

Функции и свойства крови

апрель 2016

стоматологический факультет
проф. С.Л.Совершаева

1. Понятие о системе крови, её функциях. Физиологические константы крови.
2. Электролитный состав плазмы крови, осмотическое давление крови.
3. Белки плазмы крови, их характеристика и функциональное значение, онкотическое давление крови и его роль.
4. Кислотно-основное состояние, параметры, буферные системы крови, механизмы компенсации.

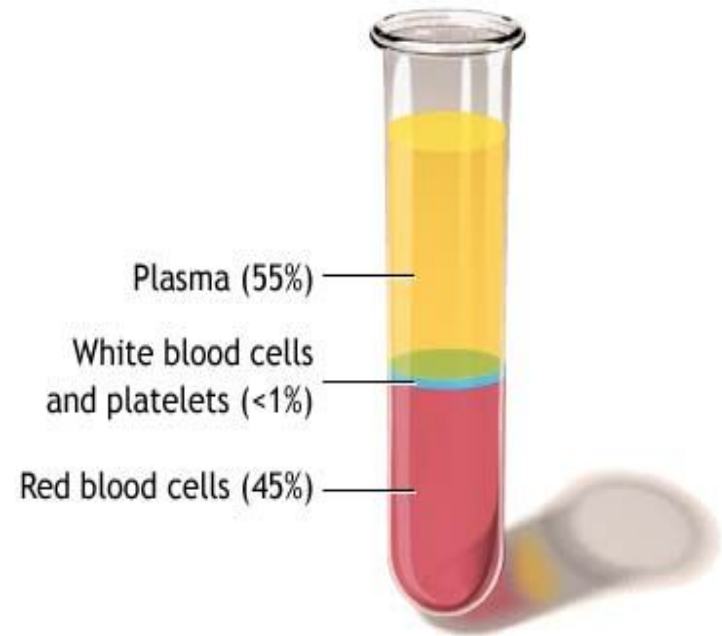
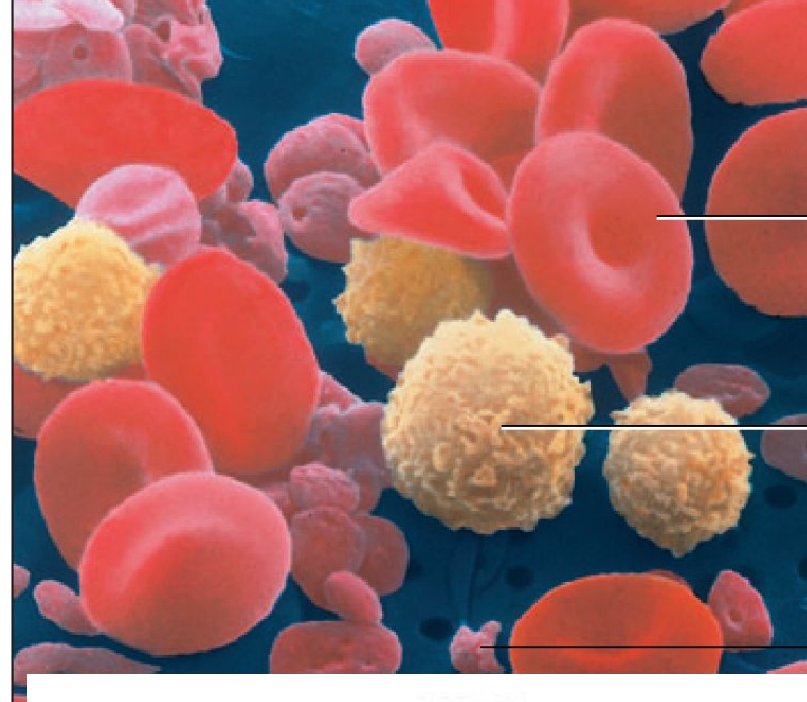
**1. Понятие о системе крови, её функциях.
Физиологические константы крови.**

Кровь – сложная по составу жидкость, обеспечивающая транспорт веществ между тканями организма, а также множество других функций.

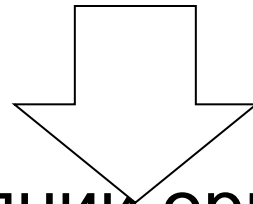
Масса циркулирующей крови - 7% массы тела (5-6л)

Состав крови: плазма. (55%) и форменные элементы (э., л., т.)

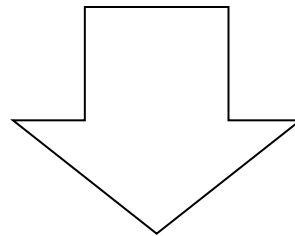
- **Плазма** – содержит газы, соли, белки, углеводы и липиды.
- **Сыворотка:** плазма, лишённая фибриногена.



