



# Лекция 2

## Тема: Система крови

1. Понятие о внутренней среде организма
2. Функции крови
3. Константы крови
4. Состав крови



# ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

Клод Бернар (1865 г.) ввел понятие о внутренней среде организма.

Внутренняя среда - комплекс жидкостей, омывающих органы и ткани: кровь, лимфа, межтканевая и цереброспинальная жидкости.

Внутренняя среда:

1. обеспечивает определенный уровень возбудимости клеточных структур;
2. изменяет чувствительность клеточных структур к раздражителям;
3. обеспечивает уровень обменных процессов.

Внутренняя среда отделена от внешней среды и тканей барьерами: внешние барьеры (отделяют внутреннюю среду от окружающей) - кожа, слизистые, эпителий ЖКТ; внутренние барьеры (гистогематические) - отделяют кровь от органов и тканей.

# ГОМЕОСТАЗ

Для нормальной жизнедеятельности организма необходимо постоянство состава и свойств внутренней среды организма - это гомеостаз.

Термин "гомеостаз" ввел в 1929 г. Уолтер Кенон.

Гомеостаз – от греч. *homois* - подобный, одинаковый и *stasis* - неподвижный, состояние.

Регуляция гомеостаза включает поддержание на необходимом для организма уровне биохимических, физико-химических, ферментативных и других констант.

# ГОМЕОКИНЕЗ

Абсолютного гомеостаза нет. Это постоянство относительно и носит название "гомеокинеза".

Гомеокинез - это подвижное равновесие.

Гомеокинез - это не просто любое изменение, а переход от одного стабильного уровня гомеостаза к другому.

Характеристика гомеостаза - биологические константы организма.

# ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

1. Отрицательная обратная связь отрицает возникшее отклонение, устраняет его и тем самым способствует возврату системы в состояние, от которого она отклонилась.
2. Когда необходим быстрый переход в новое состояние

Отрицательная обратная  
связь

Действует по принципам:  
«если больше, то меньше»,  
«если меньше, то больше»

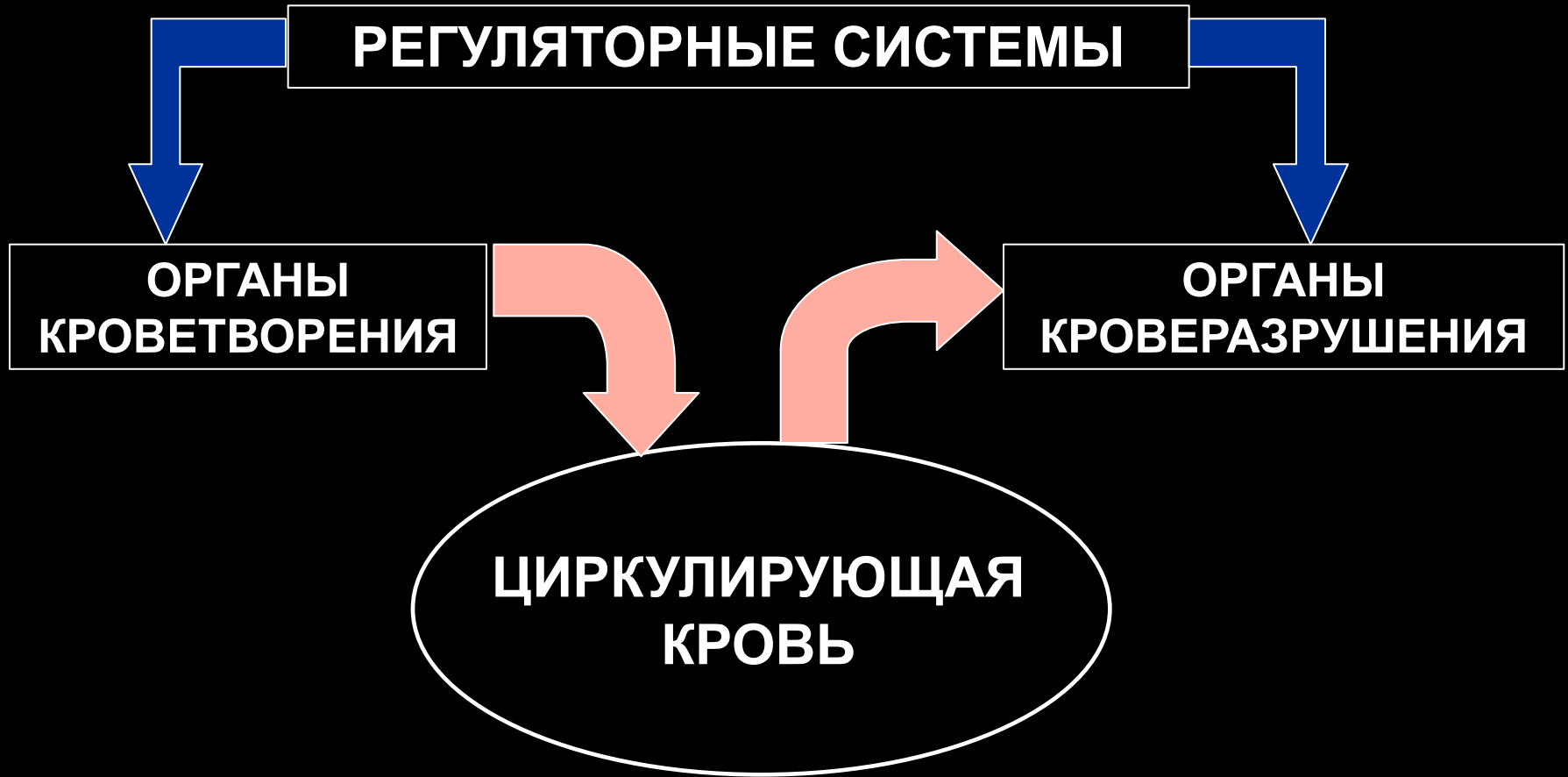
Обеспечивает механизмы самоограничения (когда система удерживает себя на определенном уровне)

