

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России)



Факультет довузовской подготовки

Лекция на тему: «Внутренняя среда организма. Кровь»

Подготовила: преподаватель биологии ФДП Полянская Ирина
Анатольевна

2019 г.

Разделы лекции

1. Внутренняя среда организма. Состав, взаимосвязь компонентов
2. Понятие о гомеостазе
3. Функции и состав крови. Химический состав плазмы. Гематокрит
4. Форменные элементы крови: эритроциты
5. Форменные элементы крови: лейкоциты
6. Форменные элементы крови: тромбоциты
7. Гемостаз, свертывающая система крови
8. Тканевая совместимость, группы крови, переливание крови

1. Внутренняя среда организма. Состав, взаимосвязь компонентов

Вода является основным компонентом практически всех тканей, находится как внутри клеток, так и во внеклеточной среде. В среднем в организме человека содержится 70% воды, и основная ее часть находится в жидких тканях – крови и лимфе. Тканевая жидкость так же представляет собой водный раствор органических веществ.

Внутреннюю среду организма составляют кровь, лимфа и тканевая жидкость. Состав компонентов внутренней среды организма представлен в таблице 1.

Таблица 1. Внутренняя среда организма

Компонент внутренней среды	Состав	Местонахождение	Источник и место образования	Функции
Кровь	Плазма (55 - 60%)	Вода, органические и минеральные вещества	За счет поглощения воды, белков, жиров, углеводов и минеральных веществ	Взаимосвязь всех органов организма с окружающей средой, питание, выведение продуктов диссимиляции, защитные свойства, гуморальная регуляция
	Форменные элементы (40-45%)	Эритроциты, лейкоциты, тромбоциты	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, лимфоидная ткань	Транспортная, защитная
Тканевая жидкость	Вода, растворенные в ней органические и минеральные вещества, O ₂ , CO ₂ , продукты	Промежутки между клетками всех тканей.	За счет плазмы крови и конечных продуктов диссимиляции	Является промежуточной средой кровью и клетками органов. Переносит из крови в клетки питательные вещества, минеральные соли,

	диссимиляция и, выделившиеся из клеток			гормоны, кислород. Возвращает в кровяное русло через лимфу продукты диссимиляции и углекислый газ.
Лимфа	Вода с растворенными и в ней продуктами диссимиляции и органических веществ	Лимфатическая система	За счет фильтрации тканевой жидкости в слепых концах лимфатических капилляров	Возвращение в кровяное русло тканевой жидкости, фильтрация и обеззараживание тканевой жидкости.

Взаимосвязь компонентов внутренней среды организма представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Взаимосвязь компонентов внутренней среды организма

Внешняя среда влияет на организм через восприятие ее характеристик чувствительными аппаратами нервной системы (рецепторами, органами чувств), через легкие, где осуществляется газообмен и через желудочно-кишечный тракт, где осуществляется всасывание воды и пищевых ингредиентов. Нервная система оказывает свое регулирующее воздействие на клетки за счет выделения на окончаниях нервных проводников специальных посредников – *медиаторов*, поступающих через микроокружение клеток к специальным структурным образованиями клеточных мембран – *рецепторам*.

Воспринимаемое нервной системой влияние внешней среды может опосредоваться и через эндокринную систему, секретирующую в кровь специальные гуморальные регуляторы – *гормоны*. В свою очередь, содержащиеся в крови и тканевой жидкости вещества в большей или

меньшей степени раздражают рецепторы интерстициального пространства и кровеносного русла, тем самым обеспечивая нервную систему информацией о составе внутренней среды. Удаление метаболитов и чужеродных веществ из внутренней среды осуществляется через органы выделения, главным образом, почки, а также легкие и пищеварительный тракт.

2. Гомеостаз

Внешняя среда оказывает не только полезные, но и вредные для жизнедеятельности организма влияния. Однако, здоровый организм нормально функционирует, если воздействия среды не переходят границ допустимости. Такая зависимость жизнедеятельности организма от внешней среды с одной стороны, и относительная стабильность и независимость жизненных процессов от изменений в окружающей среде с другой стороны, обеспечивается свойством организма, получившим название гомеостазис (гомеостаз).

