закупоренного сгустком сосуда. Расщепление фибрина осуществляется протеолитическим ферментом плазмином (фибринолизин), который находится в плазме в виде профермента плазминогена.

**Факторы, замедляющие свёртывание крови:**

- ▶ устранение механических повреждений форменных элементов крови, например парафинирование канюли и ёмкости для взятия донорской крови;
- ▶ цитрат натрия осаждает ионы кальция;
- ▶ гепарин, гирудин;
- ▶ снижение температуры;
- ▶ стимуляторы образования плазмينا.

**3.2.6. Группы крови**

**Группы крови** — совокупность признаков, характеризующих антигенную структуру эритроцитов и специфичность антиэритроцитарных антител, которые учитываются при подборе крови для трансфузий (лат. transfusio — переливание).

В 1901 г. австриец **К. Ландштейнер** и в 1903 г. чех **Я. Янский** обнаружили, что при смешивании крови разных людей часто наблюдается склеивание эритроцитов друг с другом — явление **агглютинации** (лат. agglutinatio — склеивание) с последующим их разрушением (**гемолизом**).

Было установлено, что в эритроцитах имеются **агглютиногены** А и В, склеиваемые вещества гликолипидного строения, антигены.

В плазме были найдены **агглютинины**  $\alpha$  и  $\beta$ , видоизмененные белки глобулиновой фракции, антитела, склеивающие эритроциты.

Агглютиногены А и В в эритроцитах, как и агглютинины  $\alpha$  и  $\beta$  в плазме, у разных людей могут быть по одному или вместе, либо отсутствовать. Агглютиноген А и агглютинин  $\alpha$ , а также В и  $\beta$  называются одноименными.

Склеивание эритроцитов происходит в том случае, если эритроциты донора (человека, дающего кровь) встречаются с одноименными агглютинами реципиента (человека, получающего кровь), т. е. А +  $\alpha$ , В +  $\beta$  или АВ +  $\alpha$ ,  $\beta$ . В крови каждого человека находятся разноименные агглютиноген и агглютинин.

Известно более 200 антигенов, основная часть которых находится в эритроцитах, и около 20 систем групп крови. Главная — система АВ0.

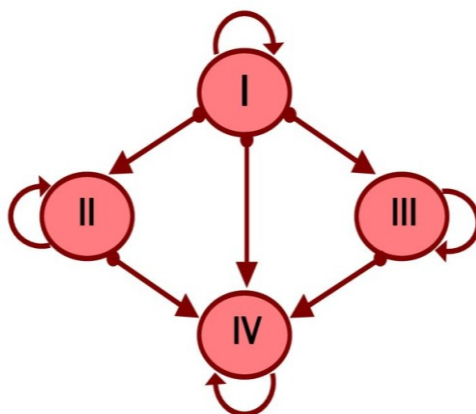
Согласно классификации Я. Янского и К. Ландштейнера (1907) у людей имеется 4 комбинации агглютиногенов и агглютининов, которые обозначаются следующим образом: I (0) –  $\alpha$ ,  $\beta$ , II (А) – А,  $\beta$ , III (В) – В,  $\alpha$  и IV (АВ).

- У людей I группы в эритроцитах отсутствуют агглютиногены A и B, а в плазме имеются оба агглютинина  $\alpha$  и  $\beta$  ( $\approx 33\%$  людей).
- У людей II группы эритроциты имеют агглютиноген A, а плазма — агглютинин  $\beta$  ( $\approx 38\%$ ).
- У людей III группы в эритроцитах находится агглютиноген B, а в плазме — агглютинин  $\alpha$  ( $\approx 21\%$ ).
- У людей IV группы в эритроцитах содержатся оба агглютиногена A и B, а агглютинины в плазме отсутствуют ( $\approx 8\%$ ).

