

# Транспортная функция крови

Заключается в переносе кровью  
различных веществ.

Специфической особенностью крови  
является транспорт  $O_2$  и  $CO_2$ .

Транспорт газов осуществляется  
гемоглобином эритроцитов и плазмой.

# Соединения гемоглобина с газами.

- Соединения гемоглобина с кислородом называется оксигемоглобином ( $\text{HbO}_2$ ), обеспечивает алый цвет артериальной крови.

# Кислородная емкость крови (КЕК).

- Это количество кислорода, которое может связать 100г крови.
- Известно, что один 1 г. гемоглобина связывает 1,34 мл  $O_2$ .  $КЕК = Нб \cdot 1,34$ .

- Для артериальной крови КЕК = 18 – 20 об% или 180 – 200 мл/л крови.
- В венозной крови  $O_2$  -120мл/л.

# Кислородная емкость зависит от:

- 1) количества гемоглобина.
- 2) температуры крови (при нагревании крови снижается)
- 3) pH (при закислении снижается)
- 4) содержания  $\text{CO}_2$  (при повышении снижается).

# Патологические соединения гемоглобина с кислородом.

- При действии сильных окислителей  $Fe^{2+}$  переходит в  $Fe^{3+}$ . Образуется метгемоглобин.
- Это прочное соединение. При накоплении его в крови наступает смерть.

# Соединения гемоглобина с $\text{CO}_2$

- называется карбгемоглобин  $\text{HbCO}_2$ .
- В артериальной крови его содержится 52 об% или 520 мл/л.
- В венозной – 58 об% или 580 мл/л.

- Патологическое соединение гемоглобина с СО называется карбоксигемоглобин (HbCO).
- Присутствие в воздухе даже 0,1% СО превращает 80% гемоглобина в карбоксигемоглобин.
- Соединение стойкое. При обычных условиях распадается очень медленно.

# Помощь при отравлении угарным газом.

- 1) обеспечить доступ кислорода
- 2) вдыхание чистого кислорода увеличивает скорость распада  $\text{HbCO}$  в 20 раз.

# Миоглобин.

- Это гемоглобин, содержащийся в мышцах и миокарде.
- Обеспечивает потребности в кислороде при сокращении мышц с прекращением кровотока (для скелетных мышц - изометрический режим).

# Транспорт газов плазмой крови

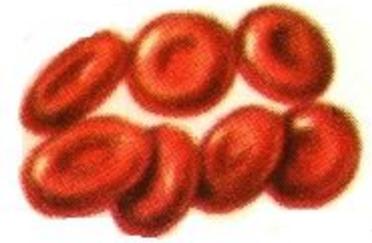
- **Транспорт кислорода**

- В плазме при нормальном атмосферном давлении растворяется 2,5 мл  $O_2$  в 1 л крови.
- При повышении давления растворимость  $O_2$  повышается до 7 мл в 1 л.

# Транспорт $\text{CO}_2$

- Общее содержание  $\text{CO}_2$  в венозной крови 580 мл в 1 л крови.
- Транспортные формы  $\text{CO}_2$ .
  - 1) В виде  $\text{H}_2\text{CO}_3$  – 25мл;
  - 2) В виде карбгемоглобина – 50мл.
  - 3) В виде бикарбонатов - 480мл.
- В виде натриевой соли угольной кислоты в плазме – 340 мл.
- К – соли в эритроцитах – 140мл.
- 4) В растворенном в плазме состоянии 25 мл.

# Характеристика эритроцитов.



- 85% Эр – двояковогнутый диск, легко деформируется, что необходимо для прохождения его через капилляр.
- Превращение Эр в сфероциты приводит к тому, что они не могут пройти через капилляр и задерживаются в селезенке, фагоцитируются.

- 15% Эр имеют различную форму, размеры и отростки на поверхности.
- Диаметр эритроцита = 7,2 – 7,5 мкм.
- Больше 8 мкм – макроциты.
- Меньше 6 мкм – микроциты.

# Мембрана Эритроцита

- Легко проницаема для анионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , а также для  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$
- Малопроницаема для  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  (в 1 млн раз ниже, чем для анионов).