Организм представляет собой ультрастабильную систему, которая сама осуществляет поиск наиболее устойчивого и оптимального состояния, удерживая различные параметры функций в границах физиологических («нормальных») колебаний.

Гомеостаз — относительное динамическое постоянство внутренней среды и устойчивость физиологических функций. Это именно динамическое, а не статическое постоянство, поскольку оно подразумевает не только возможность, но необходимость колебаний состава внутренней среды и параметров функций в пределах физиологических границ с целью достижения оптимального уровня жизнедеятельности организма.

Деятельность клеток требует адекватной функции снабжения их кислородом и эффективного вымывания из них углекислого газа и других отработанных веществ или метаболитов. Для восстановления разрушающихся белковых структур и извлечения энергии клетки должны получать пластический и энергетический материал, поступающий в организм с пищей. Все это клетки получают из окружающей их микросреды через *тканевую жидкость*. Постоянство последней поддерживается благодаря обмену газами, ионами и молекулами с кровью.

Следовательно, постоянство состава крови и состояние барьеров между кровью и тканевой жидкостью, так называемых *гистогематических барьеров*, являются условиями гомеостазиса микросреды клеток.

Избирательная проницаемость этих барьеров обеспечивает определенную специфику состава микросреды клеток, необходимую для их функций.

С другой стороны, тканевая жидкость участвует в образовании лимфы, обменивается с дренирующими тканевые пространства лимфатическими капиллярами, что позволяет эффективно удалять из клеточной микросреды крупные молекулы, неспособные диффундировать через гистогематические барьеры в кровь. В свою очередь, оттекающая из тканей лимфа через грудной лимфатический проток поступает в кровь, обеспечивая поддержание

постоянства ее состава. Следовательно, в организме между жидкостями внутренней среды происходит непрерывный обмен, являющийся обязательным условием гомеостаза.

3. Функции и состав крови. Химический состав плазмы

Кровь, как компонент внутренней среды организма, выполняет различные функции, основными из которых являются следующие:

- дыхательная – перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа в обратном направлении;
- питательная – транспорт питательных веществ к клеткам организма;
- выделительная – выведение конечных продуктов жизнедеятельности клеток;
- регуляторная – перенос гормонов от эндокринных желез к клеткам организма;
- защитная – обеспечение иммунных реакций;
- гомеостатическая – поддержание постоянства внутренней среды организма;

Кровь является жидкой соединительной тканью, межклеточное вещество – плазма, на ее долю приходится 55–60% всего объема крови. Клетки – форменные элементы – составляют 40–45%. В организме взрослого человека содержится 5–6 литров крови, что составляет в среднем 7-8% массы тела.

Главным компонентом плазмы является вода, ее содержание составляет 90-91%. Сухое вещество представлено органическими и минеральными веществами. Наиболее значимым по массовой доле органическим компонентом плазмы являются белки – 7%. Они представлены тремя различными фракциями: альбумины, глобулины и липопротеины. Практически все белки крови синтезируются в печени. К основным функциям белков плазмы относятся следующие: 1) свертывающая; 2) защитная; 3) транспортная.

Помимо белков в плазме содержатся также липиды 0,8%, глюкоза 0,12%, мочевины 0,05%. Неорганические вещества плазмы представлены в основном ионами натрия и хлора, так же присутствуют ионы калия, кальция и другие. Концентрация солей составляет в норме 0,85 - 0,9%. Функция солей плазмы – поддержание осмотического давления. Для восполнения объема плазмы в медицине используют физиологический (изотонический) раствор с концентрацией хлорида натрия 0,9%. Гипертонический раствор приводит к плазмолизу (обезвоживанию) эритроцитов, а гипотонический раствор – к гемолизу (разрушению) эритроцитов (рисунок 2).