Группы крови	эритроциты	плазма или сыворотка	
	агглютиногены	агглютинины и гемолизы	антиагглютинины
I (0)	—	$\alpha, \beta$	—
II (A)	A	$\beta$	A
III (B)	B	$\alpha$	B
IV (AB)	AB	—	AB

**Рис. 3.2.6.1. Серологический состав основных групп крови (система АВ0)**

Людям I группы можно переливать кровь только этой группы. Кровь же I группы можно переливать людям всех групп. Поэтому людей с I группой крови называют универсальными донорами. Людям с IV группой можно переливать кровь всех групп, поэтому этих людей называют универсальными реципиентами. Кровь же IV группы можно переливать людям с кровью IV группы. Кровь людей II и III групп можно переливать людям с одноименной, а также с IV группой крови.



**Рис. 3.2.6.2. Схема переливания крови**

**В настоящее время в клинической практике переливают только одногруппную кровь, причём в небольших количествах (не более 500 мл), или переливают недостающие компоненты (компонентная терапия).** Это связано с тем, что:

- ▶ при больших массивных переливаниях разведения агглютининов донора не происходит, и они склеивают эритроциты реципиента;
- ▶ при изучении людей с кровью I группы были обнаружены иммунные агглютинины анти-A и анти-B (у 10–20% людей); переливание такой крови людям с другими группами крови вызывает тяжёлые осложнения. Поэтому людей с I группой крови, содержащих агглютинины анти-A и анти-B, сейчас называют опасными универсальными донорами;
- ▶ в системе АВ0 выявлено много вариантов каждого агглютиногена. Так, агглютиноген A существует более, чем в 10 вариантах. Поэтому кровь таких лиц может быть ошибочно отнесена к I группе, что может привести к гемотрансфузионным осложнениям при переливании её больным с I и III группами.