Положительная  
обратная связь

Действует по принципам:  
«если меньше, то еще меньше»,  
«если больше, то еще больше»

Работает в механизмах самостимуляции (когда система быстро, скачкообразно переходит на новый уровень )

# СИСТЕМА КРОВИ (Ланг Г.Ф., 1939)



# ФУНКЦИИ КРОВИ:

## 1. Транспортная

- а) дыхательная (транспорт кислорода и углекислого газа)
- б) трофическая (перенос питательных веществ (аминокислоты, глюкозу, жирные кислоты и др.))
- в) экскреторная (транспорт конечных продуктов обмена (мочевина, мочевая кислота, креатинин и др.)
- г) регуляторная (перенос БАВ)

## 2. Защитная (уничтожение микроорганизмов, участие в воспалительных и иммунных реакциях)

## 3. Гомеостатическая (поддержание постоянства внутренней среды организма – констант крови)

## 4. Гемокоагуляционная (при нарушении целостности сосудистой стенки образует тромб, препятствующий потере крови)



# КОНСТАНТЫ КРОВИ:

- Мягкие (пластичные) константы крови - константы, которые могут отклоняться от константного уровня в относительно широких пределах без существенных изменений жизнедеятельности клеток.
- Жесткие константы крови - (их колебание допустимо в очень небольших диапазонах, т. к. отклонение на значительные величины приводит к нарушению жизнедеятельности клеток или функций целого организма).

# КОНСТАНТЫ КРОВИ ЗАВИСЯТ:

1. от пола,
2. от возраста,
3. от условий проживания,
4. от профессии,
5. от социальных условий,
6. от времени года и суток

# К ПЛАСТИЧНЫМ КОНСТАНТАМ ОТНОСЯТ:

1. объем циркулирующей крови,
2. гематокрит (соотношение объемов плазмы и форменных элементов),
3. относительная плотность крови,
4. вязкость крови,
5. количество форменных элементов,
6. количество гемоглобина,
7. скорость оседания эритроцитов,

# ОБЪЕМ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ (ОЦК)

У взрослого человека – около 6-8% веса тела:

у мужчин -  $61,5 \pm 8,6$  мл/кг

у женщин -  $58,9 \pm 4,9$  мл/кг

У новорожденного – 15 %

У годовалого ребенка – 11 %

ОЦК составляет 50-55 % от общего количества крови

Остальные 45-50 % крови депонированы (в основном в виде суспензии эритроцитов):

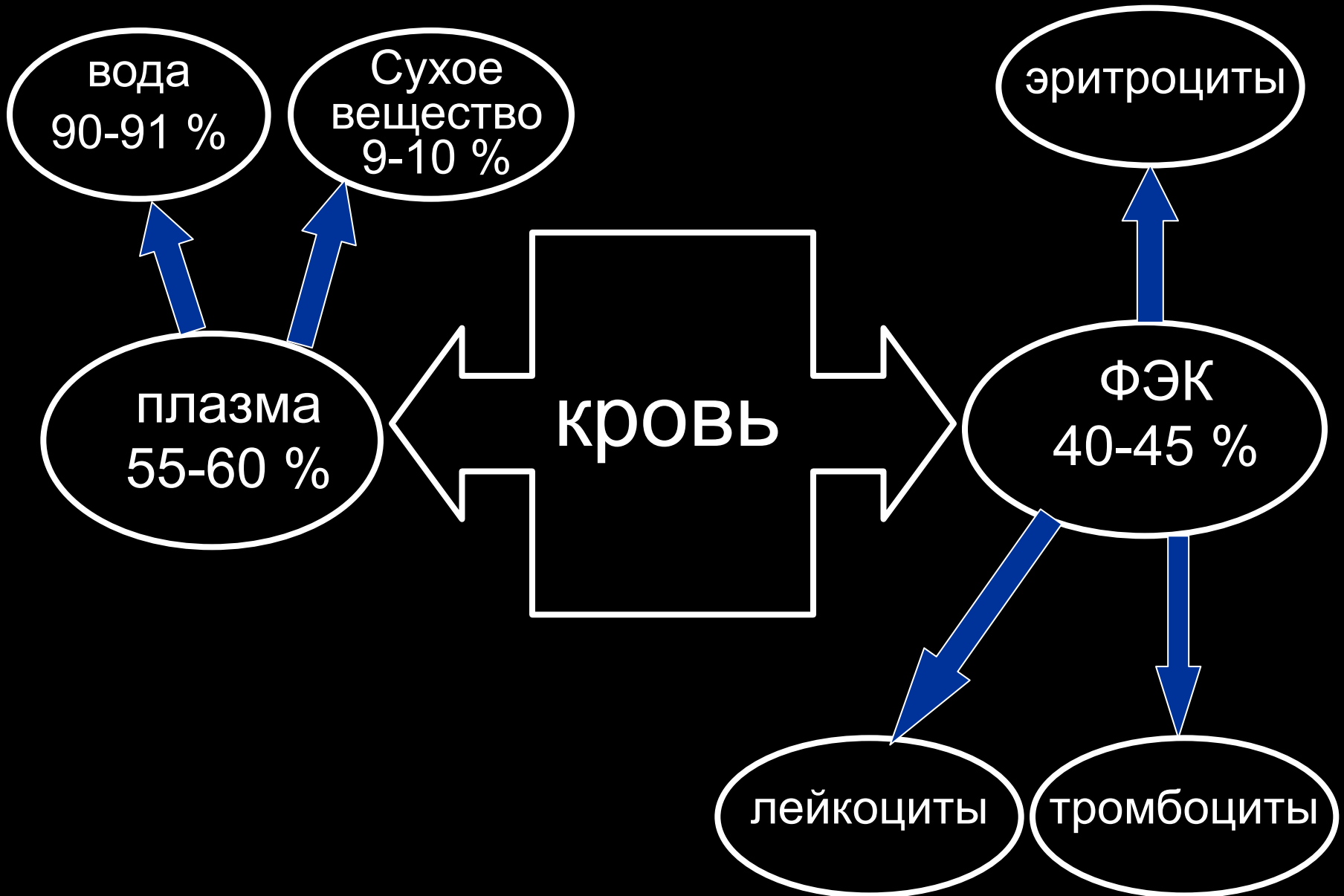
1. в печени – до 20 %,
2. в селезенке – до 16 %,
3. в коже – до 10 %