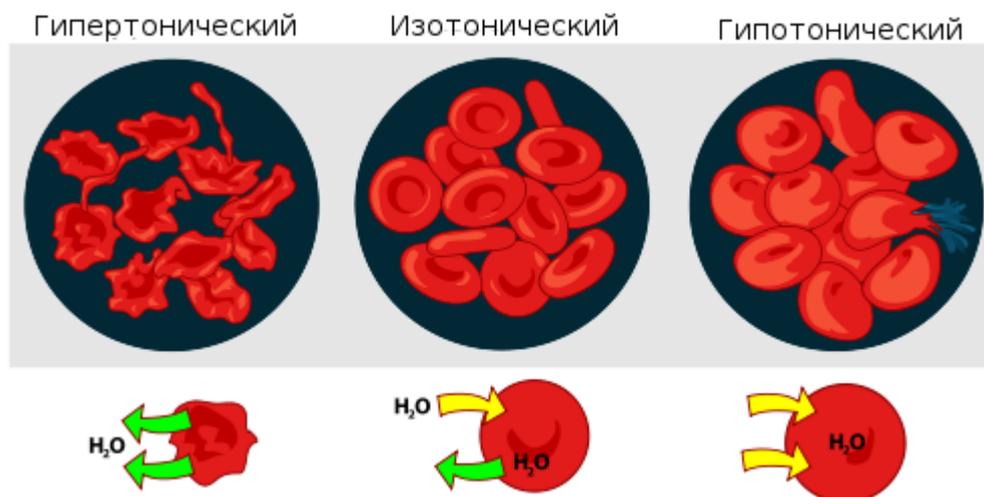


Рисунок 2 Влияние растворов с различной концентрацией солей на эритроциты

Так же строго постоянным является и уровень кислотности плазмы, он составляет 7,4. Отклонения от этого значения вызывают тяжелые системные нарушения в жизнедеятельности организма.

Плазма крови, лишенная белка фибриногена, называется *сыворотка*. Ее используют в медицине с лечебными и диагностическими целями.

Гематокрит – это отношение объема крови, занимаемое форменными элементами к общему объему крови. В норме этот показатель составляет 40-45% и довольно стабилен. Увеличение гематокрита наблюдается при тяжелых физических нагрузках, высокой температуре окружающей среды и других факторах, вызывающих обезвоживание организма. Избыточный прием воды приводит к уменьшению гематокрита.

4. Форменные элементы крови. Эритроциты

Эритроциты являются самыми многочисленными форменными элементами. У мужчин в 1 мл крови содержится в среднем 5,1 млн эритроцитов, у женщин – 4,6 млн. в детском возрасте число эритроцитов постепенно меняется. У новорожденных оно достаточно высоко, 5,5 млн/мл, что обусловлено перемещением крови из плаценты в кровотоки ребенка. В последующие месяцы организм ребенка растет, но новые эритроциты не образуются, наблюдается так называемый «спад третьего месяца», количество эритроцитов снижается до 3,5 млн/мл. у детей дошкольного и школьного возраста количество эритроцитов несколько меньше, чем у женщин.

Основная функция эритроцитов – перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким. С этим связано специфическое строение эритроцитов. Они имеют форму двояковогнутого диска, способны к деформации. Размер эритроцита составляет 7 – 8 мкм. На мембране эритроцита содержатся специфические белки-маркеры, определяющие группу крови. Зрелые эритроциты не имеют ядро, однако их предшественники, синтезируемые в красном костном мозге содержат ядро, которое разрушается по мере созревания эритроцита.

Основной составной частью эритроцита, помимо воды, является белок *гемоглобин*, благодаря которому кровь имеет красный цвет. На его долю приходится до 34% общей массы и 90% массы высушенного эритроцита. Гемоглобин является сложным белком – металлопротеином. Его молекула состоит из железосодержащей части – гема, и белковой части – глобина. Одна молекула гемоглобина способна переносить четыре молекулы кислорода. Кислород диффундирует в легких через альвеолярно-капиллярный барьер и образует с гемоглобином соединение оксигемоглобин. Кровь, содержащая большое количество кислорода, называется *артериальной*.