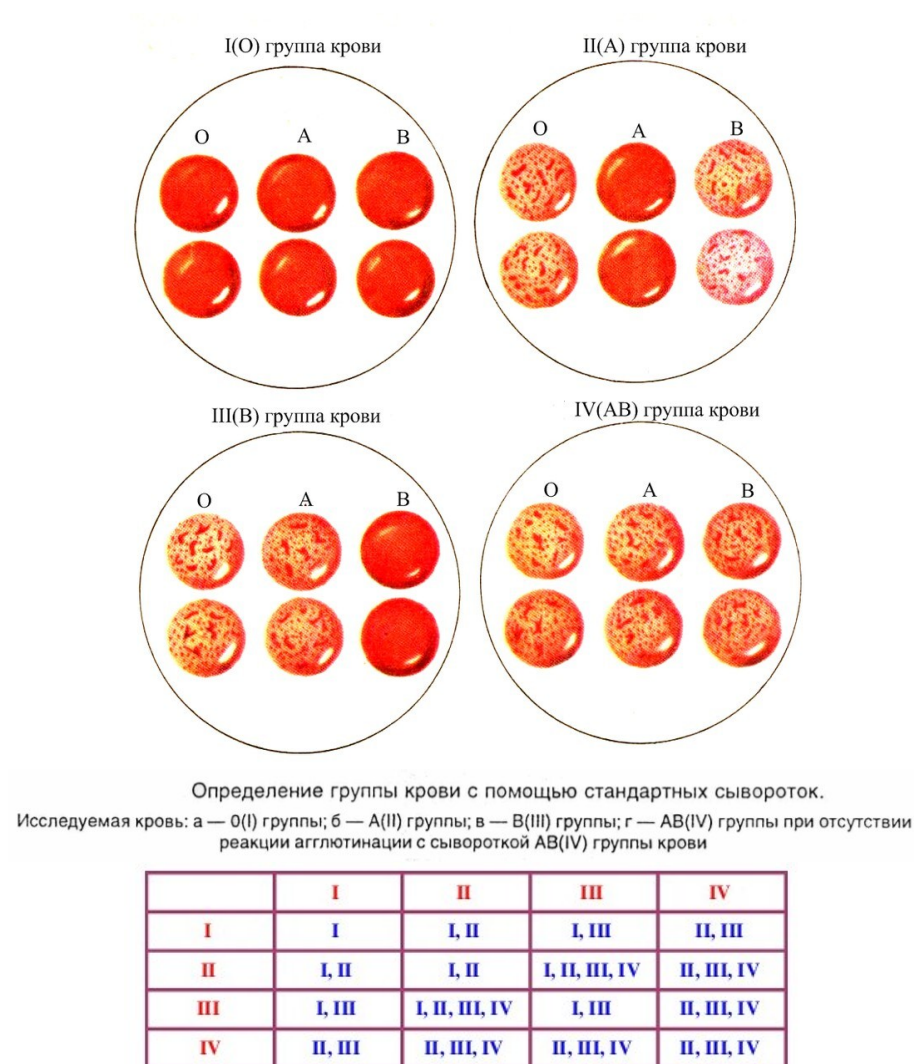


Рис. 3.2.6.3. Определение групп крови

Для определения групп крови нужно иметь стандартные сыворотки, содержащие известные агглютинины. Если смешать каплю крови человека, группу которого надо определить, с сывороткой I, II, III групп или с **цоликлонами** анти-А и анти-В, то по наступившей агглютинации можно определить его группу (см. приложение).

Несмотря на простоту метода в 7–10% случаев группа крови определяется неверно, и больным вводят несовместимую кровь. Для избежания такого осложнения перед переливанием крови обязательно проводят:

- ▶ определение группы крови донора и реципиента;
- ▶ резус-принадлежность крови донора и реципиента;
- ▶ пробу на индивидуальную совместимость;
- ▶ биологическую пробу на совместимость в процессе переливания: вливают вначале 10–15 мл донорской крови и затем в течение 3–5 минут наблюдают за состоянием больного.

**Перелитая кровь всегда действует многосторонне. В клинической практике выделяют:**

- ▶ заместительное действие — замещение потерянной крови;
- ▶ иммуностимулирующее действие — с целью стимуляции защитных сил;
- ▶ кровоостанавливающее (гемостатическое) действие — с целью остановки кровотечения, особенно внутреннего;
- ▶ обезвреживающее (дезинтоксикационное) действие — с целью уменьшения интоксикации;
- ▶ питательное действие — введение белков, жиров, углеводов в легкоусвояемом виде.

### 3.2.7. Rh-фактор. Резус-конфликт

Кроме основных агглютиногенов А и В, в эритроцитах могут быть другие дополнительные. На поверхности эритроцитов имеется также антиген — **резус-агглютиноген, Rh-фактор или резус-фактор**. Он присутствует у 86% людей. Такая кровь называется **резус-положительной**. Кровь, в которой отсутствует резус-агглютиноген, называется **резус-отрицательной** (у 15% людей).

Система резус имеет более **40 разновидностей агглютиногенов** — D, C, E.

Врождённых антител к резус-фактору не существует.

Особенностью резус-фактора является то, что у людей отсутствуют **антирезус-агглютинины**. Однако если человеку с резус-отрицательной кровью повторно переливать резус-положительную кровь, то под влиянием введённого резус-агглютиногена в крови вырабатываются специфические **антирезус-агглютинины и гемолизины**. В этом случае переливание резус-положительной крови этому человеку может вызвать **агглютинацию и гемолиз эритроцитов — возникнет гемотрансфузионный шок**.

Агглютинация эритроцитов свойственна нормальной свежей крови, при этом образуются «монетные столбики». Это явление связано с потерей заряда плазмолеммой эритроцитов. (см. рис. 3.2.2.3. Свежая кровь)

### 3.2.8. Значение Rh-фактора в акушерской практике

Резус-фактор передаётся по наследству и имеет особое значение для течения беременности.