# Количество эритроцитов

- М –  $4,5 - 5,0 \cdot 10^{12}/л.$
- Ж –  $4,0 - 4,5 \cdot 10^{12}/л$
- Снижение содержания эритроцитов - эритропения.
- Повышение - эритроцитоз



# Истинный (абсолютный) эритроцитоз

- Количество Эр в организме увеличивается за счет эритропоэза.
- Возникает при хронической гипоксии по различным причинам.

# Ложный эритроцитоз

- возникает при временном снижении кислорода в крови
- (например, при физической работе).
- В этом случае Эр выходят из депо и их количество растёт только в единице объёма крови, но не в организме.

# Эритропения

- Снижение количества Эр.
- Истинная - в организме вследствие нарушения эритропоэза или раннего разрушения Эр.
- Ложная – снижение количества Эр в единице объема крови.

# Анемия:

- 1) вследствие снижения числа эритроцитов;
- 2) снижение содержания гемоглобина;
- 3) обе причины вместе.

# Функции эритроцитов.

- 1) Транспорт  $O_2$ ,  $CO_2$ , АК, пептидов, нуклеотидов к различным органам для регенеративных процессов.
- 2) Адсорбирование и инактивирование токсичных продуктов эндогенного, экзогенного, не бактериального происхождения .
- 3) Участие в регуляции рН крови за счет гемоглобинового буфера.

- 4) Эр принимают участие в свертывании крови и фибринолизе, сорбируя на всей поверхности факторы свертывающей и противосвертывающей систем.
- 5) Эр участвуют в иммунологических реакциях, например агглютинации, т. к. в их мембранах есть антигены – агглютиногены.

# Гемоглобин (Hb)

- В каждом эритроците около 28 млн молекул **Hb**.
- На долю **Hb** приходится 34% общей и 90 – 95% сухой массы эритроцита.
- **Функции:**
- Он обеспечивает транспорт  $O_2$  и  $CO_2$ .

# Содержание гемоглобина.

- М. от 130 до 160 г/л (ср. 145г/л).
- Ж. от 120 до 140г/л.
- Идеальное содержание Нв 167г/л.



# Состав Hb

- Hb – сложный хромопротеид.
- Состоит из железосодержащих групп гема и белкового остатка глобина.
- На долю гема приходится 4%, глобина – 96%.
- Гем построен из 4 молекул пиролла, образующих порфириновое кольцо, в центре которого находится атом железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

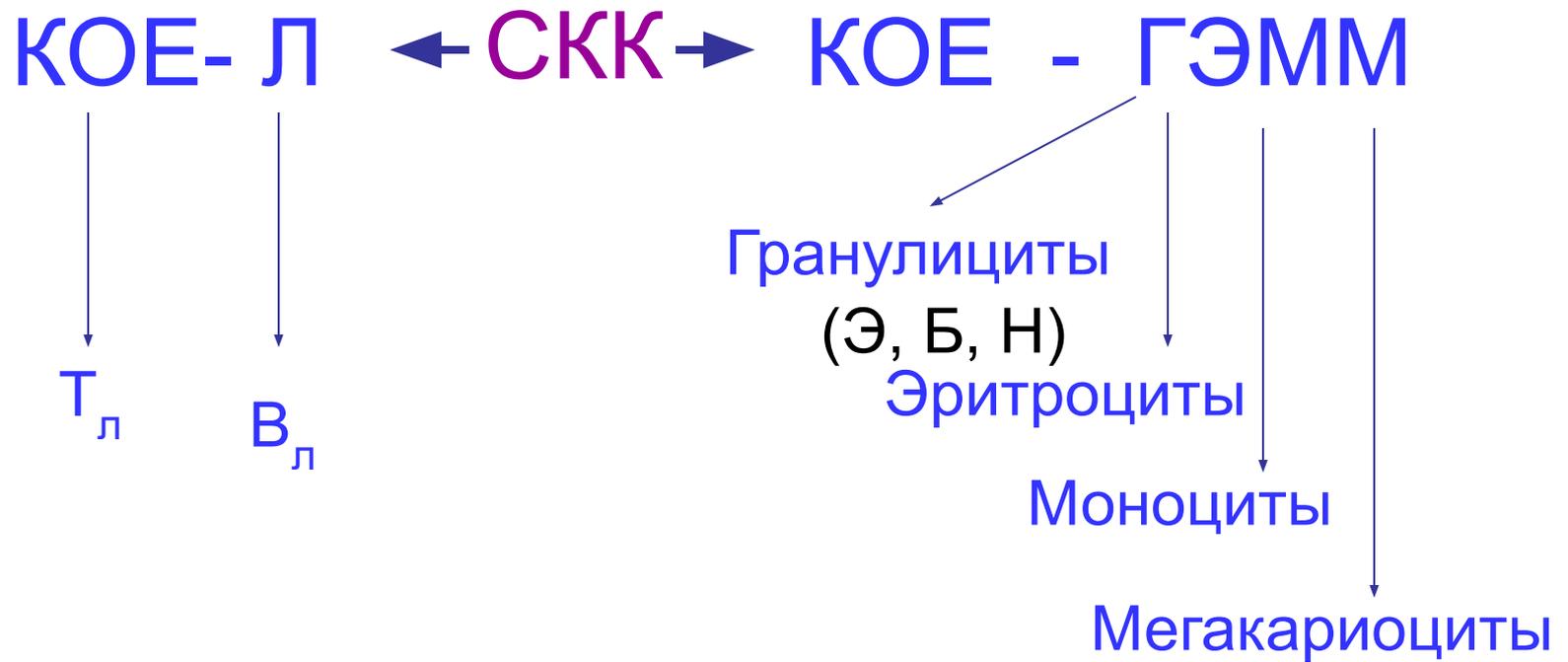
# Виды Hb.