Углекислый газ попадает в плазму крови из тканевой жидкости. Соединяясь с гемоглобином, он образует *карбгемоглобин*. Кровь, насыщенная углекислым газом, имеет более темный цвет и называется *венозной*.

С гемоглобином так же могут связываться и другие вещества. Наиболее опасным является соединение гемоглобина с угарным газом – *карбоксигемоглобин*. Сродство угарного газа к гемоглобину в 300 выше, чем у кислорода. Карбоксигемоглобин не может переносить кислород, вследствие чего развивается *гипоксия* (кислородное голодание).

В норме содержание гемоглобина у мужчин составляет 130-160 г/л, у женщин 120-140 г/л. *Анемия* дословно обозначает «бескровие», в клинической практике под этим термином понимают прежде всего снижение способности крови переносить кислород вследствие недостатка гемоглобина. В зависимости от причин, выделяют несколько форм анемии. Наиболее часто встречается *дефицитная* (железодефицитная, витаминдефицитная) анемия. Она связана с недостаточным содержанием в пище или нарушением всасывания в желудочно-кишечном тракте железа и витаминов В₆ и В₁₂. *Геморрагическая анемия* связана с массивной кровопотерей, когда организм не способен в короткое время восполнить потерю эритроцитов через рану. *Гемолитическая анемия* развивается при некоторых патологических состояниях, связанных с повышенной хрупкостью эритроцитов. Такая форма наблюдается при некоторых наследственных заболеваниях, в частности при талассемии и серповидно-клеточной анемии. К этой же категории относится анемия при малярии, ускоренный гемолиз в результате аутоиммунных реакций и эритробластоз новорожденных. *Апластическая анемия* характеризуется угнетением костномозгового кроветворения несмотря на нормальное содержание всех необходимых веществ. При апластической анемии подавляется только эритропоэз, тогда как в случае панцитопении уменьшается содержание всех клеток крови, вырабатываемых красным костным мозгом. Апластические анемии могут носить как наследственный характер (анемия Даймонда-Блекфена, синдром Фанкони), так и приобретенный (идиопатические анемии). Панцитопения может быть связана с действием на красный костный мозг ионизирующего излучения, клеточных ядов или метастаз опухолей.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) обусловлена тем, что эритроциты тяжелее плазмы крови. В сосудистом русле они равномерно распределены по всему объему плазмы за счет непрерывного движения крови по сосудам. При заборе крови в пробирку (с обязательным добавлением антикоагулянта) происходит оседание эритроцитов на дно, а плазма остается в верхнем слое (рисунок 3)



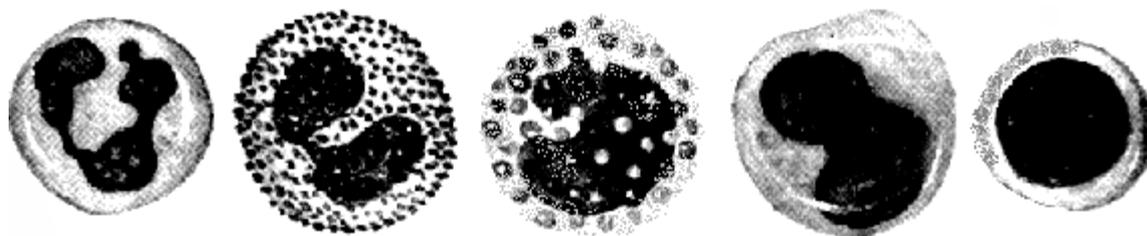
Рисунок 3. Скорость оседания эритроцитов в пробирке

Нормальные значения СОЭ у мужчин составляет 1-10 мм/ч, у женщин 2-15 мм/ч. При некоторых патологических состояниях, в частности, при воспалительных заболеваниях, при опухолях, сопровождающихся усиленным распадом тканей, значение СОЭ возрастает, что связано с образованием эритроцитами агрегатов. На СОЭ влияет белковый состав плазмы крови. СОЭ снижается при увеличении в плазме содержания альбуминов и повышается при увеличении концентраций глобулинов или фибриногена. Показатель так же увеличивается у женщин во время беременности.