Например, если у матери отсутствует резус-фактор, а у отца он есть (вероятность такого брака 50%), то плод может унаследовать от отца резус-фактор и оказаться резус-положительным. Кровь плода проникает в организм матери, вызывая образование в её крови антирезус-агглютининов. Если эти антитела поступят через плаценту обратно в кровь плода, произойдёт агглютинация. При высокой концентрации антирезус-агглютининов может наступить смерть плода и выкидыш. При лёгких формах резус-несовместимости плод рождается живым, но с гемолитической желтухой.

Резус-конфликт возникает лишь при высокой концентрации антирезус-агглютининов. Чаще всего первый ребёнок рождается нормальным, поскольку титр этих антител в крови матери возрастает относительно медленно (в течение нескольких месяцев). Но при повторной беременности резус-отрицательной женщины резус-положительным плодом угроза резус-конфликта нарастает вследствие образования новых порций антирезус-агглютининов.

Резус-несовместимость при беременности встречается не очень часто: примерно один случай на 700 родов. В мире отрицательный резус-фактор встречается приблизительно у 15 % женщин, в России — у 13,6 %. Гемолитическая болезнь новорождённых в России возникает у 0,6–1,0 % детей.

Для профилактики резус-конфликта беременным резус-отрицательным женщинам назначают антирезус-гамма-глобулин, который нейтрализует резус-положительные антигены плода.

Аntenатальная профилактика должна проводиться всем резус-отрицательным женщинам с резус-положительным плодом или плодом с неизвестным резус-фактором на сроке 28 недель беременности.

Существует ряд ситуаций, когда эритроциты плода могут попасть в материнский кровоток. В таких случаях рекомендуется вводить антирезусный иммуноглобулин с профилактической целью.

Постнатальная (послеродовая) профилактика должна проводиться всем резус-отрицательным женщинам, если у них отсутствует титр антител, а малыш родился резус-положительным. Группа крови и резус-фактор новорождённого определяются непосредственно после родов.

### 3.3. Лимфа

#### 3.3.1. Состав и функция лимфы

#### 3.3.2. Лимфообразование

##### 3.3.1. Лимфа

**Лимфа** (лат. *lympha* — чистая вода, влага) — жидкая ткань, слегка желтоватая жидкость белковой природы щелочной реакции, протекающая в лимфатических капиллярах и сосудах, содержащаяся в лимфатических узлах человека. Она состоит из лимфоплазмы (*plasma lymphae*) и форменных элементов.

Отличается от плазмы меньшим содержанием белка (в среднем 2%). Альбумины преобладают над глобулинами. Часть белка составляют ферменты — диастаза, липаза и гликолитические ферменты. В лимфе имеется протромбин и фибриноген, поэтому она может свёртываться. Лимфоплазма содержит нейтральные жиры, в ней также имеются глюкоза (4,44–6,67 ммоль/л), минеральные соли (около 1%), NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, а также различные соединения, в состав которых входят кальций, магний, железо.

Форменные элементы лимфы представлены главным образом лимфоцитами (98%) — в 1 мкл лимфы содержится от 2 до 20 тысяч лимфоцитов. Эритроциты (иногда в ней обнаруживаются), зернистые лейкоциты и тромбоциты обычно отсутствуют.

Лимфа, оттекающая разных органов и тканей, имеет различный состав. За сутки у человека образуется в среднем 2 л лимфы.

##### Основные функции лимфы:

- ▶ поддерживает постоянство состава и объёма межклеточной (тканевой) жидкости;
- ▶ обеспечивает гуморальную связь между межклеточной жидкостью и кровью, а также переносит гормоны;
- ▶ участвует в транспорте питательных веществ (жировых частиц — хиломикронов) из пищеварительного канала;
- ▶ переносит иммунокомпетентные клетки — лимфоциты;
- ▶ является депо жидкости (2 л с колебаниями от 1 до 3 л).
- ▶ участвует в удалении продуктов обмена веществ

##### 3.3.2. Лимфообразование

**Процесс лимфообразования** тесно связан с поступлением воды и других веществ, под влиянием различных факторов — **осмотического и гидростатического давления**. Основным источником лимфы — **тканевая жидкость**, которая является промежуточной средой между кровью и клетками организма. Попав в лимфатический капилляр, тканевая жидкость называется лимфой. Лимфа накапливается в лимфатических капиллярах тканей и органов, куда из тканей постоянно поступают различные компоненты лимфоплазмы. Из капилляров лимфа перемещается в периферические лимфатические сосуды, по ним — в лимфатические узлы, затем в крупные лимфатические сосуды и вливается в кровь.