Кровь - одна из интегрирующих систем организма



отклонения в состоянии организма и отдельных
органов приводят к изменениям в системе крови
и наоборот



**гематологические показатели – критерии
состояния здоровья**

Общие свойства крови*. Некоторые гематологические показатели

Доля от массы тела	8%
Объем у взрослых женщин, мужчин:	4–5 л; 5–6 л
Объем/масса	80–85 мл/кг
Средняя температура	38°C
pH	7.35–7.45
Вязкость (отн. воды) цельной крови:	4.5–5.5;
плазмы:	2.0
Осмолярность:	280–296 мОсм/л
Минерализация (преимущественно NaCl):	0.9%
Гематокрит женщины:	37%–48%
мужчины:	45%–52%
Гемоглобин женщины:	120–140 г/л
мужчины:	130–160 г/л
Эритроциты женщины:	$3.7\text{--}4.7 \times 10^{12}/\text{л}$
мужчины:	$4.0\text{--}5.1 \times 10^{12}/\text{л}$
Тромбоциты	$200\text{--}400 \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$4 - 9 \times 10^9/\text{л}$

* Значения в некоторой степени зависят от метода определения

ФУНКЦИИ КРОВИ

- Транспорт веществ
- Поддержание гомеостаза (t° , pH, Осм)
- Защитные реакции организма
- Гемокоагуляция

Как компонент внутренней среды, кровь - интегральная часть любой функциональной активности:

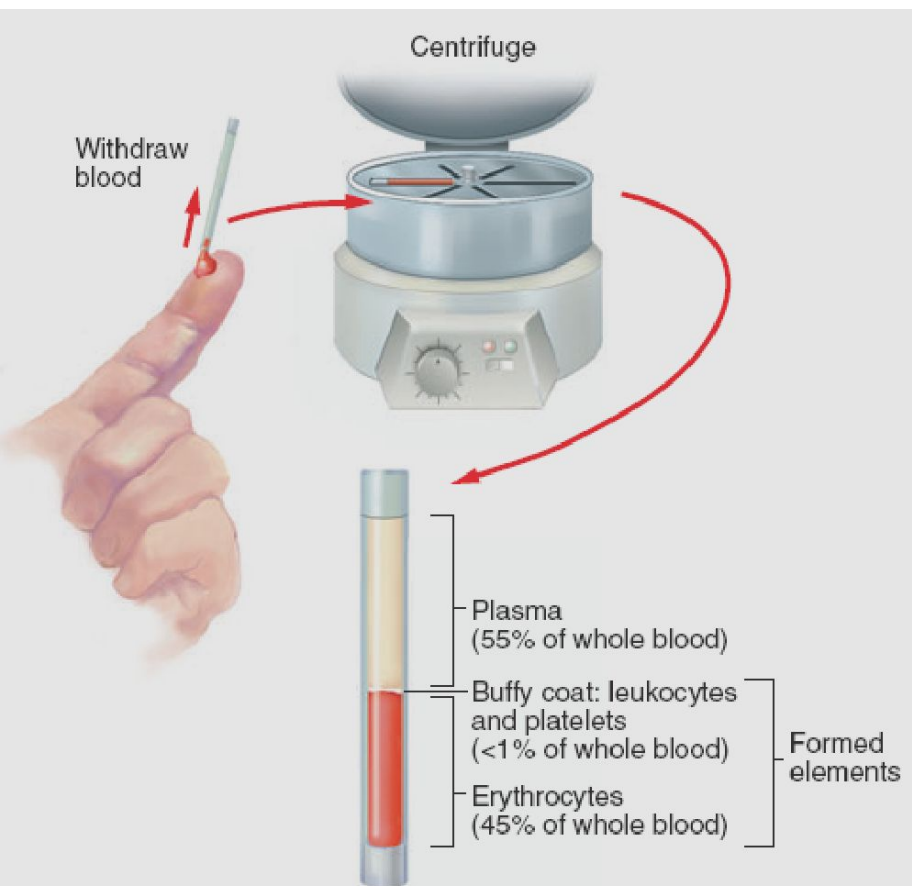
- Дыхания
- Питания и метаболизма
- Экскреции
- Иммунологической реактивности

Поддержания

- кислотно-основного состояния
- водно-солевого баланса
- температурного гомеостаза
- механизмов гуморальной регуляции

- 3,5 - 4 л – в сосудистом русле и полостях сердца
 - **ОЦК** — объём циркулирующей крови
- 1,5–2 л депонировано в сосудах органов брюшной полости, лёгких, подкожной клетчатки и других тканей
 - **депонированная фракция**
- **Объём плазмы** $\approx 55\%$ общего объёма крови.
- **Клеточные элементы** $\approx 45\%$ (36–48) от общего объёма крови.
- **Гематокрит** (Ht, или гематокритное число) — отношение объёма клеточных элементов крови к объёму плазмы
 - у м. Ht = 45–52 % (0,45-0,52), у ж. — 37–48 % (0,37-0,48).

Гематокрит. Порцию крови центрифугируют для разделения форменных элементов и плазмы. Измеряют процент объема Э. В данном примере гематокрит равен 45%.