5. Форменные элементы крови: лейкоциты

Лейкоциты – белые кровяные клетки, основная функция которых обеспечение иммунитета. Их общее содержание в 1 мл крови составляет 4-9 тысяч. В отличие от эритроцитов, число которых относительно постоянно в крови здорового человека, численность лейкоцитов колеблется в зависимости от времени суток и физиологического состояния организма. Лейкоциты имеют ядро, могут изменять свою форму, многие из них способны переходить из просвета кровеносных сосудов в ткани.

Лейкоциты – не однородные клетки. В зависимости от морфологических особенностей, выполняемых функций, места образования выделяют зернистые (гранулоциты) и незернистые (агранулоциты). Зернистые, в свою очередь, делятся на эозинофилы, базофилы и нейтрофилы, незернистые делят на моноциты и лимфоциты (рисунок 4).



Гранулоциты Агранулоциты

Рисунок 4. Группы лейкоцитов

Цитоплазма гранулоцитов имеет характерную зернистую структуру, гранулы содержат ферменты, способные уничтожать чужеродные агенты, и различные биологически активные вещества.

Таблица 2. Сравнительная характеристика различных групп лейкоцитов

Признак	гранулоциты			агранулоциты	
	эозинофилы	базофилы	нейтрофилы	моноциты	лимфоциты
Количество, %	2 - 5	До 1	55 - 70	6 - 8	25 - 30
Продолжительность жизни	Несколько дней	Несколько дней	Несколько дней	Несколько дней	Более 10 лет
локализация	Кровяное русло с выходом в соединительные ткани, кишечник, кожу, легкие	Кровяное русло с выходом в соединительные ткани	Красный костный мозг, кровяное русло, соединительные ткани	Образуются в печени, селезенке, красном костном мозге. В тканях превращаются в макрофаги	Образуются в красном костном мозге. Содержатся не только в крови, но и в лимфе
Способность к фагоцитозу	способны	способны	способны	способны	Не способны
Функции	Ограничивают выраженность аллергических реакций, фагоцитируют биологически активные вещества и аллергены	Принимают участие в развитии аллергических реакций, обеспечивают миграцию других лейкоцитов в ткани. Гранулы содержат гистамин и гепарин.	Лизирующие ферменты разрушают патогенные микроорганизмы. Образуют гной, нейтрализуют токсичные продукты распада	Иммунные реакции организма с поглощением системы антиген-антитело. Разрушают собственные ткани, отмершие во время болезни. Самые крупные из лейкоцитов.	В-лимфоциты нейтрализуют чужеродные антигены, Т-лимфоциты участвуют в реакциях клеточного иммунитета

Соотношение различных групп лейкоцитов довольно постоянно и называется *лейкоцитарная формула*.

6. Форменные элементы крови: тромбоциты

Тромбоциты или кровяные пластинки принимают участие в свертывании крови. В 1 мл крови содержится 180 – 360 тысяч тромбоцитов. Они образуются в красном костном мозге в результате отщепления фрагментов цитоплазмы от гигантской клетки – *мегакариоцита*, из каждой такой клетки могут образоваться до 1000 тромбоцитов. Тромбоцит не содержит ядра, размеры 2-5 мкм. Тромбоциты циркулируют в крови 5 – 11 суток, после чего разрушаются в печени, селезенке.

В крови тромбоциты пребывают в неактивном состоянии. Активация тромбоцитов наступает в результате контакта с поверхностью и действия некоторых факторов свертывания. Активирование тромбоцитов необходимо для запуска каскада реакций *гемостаза* (свертывания крови).

7. Гемостаз, свертывающая система крови

При нарушении целостности ткани организма из раны в течение некоторого времени истекает кровь. Объем крови и время кровотечения определяются локализацией и объемом повреждения. Вскоре на поверхности раны формируется кровяной сгусток (*тромб*), предотвращающий дальнейшее кровотечение.

В плазме крови постоянно содержатся 13 факторов свертывания крови (таблица 3).