Состав лимфы постоянно меняется. Различают **лимфу периферическую** (до лимфатических узлов), **промежуточную** (после прохождения через лимфатические узлы) и **центральную** (лимфа грудного и правого лимфатического протоков).

## Приложение. Определение групп крови

В настоящее время существует два метода определения группы крови.

### 1. Определение групп крови цоликлонами

Цоликлоны, в отличие от стандартных сывороток, не являются продуктами клеток человека, поэтому исключена контаминация препаратов вирусами гепатита и ВИЧ (вирус иммунодефицита человека).

Цоликлоны могут использоваться как для первичной, так и для подтверждающей диагностики, а также в экстренных ситуациях, требующих срочного переливания крови или проведения хирургических вмешательств.

#### Подготовка материалов и оборудования

Подготовьте необходимые реагенты - Цоликлон Анти-А, Цоликлон Анти-В и Цоликлон Анти-Д.

Используйте специальную планшету, предназначенную для типирования крови.

Обеспечьте наличие стерильных инструментов для нанесения крови и реагентов.

#### Определение группы крови

На планшете разместите по одной большой капле (0,1 мл) Цоликлона Анти-А и Цоликлона Анти-В.

Рядом с каждым реагентом добавьте по маленькой капле (0,01-0,03 мл) крови пациента.

Аккуратно перемешайте кровь с реагентами и наблюдайте за реакцией в течение 3 минут. В случае сомнений добавьте 1 каплю 0,9% раствора натрия хлорида.

#### Определение резус-фактора

На планшету нанесите большую каплю (0,1 мл) Цоликлона Анти-Д.

Добавьте маленькую каплю (0,01 мл) крови пациента рядом с реагентом, перемешайте и наблюдайте реакцию в течение 3 минут.

#### Интерпретация результатов

Группа А (II): Агглютинация с Анти-А.

Группа В (III): Агглютинация с Анти-В.

Группа 0 (I): Отсутствие агглютинации с Анти-А и Анти-В.

Группа АВ (IV): Агглютинация с обоими Анти-А и Анти-В.

Резус-фактор Rh+: Агглютинация с Анти-Д.

Резус-фактор Rh-: Отсутствие агглютинации с Анти-Д.

Следуя этим шагам, можно точно и эффективно определить группу крови и резус-фактор, что крайне важно для клинических целей и в ситуациях, требующих срочного переливания крови.

Правильная интерпретация результатов реакции агглютинации является ключевым моментом при определении группы крови и резус-фактора с помощью цоликлонов. Ниже представлены подробные разъяснения для каждого возможного исхода:

#### Группа крови А (II группа)

Если наблюдается агглютинация (слипание эритроцитов) с Цоликлоном Анти-А, но отсутствует агглютинация с Цоликлоном Анти-В, это указывает на принадлежность пациента к группе крови А.

#### Группа крови В (III группа)

В случае, когда происходит агглютинация с Цоликлоном Анти-В, но отсутствует агглютинация с Цоликлоном Анти-А, результат свидетельствует о принадлежности пациента к группе крови В.

#### Группа крови 0 (I группа)

Если не наблюдается агглютинации ни с Цоликлоном Анти-А, ни с Цоликлоном Анти-В, это означает, что пациент относится к группе крови 0.

#### Группа крови АВ (IV группа)

Когда происходит агглютинация как с Цоликлоном Анти-А, так и с Цоликлоном Анти-В, результат указывает на принадлежность пациента к группе крови АВ.