ОЦК = 55-50 % - нормоволемия,

ОЦК - больше 55 % - гипervолемия,

ОЦК - меньше 50 % - гиповолемия

# СОСТАВ КРОВИ



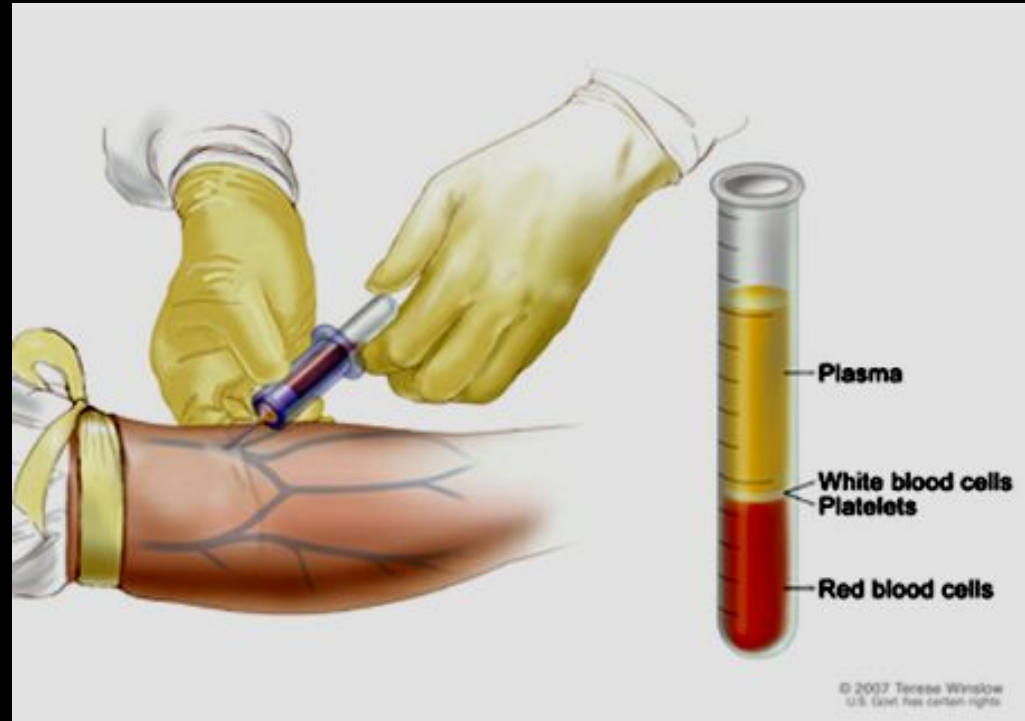
# ГЕМАТОКРИТ

- это часть объема крови, приходящаяся на ФЭК после центрифугирования 4,5 тыс.об./мин 10-15 мин.

NHt – нормоцитемия,

↓Ht – олигоцитемия,

↑Ht – полицитемия



# ГЕМАТОКРИТ зависит:

- от пола (у мужчин: 44-48 %, у женщин: 41-45 %),
- от возраста (у новорожденного – 42-60 %, у годовалого ребенка 30-40 %),
- от зоны проживания,
- от количества депонированной крови

# УДЕЛЬНЫЙ ВЕС КРОВИ (ПЛОТНОСТЬ)

складывается из удельного веса плазмы  
(белков) и удельного веса ФЭК

Плотность лейкоцитов и тромбоцитов  
ниже, чем эритроцитов.

Удельный вес эритроцитов – 1,094-1,064  
г/мл

Удельный вес плазмы – 1,024-1,030 г/мл



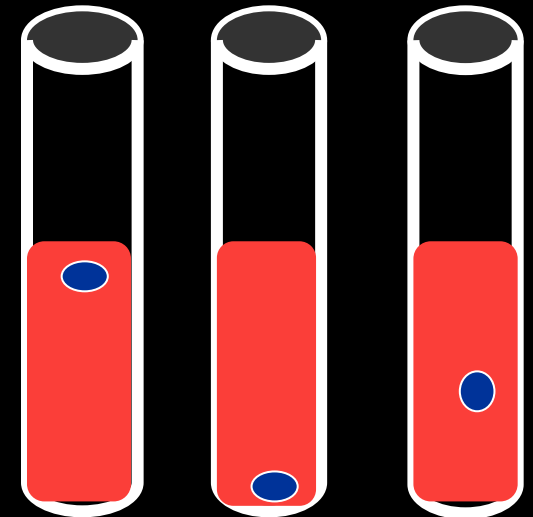
# УДЕЛЬНЫЙ ВЕС КРОВИ (ПЛОТНОСТЬ)

зависит от:

1. количества эритроцитов (у мужчин - 1,057, у женщин - 1,053) ,
2. содержания Hb в эритроцитах,
3. от состава плазмы

Метод определения – медно-сульфатный

УВ крови равен УВ раствора медного купороса, капля которого не тонет и не всплывает в крови



# ВЯЗКОСТЬ КРОВИ

- это способность оказывать сопротивление течению жидкости при перемещении частиц относительно друг друга за счет внутреннего трения.