- 7 – 12 неделя внутриутробного развития Hb P (примитивный).
- На 9-ой неделе – Hb F (фетальный).
- К моменту рождения – появляется Hb A.
- В течение первого года жизни Hb F полностью заменяется на Hb A.

- Hb P и Hb F имеют более высокое сродство к  $O_2$ , чем Hb A, т. е. способность насыщаться  $O_2$  при меньшем его содержании в крови.
- Сродство к  $O_2$  определяют глубины.

# Эритропоэз

- Гемоцитопоэз и эритропоэз происходит в миелоидной ткани.
- Развитие всех форменных элементов идет из полипотентной стволовой клетки.



# Стадии образования Эр

В сутки образуется 200 – 250  
млрд. эритроцитов

• (КОЕ – Э) → проэритробласт



• базофильные эритробласты I и II порядка .



• полихроматфильные эритробласты I и II порядка.



• ПХФ нормобласты.



• оксифильные нормобласты, выталкивание ядра.



• ретикулоциты ( созревают в течение 24 – 48 часов)



• эритроциты.

# **Факторы, влияющие на дифференцировку стволовой клетки**

# 1. Лимфокины (ЛК)

- Выделяются лейкоцитами.
- Много ЛК– снижение дифференцировки в сторону эритроидного ряда.
- Снижение содержания ЛК– повышение образования эритроцитов.

## 2. Снижение содержания $O_2$

- Это главный стимулятор эритропоэза.
- Хронический дефицит  $O_2$  являются системообразующим фактором,
- который воспринимается центральными и периферическими хеморецепторами.

# Имеет значение хеморецептор ЮГКП.

- Он стимулирует образование эритропоэтина в почке, который увеличивает:
  - 1) дифференцировку стволовой клетки.
  - 2) ускоряет созревание эритроцитов.
  - 3) ускоряет выход эритроцитов из депо костного мозга

**Факторы, необходимые для  
образования эритроцита.**

**Роль витаминов.**

# Витамин В<sub>12</sub>

- В<sub>12</sub> – внешний фактор кроветворения (для синтеза нуклеопротеидов, созревания и деления ядер клеток).
- Причина В<sub>12</sub> – дефицита – отсутствие внутреннего фактора Кастла (гликопротеин, связывает В<sub>12</sub> и предохраняет от расщепления пищеварительными ферментами).

-

- В<sub>12</sub> содержится в печени, почках, яйцах. Суточная потребность 5мкг.

# Фолиевая кислота

- Необходима для синтеза ДНК, глобина.
- Содержится в овощах (шпинат), дрожжах, молоке.