### Резус-фактор Rh<sup>+</sup>

Агглютинация с Цоликлоном Анти-D свидетельствует о наличии резус-фактора (Rh<sup>+</sup>) у пациента.

### Резус-фактор Rh<sup>-</sup>

Отсутствие агглютинации с Цоликлоном Анти-D означает, что у пациента отсутствует резус-фактор (Rh<sup>-</sup>). Важно помнить, что точная интерпретация результатов определения группы крови и резус-фактора с использованием цоликлонов имеет решающее значение для обеспечения безопасности переливания крови и предотвращения возможных осложнений.

## **2. Определение групп крови по стандартным изогемагглютинирующим сывороткам**

Для определения групп крови применяют стандартные изогемагглютинирующие сыворотки. В сыворотке имеются агглютинины, являющиеся антителами всех 4 групп крови, а их активность определяется титром. Техника получения сывороток и определения титра заключается в следующем. Для их заготовки используют донорскую кровь. После отстаивания крови, сливания и дефибриллирования плазмы необходимо определить титр (разведение), т. е. активность изогемагглютинирующих сывороток. С этой целью берётся ряд центрифужных пробирок, в которых разводится сыворотка. Вначале в чистые пробирки добавляется по 1 мл физиологического раствора поваренной соли. В 1-ю пробирку с физиологическим раствором добавляют 1 мл испытуемой сыворотки, жидкости смешиваются, соотношение жидкостей в 1-й пробирке 1:1. Далее 1 мл смеси из 1-й пробирки переносится во 2-ю, всё это смешивается, получается соотношение 1:2. Затем 1 мл жидкости из 2-й пробирки переносится в 3-ю пробирку, смешивается, получается соотношение 1:4. Таким образом разведение сыворотки продолжают до 1:256.

На следующем этапе производят определение титра разведённой сыворотки. Из каждой пробирки на плоскость наносят по 2 крупные капли. В каждую каплю добавляют заведомо иногруппные эритроциты (в соотношении 1 к 10), смешивают, ждут 3—5 минут. Далее определяют последнюю каплю, где произошла агглютинация. Это наибольшее разведение и является титром гемагглютинирующей сыворотки. Титр не должен быть ниже чем 1:32. Хранение стандартных сывороток допускается в течение 3 месяцев при температуре от +4° до +6 °С с периодическим контролем через 3 недели. Методика определения групп крови. На тарелку или любую белую пластину со смачиваемой поверхностью необходимо нанести цифровое обозначение группы сыворотки и её серологическую формулу в следующем порядке слева направо: I II, III. Это потребуется для определения исследуемой группы крови.

Стандартные сыворотки системы АВ0 каждой группы двух различных серий наносят на специальную планшетку или тарелку под соответствующими обозначениями, чтобы получилось два ряда по две большие капли (0,1 мл). Исследуемую кровь наносят по одной маленькой капле (0,01 мл) рядом с каждой каплей сыворотки и перемешивают кровь с сывороткой (соотношение сыворотки и крови 1 к 10). Реакция в каждой капле может быть положительной (наличие агглютинации эритроцитов) и отрицательной (отсутствие агглютинации). Результат оценивается в зависимости от реакции со стандартными сыворотками I, II, III. Оценивают результат через 3—5 минут. Различные сочетания положительных и отрицательных результатов дают возможность судить о групповой принадлежности исследуемой крови по двум сериям стандартных сывороток.



### Теоретический, номенклатурный и практический минимум

Знать морфологию, функции, физико-химические свойства компонентов внутренней среды, в том числе лимфы, крови и её составных частей — плазмы и форменных элементов; физиологические механизмы гемолиза, скорости оседания эритроцитов, гемостаза (сосудисто-тромбоцитарного и коагуляционного) — эти знания необходимы в клинической практике как эталон при постановке диагноза, наблюдении за течением болезни и для контроля за выздоровлением.