Вязкость воды = 1, вязкость крови = 5:

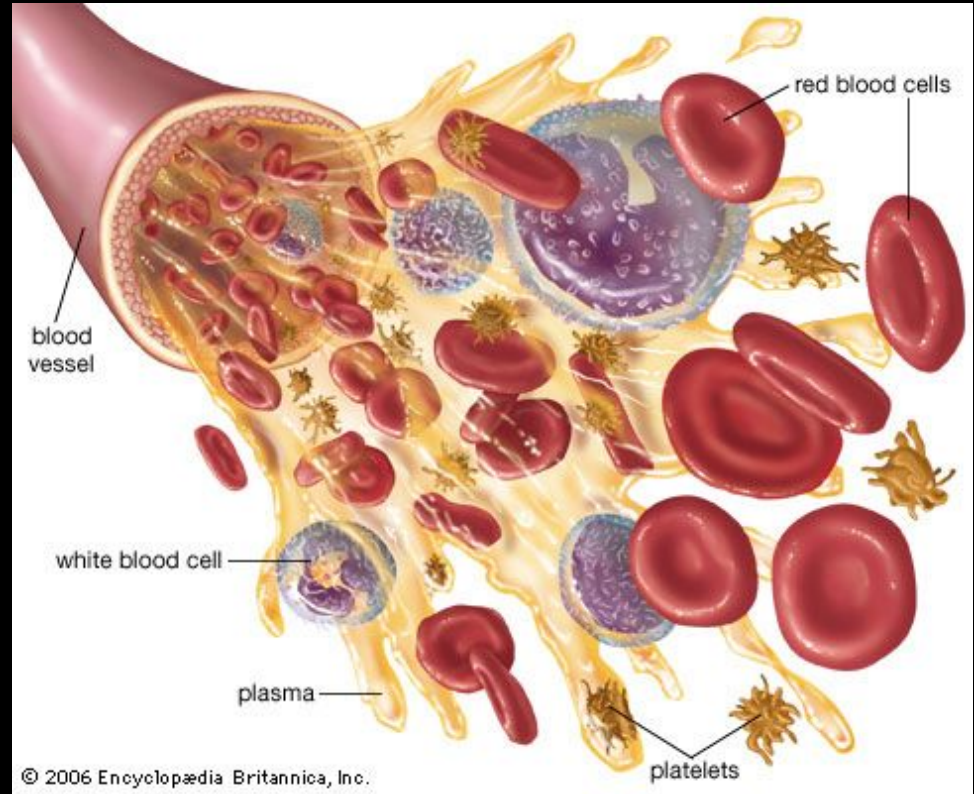
вязкость плазмы – 1,7-2,2,

вязкость ФЭК – 2,8-3,3.

При увеличении вязкости крови АД также увеличивается.

В капиллярах самая высокая вязкость, однако существует эффект Фареуса-Линдквиста, при котором эффективная вязкость крови при винтообразном движении резко падает.

# КОЛИЧЕСТВО ФЭК



Эритроцитов: у мужчин  $4,0-5,0 \times 10^{12}$  /л,

у женщин  $3,9-4,7 \times 10^{12}$  /л;

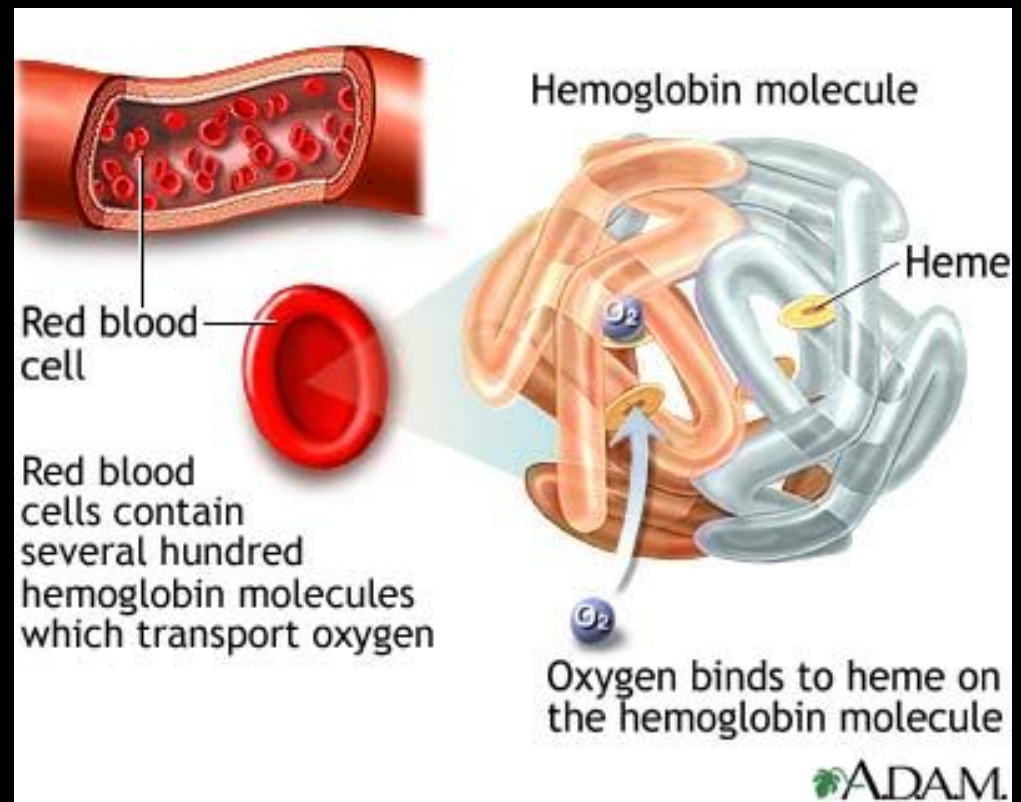
Лейкоцитов  $4,0-9,0 \times 10^9$  /л;

Тромбоцитов  $180-320 \times 10^9$  /л.

# КОЛИЧЕСТВО ГЕМОГЛОБИНА

у мужчин - 130-160 г/л,

у женщин - 120-140 г/л.