- $V_6$  — для образования гемма.
- $V_2$  — для образования стромы,
- **Пантотеновая кислота** — синтез фосфолипидов.

- **Витамин С** – поддерживает метаболизм фолиевой кислоты, железа, (синтез гемма).
- **Витамин Е , РР**– защищает фосфолипиды мембраны эритроцита от перекисного окисления, усиливающего гемолиз эритроцитов.

- Для синтеза гемоглобина и образования эритроцитов требуются железо.
- 95% суточной потребности получает организм из разрушающихся эритроцитов. Ежедневно требуется 20 – 25 мг Fe.

- микроэлементы: Fe, Co, Cu, Mn, Cu, Mn, Zn, Ni, Co, селен

# Эритропоэз стимулируют

- Тропные гормоны аденогипофиза за счет усиления секреции гормонов эндокринных желез.
- Механизм – стимулируют образование эритропоэтина в почке.
- Андрогены
- Инсулин
- Катехоламины через  $\beta$  – АР,
- Андрогены,
- ПГЕ, ПГЕ<sub>2</sub>,
- Симпатическая система.

# Тормозят эритропоэз

1. Эстрогены

2. Глюкагон

3. Ингибирующий фактор при  
беременности

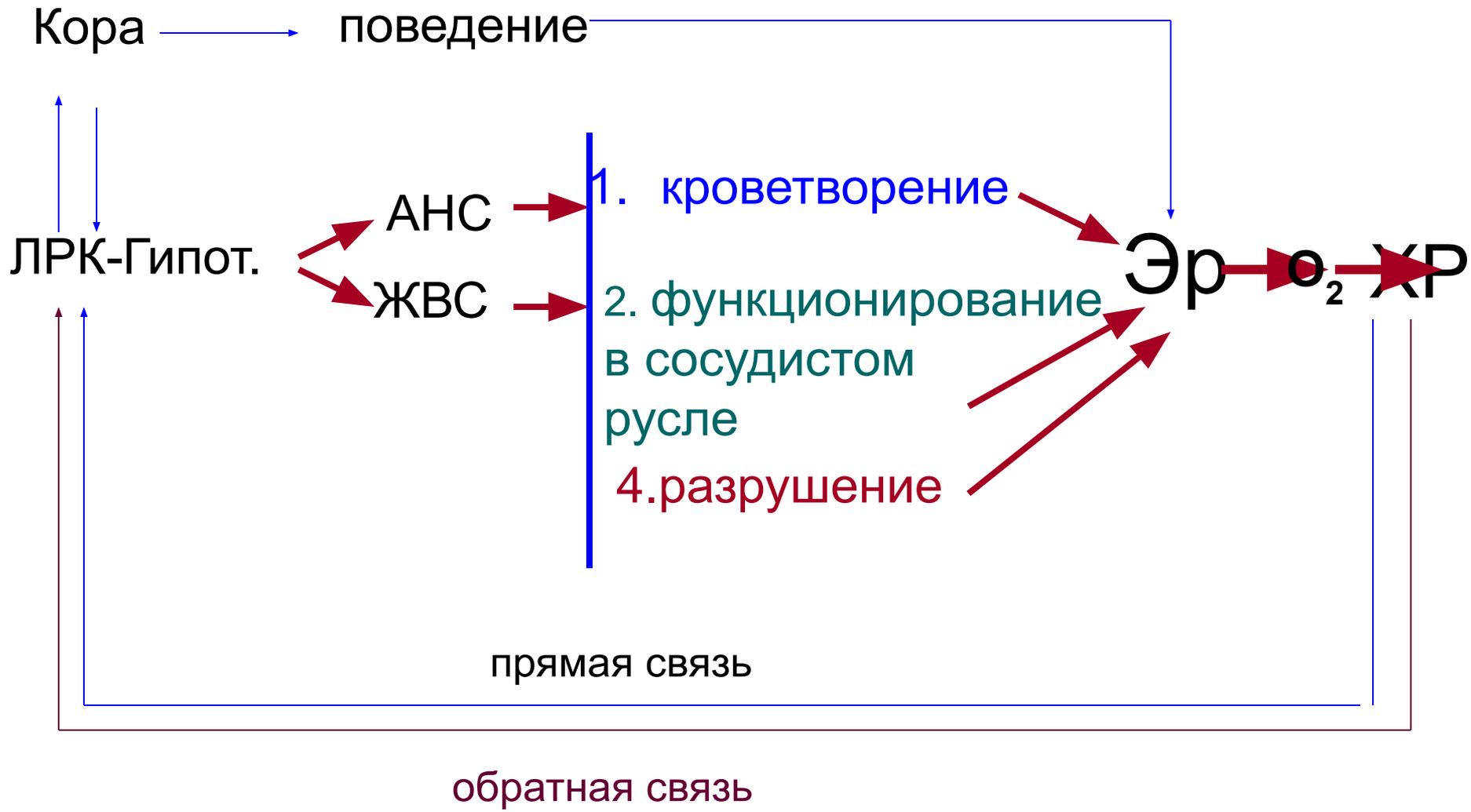
# Функционирование эритроцитов в сосудистом русле.