Таблица 3 Факторы свертывания крови

Фактор	Название	Свойства и функции
I	Фибриноген	Белок, находящийся в плазме. Из растворимого состояния переходит в нерастворимое – фибрин
II	Протромбин	Белок плазмы. Неактивный предшественник тромбина
III	Тромбопластин	Фермент. Превращает протромбин в тромбин (тромбокиназа)
IV	Ионизированный кальций	Ускоряет работу всех факторов свертывания крови
V	Проакцелерин	Ускоряет превращение протромбина в тромбин
VI	Акцелерин	Ускоряет превращение протромбина в тромбин
VII	Проконвертин	Неактивная форма фермента, активирующего тканевой тромбопластин
VIII	Антигемофильный	Участвует в образовании тромбокиназы
IX	Фактор Кристмаса	Катализирует образование тромбокиназы
X	Фактор Стюарта-Прауэра	Участвует в образовании тромбина и двух видов тромбопластина
XI	Фактор Розенталя	Ускоряет образование тромбокиназы
XII	Фактор Хагемана	Запускает процесс тромбообразования (контактный)
XIII	Фибринстабилизирующий	Преобразует нестабильный фибрин в стабильный фактор

В 1905 году Моравиц описал последовательность основных этапов свертывания крови, схема которых представлена на рисунке 5.



Рисунок 5. Классическая схема свертывания крови (по Моравицу)

Вне организма кровь свертывается за несколько минут. Под действием *тромбокиназы* («активатора протромбина») белок плазмы *протромбин* превращается в *тромбин*, который в свою очередь вызывает расщепление растворимого *фибриногена* с образованием нерастворимого *фибрина*. Его волокна образуют основу тромба. В результате этих процессов кровь превращается из жидкости в студенистую массу. Через несколько часов волокна фибрина сжимаются, происходит ретракция, и из него удаляется сыворотка. Формируется плотный тромб, состоящий из сети фибриновых волокон с захваченными ею клетками крови. В этом процессе так же участвуют тромбоциты. Содержащийся в них белок *тромбостенин* сходен с актомиозином и способен сокращаться за счет энергии АТФ. Благодаря ретракции сгусток уплотняется и стягивает края раны. Спустя некоторое время после свертывания крови наступает фаза фибринолиза, тромб растворяется и сосуд вновь становится проходимым для крови.

Помимо свертывающей системы в организме присутствует антисвертывающая система, предотвращающая внутрисосудистое свертывание. К компонентам этой системы относят антикоагулянты, в частности, гепарин, а так же ряд ферментов. Свертывающая и антисвертывающая системы находятся в постоянном балансе. При его нарушениях возникают тяжелые заболевания, сопровождающиеся либо массивными кровотечениями, либо образованием внутрисосудистого тромба.

8. Тканевая совместимость, группы крови, переливание крови

Группа крови – это индивидуальный иммуногенетический признак, обусловленный наличием на мембранах эритроцитов специфических гликолипидов, обладающих антигенными свойствами. Они называются *агглютиногенами*. С ними реагируют специфические белки плазмы – *агглютинины*, обладающие свойствами антител. При реакции антиген-антитело молекула агглютинина образует «мостик» между несколькими эритроцитами и происходит их склеивание – *агглютинация*. Этот процесс часто сопровождается разрушением эритроцитов - *гемолизом*.

В крови каждого человека содержится индивидуальный набор специфических эритроцитарных агглютиногенов. В настоящее время выделяются более 40 систем групп крови. К наиболее важным системам

групп крови относят АВО, Rh, MNS, Келл, Дафи, Кидд. В клинической практике наибольшее значение имеют системы АВО и Rh.

Система АВО. В 1901 году австрийский врач К. Ландштейнер исследовал проблему совместимости крови при переливании и обнаружил, что на мембранах эритроцитов локализованы антигены, получившие название агглютиногены А и В, а в плазме крови содержатся антитела – агглютинины α и β . У одного человека агглютиногены и агглютинины не могут быть соименными. При попадании с чужой кровью таких белков происходит агглютинация эритроцитов с последующим гемолизом. В 1930 Ландштейнер был удостоен Нобелевской премии.