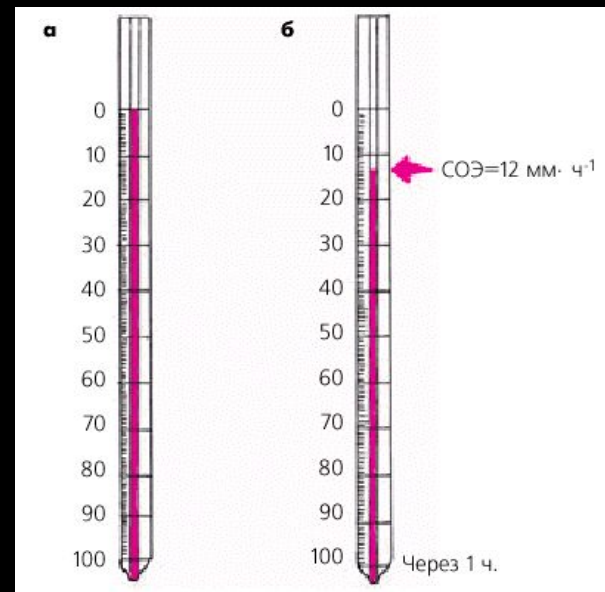


# СОЭ

СОЭ<sub>мужчины</sub> = 1-10 мм/час

СОЭ<sub>женщины</sub> = 2-15 мм/час

В пожилом возрасте до 20 мм/час



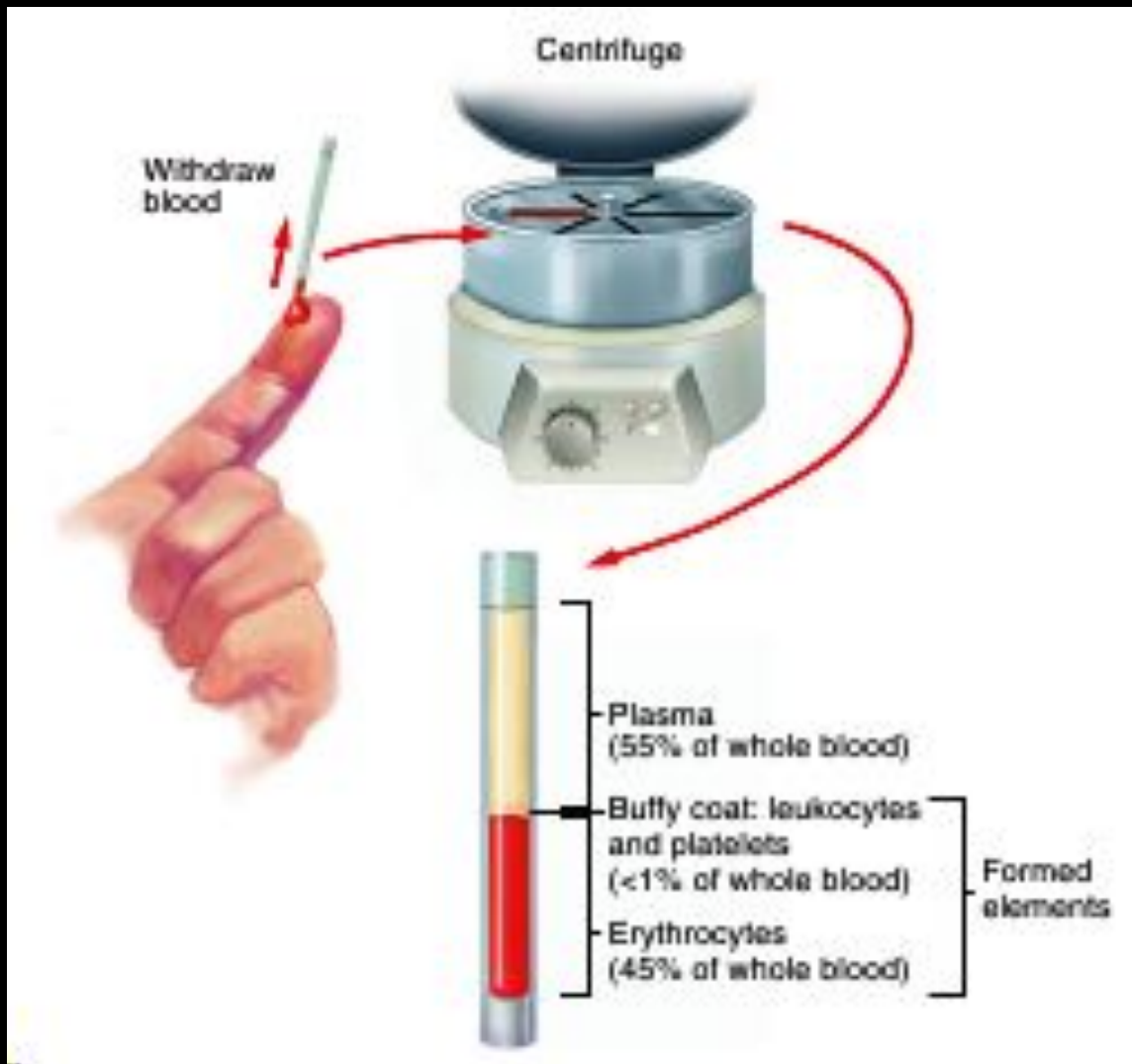
## ФАКТОРЫ, МЕНЯЮЩИЕ СОЭ

### Агломерины:

фибриноген, гамма-глобулины, гаптоглобин,  
церулоплазмин, белки распада тканей

### Антиагломерины:

альбумины, жирные и желчные кислоты



# Повышение СОЭ:

1. Любые воспалительные процессы и инфекции, (накопление глобулинов и других белков острой фазы воспаления). Исключение – ранние стадии вирусных инфекций (грипп, вирусный гепатит и др.).
2. Заболевания, сопровождающиеся некрозом тканей (гнойные и септические заболевания, злокачественные новообразования, инфаркты)
3. Заболевания соединительной ткани (ревматизм, ревматоидный артрит, системная красная волчанка).
4. Болезни обмена веществ (сахарный диабет).
7. Анемии.