- Эффективность выполнения своих функций зависит от:
- 1) размеров эритроцита;
- 2) вида гемоглобина;
- 3) количества эритроцитов в периферической крови.

# Деструкция эритроцитов.

- Продолжительность жизни эритроцита в русле ~ 120 дней.
- В этот период развивается физиологическое старение клетки. При старении уменьшается образование АТФ.
- Около 10% эритроцитов разрушаются в норме в сосудистом русле, остальные в печени, селезенке.

# Функциональная система поддержания количества эритроцитов в крови



# Группы крови.

Открыты австрийским  
ученым

К. Ландштейнером и  
чешским врачом

Я. Янским в 1901г 1903г.

- Термином группы крови обозначают **иммунобиологические** свойства крови,
- на основании которых кровь всех людей, независимо от пола, возраста, расы, географической зоны
- можно разделить на строго определенные группы.

- Известно более 300 групповых факторов крови, которые объединяются в несколько групповых систем.

# Система АВ0

- Это основная серологическая система,
- определяющая
- совместимость или несовместимость крови
- при ее переливании.

- Групповая принадлежность крови по системе АВО
- определяется по наличию или отсутствию в мембране эритроцитов агглютиногенов **A** и **B**,
- а плазме крови агглютининов
- **α** и **β**.

- В крови одного человека никогда не встречаются одноименные агглютиногены и агглютинины, т. е.
- А и  $\alpha$ ; В и  $\beta$ .
- При такой встрече происходит реакция агглютинации – склеивание эритроцитов.

## Распределение агглютиногенов и агглютининов

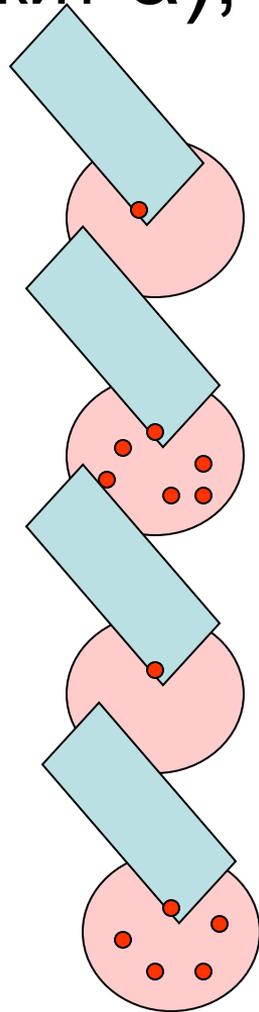
Группа крови	Агглютиногены эритроцитов	Агглютинины плазмы
I	O	$\alpha$ и $\beta$ .
II	A	$\beta$
III	B	$\alpha$
IV	A, B	0

- I гр. – 40 – 50%;
- II гр. – 30 – 40%;
- III гр. – 10 – 20%;
- IV гр. – 5%.