Уметь различать группы крови, понимать сущность резус-конфликта и роль лимфы — эти знания и умения необходимы в клинике для контроля за течением болезни и выздоровлением, при остановке кровотечения, переливании донорской крови, проведении мероприятий по профилактике выкидыша плода при повторной беременности у резус-отрицательных женщин.

терминологический и номенклатурный минимум редактируется

### **Примерные вопросы для повторения**

Гемограмма, лейкоцитарная формула: определение, количественные и качественные характеристики у здорового человека.

Функции крови.

Функции форменных элементов крови.

Фазы свёртывания крови.

Факторы, определяющие принадлежность к определённой группе крови.

Роль белков крови.

Резус-фактор и резус-конфликт.

Лимфа и её значение.

### Использованная и рекомендуемая литература

- Гистология, эмбриология, цитология : учебник // Ю. И. Афанасьев, Б. В. Алешин, Н. П. Барсуков [и др.] ; под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2024. — 832 с. — ISBN 978-5-9704-8785-3.
- Николенко В. Н., Сперанский В. С. Анатомия человека с элементами гистологии учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Сестринское дело» // В. Н. Николенко, В. С. Сперанский. — Москва : Академия, 2008. — 460, [1] с. ил.; 22. — (Высшее профессиональное образование, Учебник); ISBN 978-5-7695-5306-6.
- Перцов С. С. и др. Нормальная физиология учебник, для студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности 31.05.01 «Лечебное дело» // С. С. Перцов, В. П. Дегтярёв, Н. Д. Сорокина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. — 496 с., цв. и чб. ил., табл. — ISBN 978-5-9704-8736-5.
- Привес М. Г. Анатомия человека. Учебник для использования в учебном процессе образовательных организаций, реализующих программы высшего образования по специальности 31.05.01 «Лечебное дело» по дисциплине «Анатомия человека» // М. Г. Привес (1904–2000), Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. — 14-е изд., испр. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. — 891 с. : ил., табл. : 25 см — (Учебник).; ISBN 978-5-9704-8769-3.
- Тонков В. Н. Учебник нормальной анатомии человека // В. Н. Тонков (1872–1954). — Изд. 7-е, перераб. и доп. — Москва : ООО «Медицинское информационное агентство», 2021. — 856 с. : ил. — (Сокровищница отечественной медицины).
- Синельников Р. Д., Синельников Я. Р., Синельников А. Я. Атлас анатомии человека. В 3-х тт. Т. 1. Остеология. Артрология. Миология. // Под общ. ред. А. Г. Цыбулькина. 8-е изд., перераб. — М.: «Новая волна», 2021. — 488 с. — ISBN 978-5-7864-0346-7, 978-5-7864-0352-8. (Переиздание: 2022—2024, либо другие издания)
- Синельников Р. Д., Синельников Я. Р., Синельников А. Я. Атлас анатомии человека. В 3-х тт. Т. 2. Спланхнология. Эндокринные железы. Кардиоангиология. Лимфоидная система. // Под общ. ред. А. Г. Цыбулькина. 8-е изд., перераб. — М.: «Новая волна», 2023. — 536 с. — 978-5-7864-0363-4. (либо другие издания)
- Синельников Р. Д., Синельников Я. Р., Синельников А. Я. Атлас анатомии человека. В 3-х тт. Т. 3. Неврология. Эстеziология. // Под общ. ред. А. Г. Цыбулькина. 8-е изд., перераб. — М.: «Новая волна», 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-7864-0343-6, 978-5-7864-0354-2. (Переиздание: 2022—2024, либо другие издания)
  
- Руководство по общей и клинической трансфузиологии. М., 1979.
- Константинов Б. А., Рагимов А. А., Дадвани С. А. Трансфузиология в хирургии. М., 2000.
- Рагимов А. А., Дашкова Н. Г. Трансфузионная иммунология. М., 2004.