# Уменьшение СОЭ наблюдается при:

- увеличении *вязкости крови* при заболеваниях и синдромах, сопровождающихся увеличением числа эритроцитов (эритремия, вторичные эритроцитозы).



# Жесткие константы крови:

1. постоянство ионного состава крови,
2. осмотическое давление крови,
3. количество белков в плазме,
4. онкотическое давление,
5. рН крови

# ИОННЫЙ СОСТАВ КРОВИ

## Электролиты:

катионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ )

анионы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ , белки);

## Неэлектролиты:

глюкоза, мочеви́на, небелковый азот,  
жиры, стероиды, фосфолипиды.

# ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

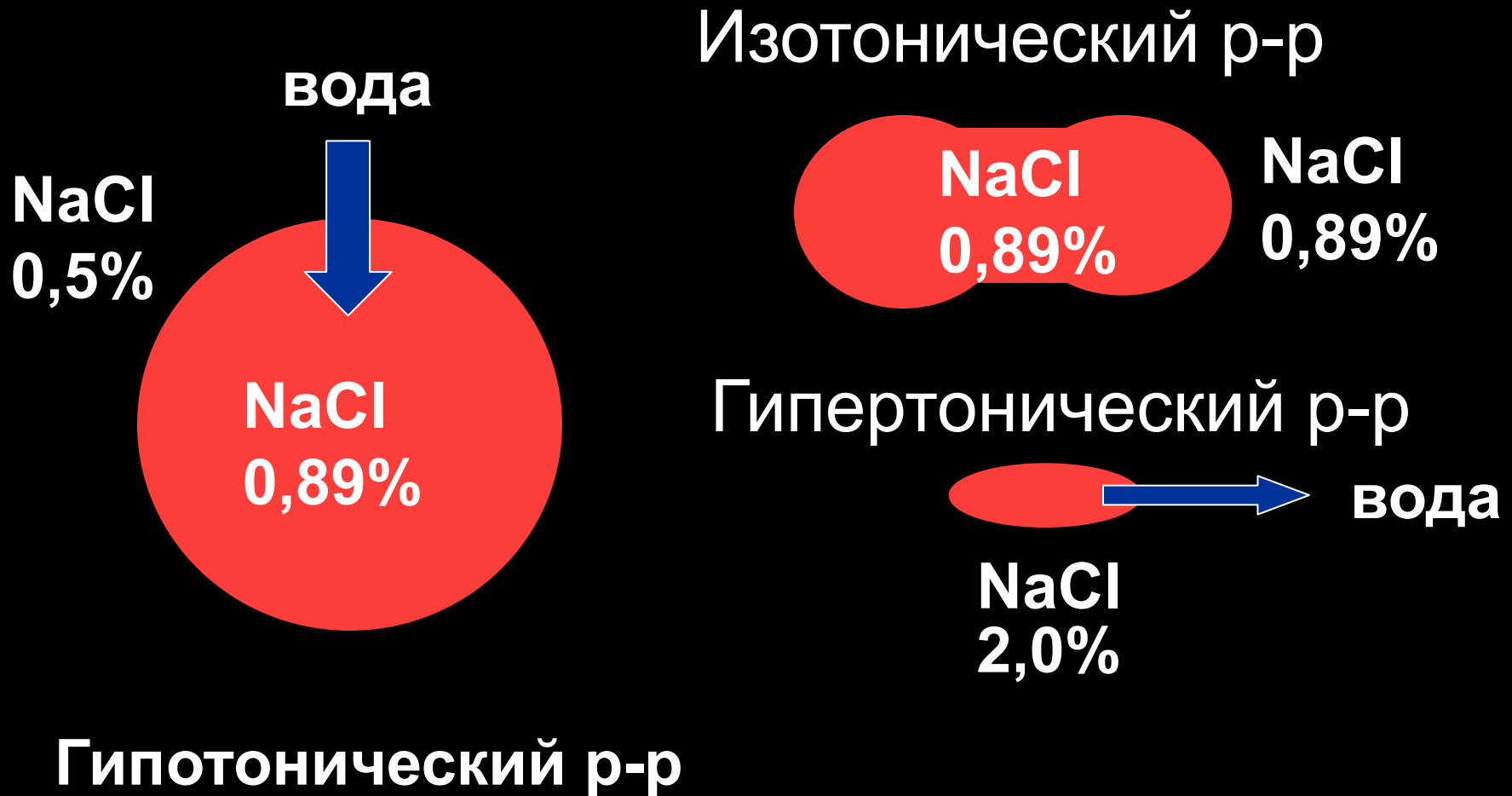
- сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного в более концентрированный раствор.

Осмотическое давление определяет распределение воды между тканями и клетками.

Осмотическое давление крови = 7,5 атм.