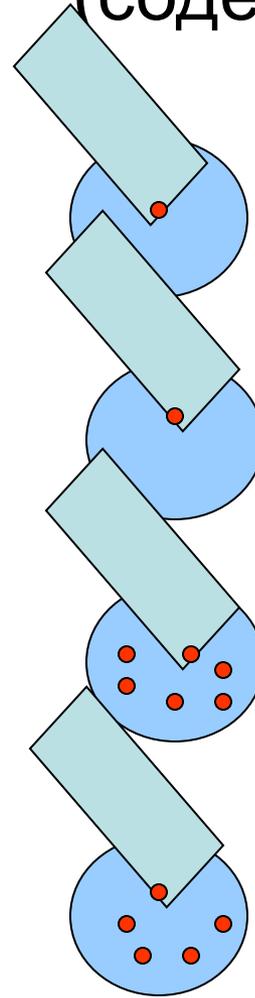
# Определение группы крови

Основано на реакции  
агглютинации.

Цоликлон анти-А  
(содержит  $\alpha$ );



Цоликлон анти-В  
(содержит  $\beta$ );



Агглютинации  
нет. I группа

II группа

III группа

IV группа

# Определение группы крови

Цоликлон  
анти-А

Цоликлон  
анти-В

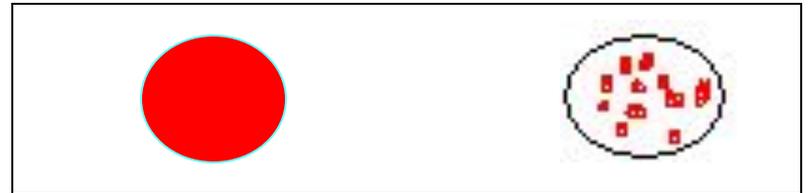
I группа крови



II группа крови



III группа крови



IV группа крови



# Система резус (Rh)

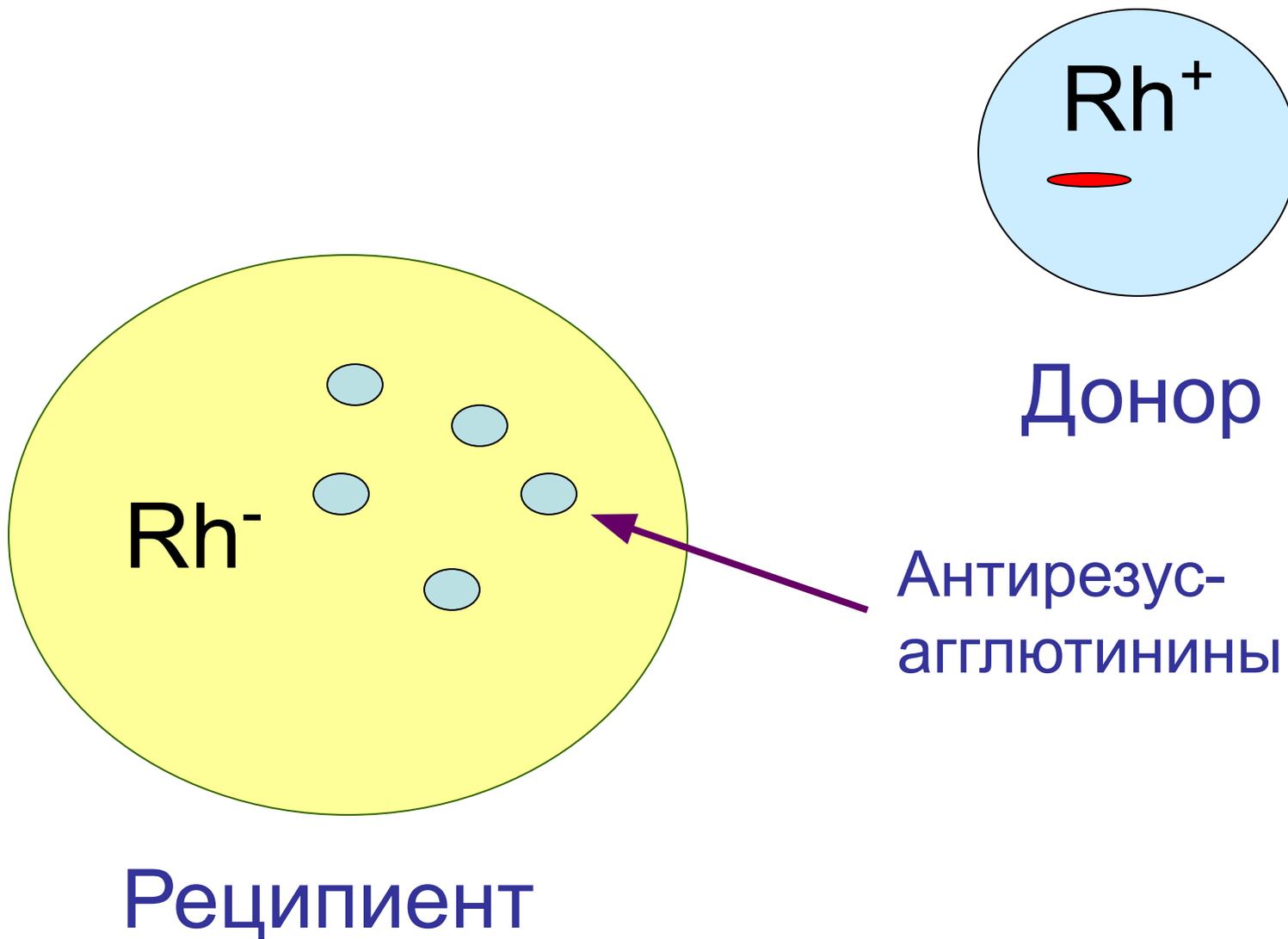
- Открыта в 1937 – 1940 гг.
- К. Ландштейнером и
- В. Винером.
- Антигены системы резус находятся в мембране эритроцитов.
- Наиболее важными являются D, C, E.