В системе АВО выделяют 4 группы крови (таблица 4)

Таблица 4 Группы крови по системе АВО

Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
O(I)	-	A и β
A(II)	A	β
B(III)	B	α
AB(IV)	A и B	-

Группы крови распределены в человеческой популяции неравномерно. Людей с первой группой крови 34%, со второй 38%, с третьей 20% и с четвертой 8%

Система Резус-фактора (Rh) так же была открыта К. Ландштейнером в 1940 году. Резус-фактор – маркерный белок, впервые обнаруженный у макаков-резусов. Он присутствует в крови 85% людей., поэтому их кровь называют резус-положительной (Rh^+). У 15% людей этот белок отсутствует, их кровь называется резус-отрицательная (Rh^-). У резус-отрицательных людей в обычных условиях не вырабатываются антирезус-антитела, этот процесс запускается только при попадании в их организм эритроцитов, содержащих на своей поверхности этот белок. Данный процесс происходит медленно, поэтому наибольшую опасность представляет повторный контакт с резус-положительной кровью. Это так же сопровождается агглютинацией. Резус-конфликт может возникнуть в следующих случаях:

-повторное переливание резус-положительной крови резус-отрицательному реципиенту;

-беременность резус-отрицательной женщины резус-положительным плодом (наследование этого признака от отца)

При больших потерях крови резко нарушаются ее важнейшие функции – питательная, дыхательная, терморегуляционная. Организм теряет большое количество воды. Это может привести к серьезным последствиям, вплоть до гибели человека. В связи с необходимостью восполнения потерянной крови или по другим медицинским показаниям производят переливание крови – *гемотрансфузию*. Человек, который отдает свою кровь, называется *донор*, человек, которому переливают кровь, называется *реципиент*. В настоящее время считают допустимым только переливание крови, совместимой по системе АВО. Для установления Rh-совместимости обычно ограничиваются определением антигена D: кровь с этим антигеном считают Rh^+ , без него Rh^- .

Однако у всех женщин детородного возраста и у больных, которым требуется повторное переливание крови, производится определение подгрупп Rh, чтобы не допустить сенсбилизации по резус-фактору.

Для определения групповой принадлежности по системе АВО исследуемую кровь на предметном стекле смешивают со стандартными сыворотками к агглютиногенам А и В и смотрят, где происходит агглютинация (рисунок 6).

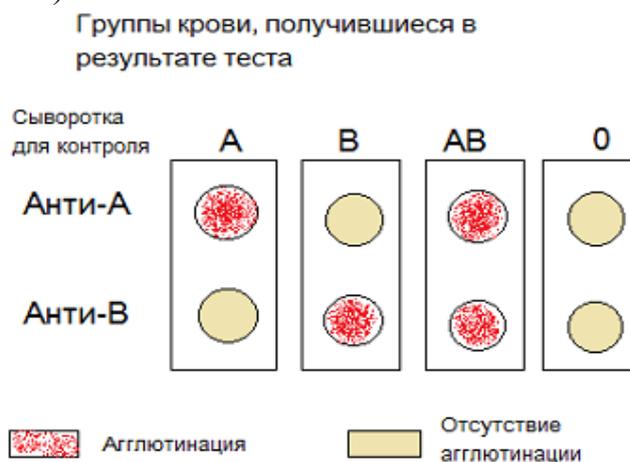


Рисунок 6.

Так же доноров обязательно проверяют на носительство ВИЧ, гепатита и ряда других заболеваний. Реципиенту в настоящее время можно переливать только кровь его группы. Однако в экстренных случаях (военные конфликты, стихийные бедствия и др.) возможно переливание разнотипной крови от одного человека другому по «*правилу разведения*»: агглютинины донора в расчет не принимаются так, как они растворяются в сыворотке реципиента и их концентрация в крови оказывается недостаточной для массовой агглютинации (рисунок 7).



Рисунок 7. Схема переливания по «правилу разведения»

Исходя из схемы, людей с первой группой крови можно назвать универсальными донорами, а людей с четвертой группой – универсальными реципиентами.