Около 60% осмотического давления создается NaCl

# ОСМОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ



# ГЕМОЛИЗ -

разрыв оболочки эритроцита и выход  
гемоглобина в плазму крови

## Осмотический гемолиз

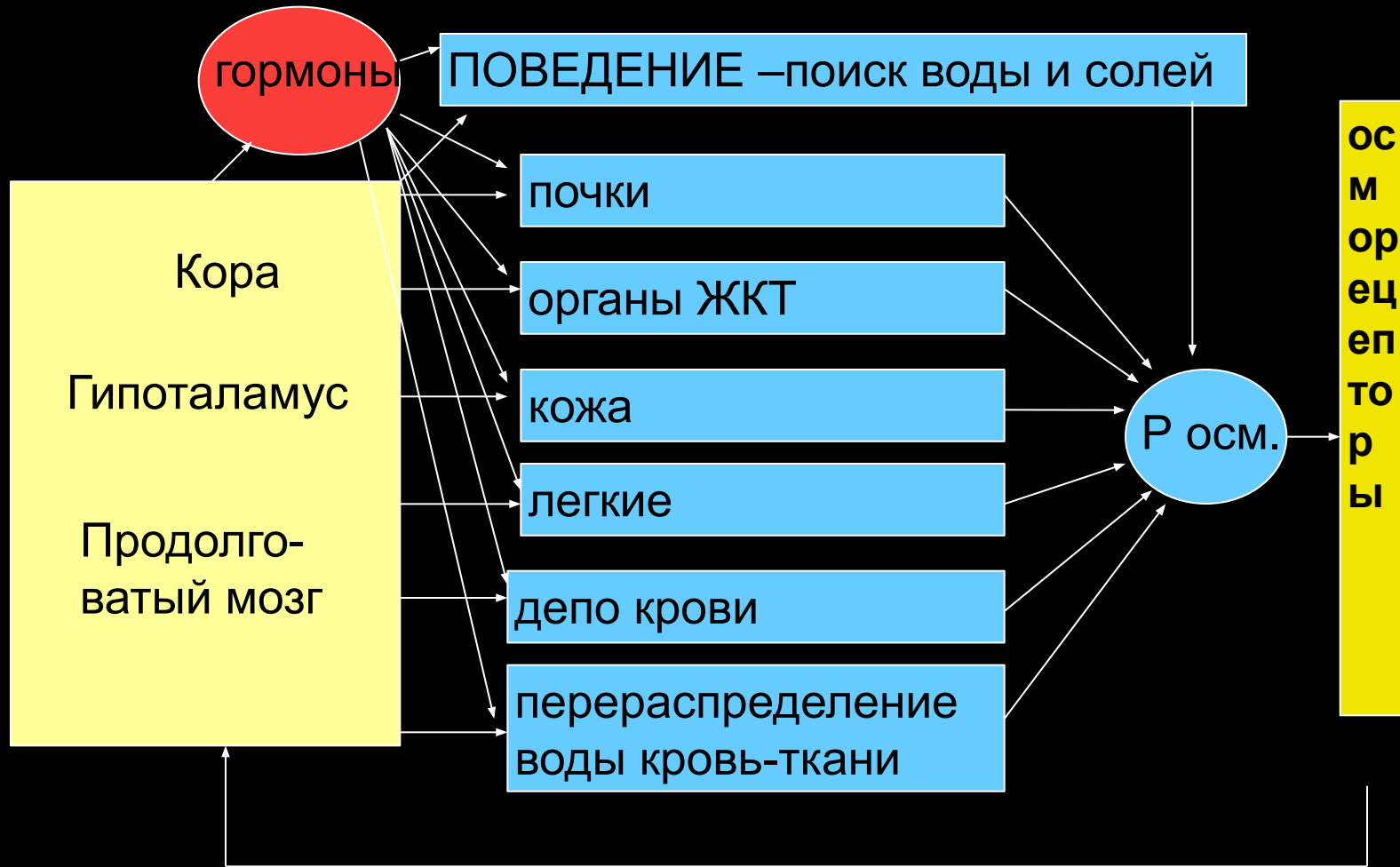
Мин. осмотическая резистентность:

0,48-0,42 % NaCl

Макс.осмотическая резистентность:

0,34-0,30% NaCl

# Функциональная система поддержания осмотического давления



# БЕЛКИ ПЛАЗМЫ

Белки	Концентрация г/л	Основные функции
АЛЬБУМИН	35-40	Онкотическое давление, транспорт $\text{Ca}^{2+}$ , жирных кислот и других липофильных веществ
$\alpha_1$ -глобулины	3-6	Транспорт липидов, тироксина, гормонов коры надпочечников. Ингибитор трипсина и химотрипсина
$\alpha_2$ -глобулины	4-9	Ингибитор плазмина. Связывание свободного гемоглобина
$\beta$ -глобулины	6-11	Транспорт липидов, железа. Белки системы комплемента
$\gamma$ -глобулины	13-17	Циркулирующие антитела
Фибриноген	30	Свертывание крови, агрегация тромбоцитов
Протромбин	1	Свертывание крови

# ФУНКЦИИ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ

1. Обеспечение вязкости крови
2. Обеспечение онкотического давления
3. Транспорт жиров, гормонов, металлов
4. Обеспечение буферных свойств
5. Гемостатическая функция
6. Иммунологическая функция
7. Ферментативно-метаболическая



# ОНКОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

- это аналог осмотического давления созданный белками.

Оно составляет около 4 % от осмотического давления и равно 0,02-0,04 атм.

Альбумины вносят самый большой вклад в создание онкотического давления (80 %)

Онкотическое давление отвечает за перераспределение жидкости между кровью и тканями.

# pH крови

pH - это отрицательный десятичный логарифм молярной  $[H^+]$  в среде.

pH артериальной крови - 7,43;

pH венозной крови – 7,35-7,36;

pH в клетке – 7,0-7,2

pH крови поддерживается:

1. буферными системами крови,
2. выведением  $CO_2$  легкими,
3. выведение кислых и основных продуктов почками и кожей

# БУФЕРНЫЕ СИСТЕМЫ КРОВИ

1. гемоглобиновая
2. карбонатная
3. фосфатная
4. белковая

# ГЕМОГЛОБИНОВАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

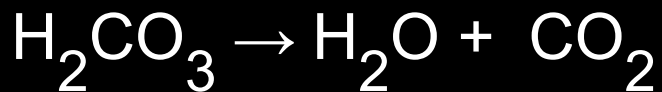
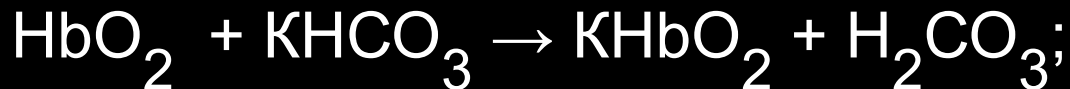
- самая мощная буферная система крови. На ее долю приходится 75% от всей буферной емкости крови.