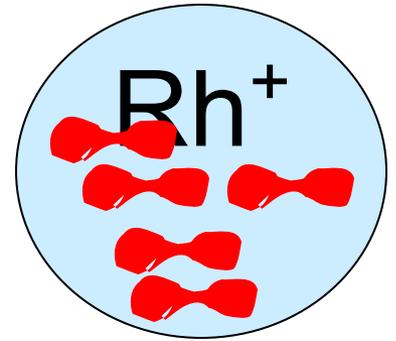
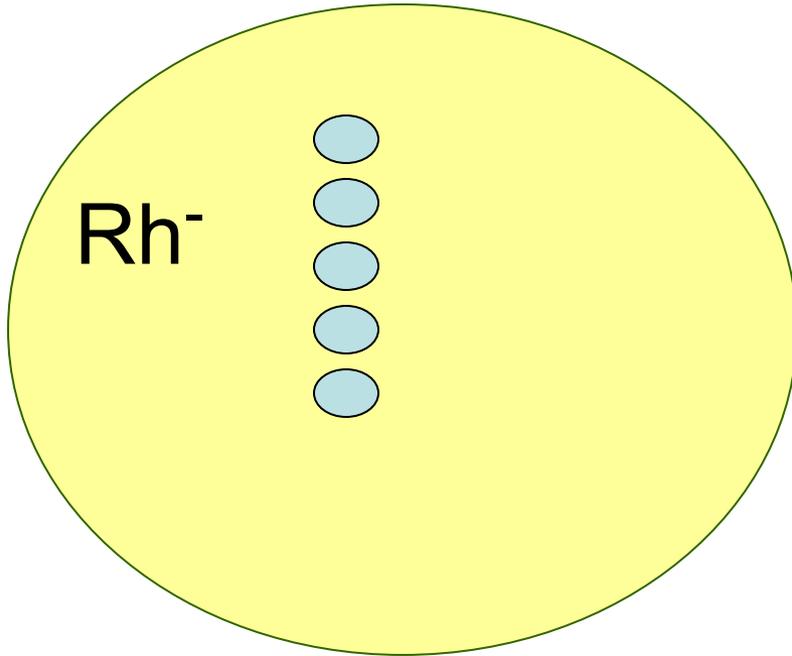
- Самым активным является антиген D.
- По его наличию или отсутствию определяют резус-принадлежность крови ( $Rh^+$  или  $Rh^-$ ).
- Главной особенностью системы резус является отсутствие в плазме врожденных антител – агглютининов.