Она состоит из:

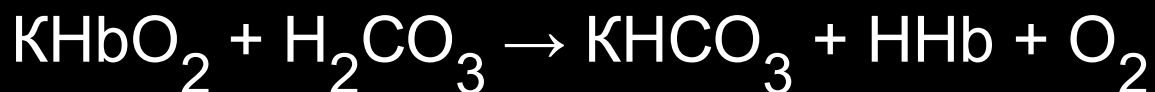
HbH - слабая кислота

HbO<sub>2</sub> – сильная кислота

В малом круге:



В большом круге:



# КАРБОНАТНАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Карбонатная буферная система по своей мощности занимает второе место.

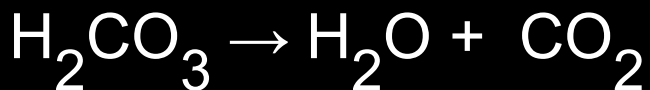
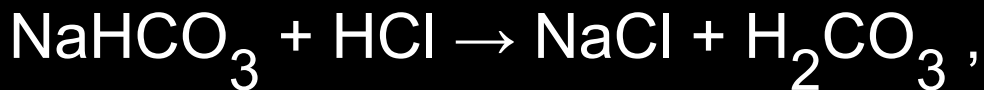
Она состоит из:

$\text{H}_2\text{CO}_3$  - слабая кислота,

$\text{NaHCO}_3$  – нейтральная соль

$\text{NaHCO}_3$  легко диссоциирует на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

При поступлении в кровь сильной кислоты:



При поступлении в кровь оснований:

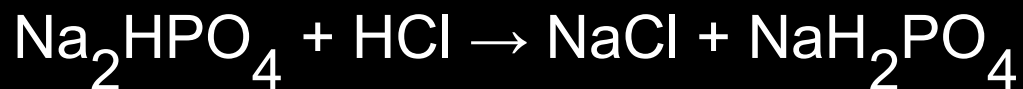
# ФОСФАТНАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Она состоит из:

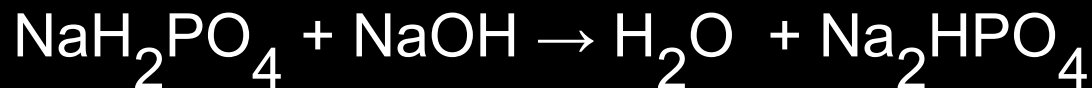
$\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – слабая кислота,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – слабая щелочь

При поступлении в кровь сильной кислоты:



При поступлении в кровь оснований:



Избыток  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  выводится почками

# БЕЛКОВАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Белки плазмы крови играют роль буфера, так как обладают амфотерными свойствами: в кислой среде ведут себя как основания, а в основной – как кислоты.

# ЩЕЛОЧНОЙ РЕЗЕРВ

- это запасы щелочных веществ в крови, представленные в основном щелочными солями слабых кислот.

Резервную щелочность измеряют количеством  $\text{CO}_2$  (мл), которое может быть связано 100 мл крови при напряжении  $\text{CO}_2$  в плазме, равном 40 мм рт. ст.



# Сдвиги рН крови

Сдвиг активной реакции в кислую сторону называют ацидозом, в щелочную – алкалозом.

Различают ацидоз и алкалоз:

1. респираторный,
2. нереспираторный,
  1. выделительный,
  2. метаболический
3. смешанный (наблюдается при сочетании двух или нескольких форм ацидоза и алкалоза)

# Респираторный сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<ul style="list-style-type: none"><li>- при гиперкапнии (увеличение <math>\text{CO}_2</math> в крови),</li><li>- при нарушении внешнего дыхания,</li><li>- при высокой концентрации <math>\text{CO}_2</math> во вдыхаемом воздухе.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- при чрезмерном выведении <math>\text{CO}_2</math> из легких (при хирургическом вмешательстве),</li><li>- во всех случаях гипервентиляции легких.</li></ul>

Респираторный от нереспираторного ацидоза и алкалоза отличаются по напряжению в крови  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{CO}_2}$ ) и уровню буферных оснований.

Для респираторных сдвигов характерно изменение  $P_{\text{CO}_2}$  без предварительного сдвига буферных оснований.

# Нереспираторый сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при потере организмом значительного количества оснований,</li><li>- при нарушении выведения нелетучий кислот</li></ul> <p>Если нарушения со стороны почек - почечный ацидоз, если со стороны ЖКТ – гастро-энтеральный ацидоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при нарушении обмена веществ</li></ul>	<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при задержке организмом значительного количества оснований (при кишечной непроходимости),</li><li>- при увеличении выведения нелетучих кислот (при неукротимой рвоте),</li><li>- при нарушении выведения почками <math>\text{Na}</math></li></ul> <p>Если нарушения со стороны почек - почечный алкалоз, если со стороны ЖКТ – гастро-энтеральный алкалоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при нарушении обмена веществ</li></ul>

# КОМПЕНСАЦИЯ

Нереспираторные нарушения компенсируются через изменение функционирования респираторной системы:

- при ацидозе – гипервентиляция → уменьшение  $PCO_2$  → нормализация pH
- при алкалозе – гиповентиляция → увеличение  $PCO_2$  → нормализация pH

Респираторные сдвиги компенсируются через почечные механизмы, изменяющие экскрецию  $H^+$  или  $HCO_3^-$

- при ацидозе – задержка оснований → нормализация pH
- при алкалозе – выведение оснований → нормализация pH

Если происходит полная компенсация уровня pH, то – компенсированный ацидоз и алкалоз, если не полностью – то частично компенсированный ацидоз и алкалоз.