- Резус – антитела (антирезус-агглютинины)
- формируются при попадании резус –отрицательному человеку
- резус-положительной крови,
- **что недопустимо.**

# Резус- конфликт

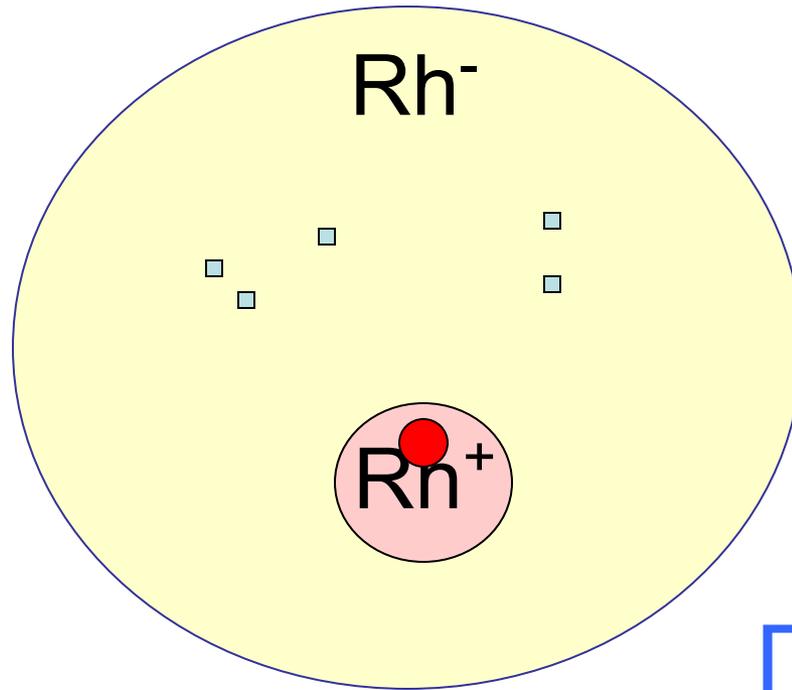
- Возникает
- 1.при переливании  $Rh^-$  реципиенту  $Rh^+$  крови;
- 2. При беременности: если мать  $Rh^-$  а плод  $Rh^+$ .





# Резус-конфликт при беременности

Мать



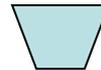
Плод

# Методы оценки красной крови:

1) определение количества эритроцитов (камерный метод, автоматический);

# 1. Автоматически

Фотоэлемент



Источник света

- 2) определение СОЭ;
- 3) определение количества гемоглобина калориметрическим методом;

- 4) расчет цветного показателя крови – степень насыщения эритроцитов гемоглобином;  $N = 0,8 - 1,0$
- 5) расчет СГЭ ( в N от 27 до 33 пг в одном эритроците;
- 6) определение осмотической резистентности эритроцитов.

# Правила переливания крови

- 1. Определить группу крови во флаконе.
- 2. Определить резус-фактор
- 3. Провести на индивидуальную совместимость.
- 4. Провести пробу на резус-совместимость

# **Правила переливания крови.**

- 1. Определить группу крови во флаконе.
- 2. Rh – фактор.
- 3. Пробу на индивидуальную совместимость:
  - на стекле капля сыворотки или плазмы реципиента + кровь донора (10 : 1).

- 4. Проба на резус –  
совместимость:
- в пробирку 2 капли сыворотки  
или плазмы реципиента + 1  
капля крови донора и 1 каплю  
33% раствора полиглюкина,
- 3 минуты перемешиваем,  
затем + 2 – 5мл  
физиологического раствора.

- 5. Трёхкратная биологическая проба:
- 3 раза по 15 – 20мл вливаем донорскую кровь струйно с интервалом 3 минуты.
- 6. Остальную часть крови перелить капельно или струйно (по показаниям).
-

# Величины рН биологических жидкостей

Клеточная жидкость	Кровь	Моча
7,0 – 7,2 образование кислых продуктов метаболизма	Артериальная – 7,40 (смещение до 7,0 или до 8,0 – тяжелые нарушения, ведущие к гибели) Венозная – 7,36 ( длительное смещение на 0,1 – 0,2 – гибель)	5,0 - 8,5 (Изменяется в зависимости от рН крови соответственно)