Возраст, пол		Показатель гематокрита, %
< 2 недель		41 - 65
2 - 4,3 недели		33 - 55
4,3 - 8,6 недель		28 - 42
8, 6 недель - 4 мес		32 - 44
4 - 6 мес		31 - 41
6 - 9 мес		32 - 40
9 - 12 мес		33 - 41
1 - 3 года		32 - 40
3 - 6 лет		32 - 42
6 - 9 лет		33 - 41
9 - 12 лет		34 - 43
12 - 15 лет	Женщины	34 - 44
	Мужчины	35 - 45
15 - 18 лет	Женщины	34 - 44
	Мужчины	37 - 48
18 - 45 лет	Женщины	35 - 45
	Мужчины	39 - 49
45 - 65 лет	Женщины	35 - 47
	Мужчины	39 - 50
> 65 лет	Женщины	35 - 47
	Мужчины	37 - 51

Повышение гематокрита

- 1) при увеличении объема эритроцитарной массы
 - при первичном эритроцитозе (эритремии)
 - при стимуляции эритропоэза
- 2) при уменьшении жидкой части крови
 - при обезвоживании (депривация жидкости, диаррея, неукротимая рвота, интенсивное потоотделение и т.п.)

Понижение гематокрита

- при анемиях, связанных с уменьшением количества эритроцитов, т.е. в результате
 - кровотечений, гемолиза Э., угнетения эритропоэза,
- при состояниях приводящим к увеличению объема плазмы:
 - при беременности,
 - употреблении чрезмерного количества соли,
 - гиперальбуминемии (увел. Ронк.)

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ



Важны для оценки

- движения крови в сосудах*
- суспензионной стабильности эритроцитов.

Вязкость - свойство жидкости, влияющее на скорость её движения, обусловленное силами внутреннего трения

- на 99% зависит от содержания Э.

*Закон Пуазейля – $R=(8L\eta)/(\pi r^4)$

Увеличение гематокрита (а, значит и вязкости) - увеличение нагрузки на сердце: важно в клинике!!!.

вискозиметрия

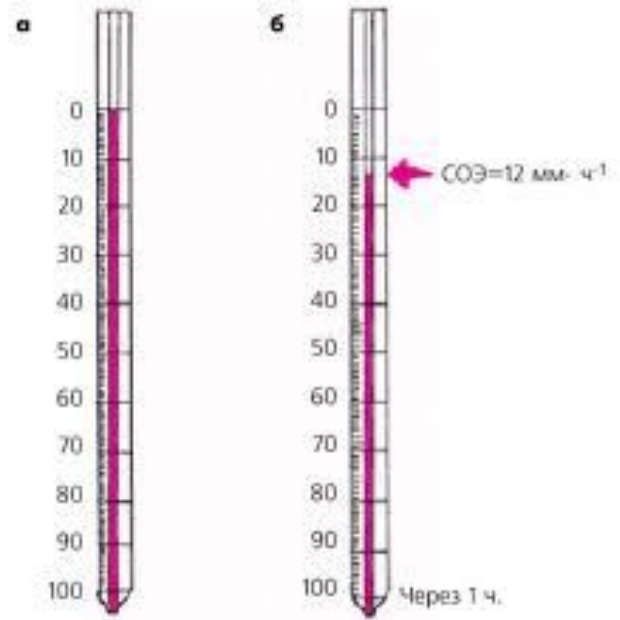
Суспензионная стабильность эритроцитов (СОЭ)

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) - мера оценки суспензионной устойчивости эритроцитов

В основе – седиментация (оседание) Э. в пробирке с цитратной кровью

Степень седиментации – результат баланса ряда факторов

- **проседиментационных** (белки, преимущественно фибриноген)
- **антиседиментационных** - отрицательный заряд мембраны Э. (дзета-потенциал)
 - его уменьшение → агрегация Э. - их оседание.



- Измерение СОЭ - в капиллярных пипетках :
- 1 час - отстаивание,
 - высота столбика плазмы над Э. в мм - СОЭ
 - норма 2–15 мм/ч, (муж. 1 - 10 мм/ч, жен. 2 - 15 мм/ч)

Причины повышения СОЭ:

- воспаление,
- беременность,
- опухолевые заболевания,
- гипоальбуминемия,
- гиперглобулинемия и гиперфибриногенемии.

Причины снижения СОЭ

- полицитемия,
- гиперальбуминемия,
- увеличение вязкости крови,
- изменение формы эритроцитов (серповидно-клеточная анемия).

Плазма - жидкость бледно янтарного цвета, содержащая белки, углеводы, липиды, липопротеиды, электролиты, гормоны и др.

- **Объём плазмы**
 - около 5% массы тела
 - 7,5% всей воды организма.
- **Плазма крови состоит из**
 - воды (90%) и
 - растворённых в ней веществ (10%)
- **Химический состав плазмы**
 - сходен с интерстициальной жидкостью
 - преобладающий катион — Na^+ , преобладающие анионы — Cl^- , HCO_3^- ,
 - концентрация белка в плазме выше (70 г/л), чем в интерстиции.

Состав плазмы крови

Вода	92% от массы тела
Общий белок	65–85 г/л
Альбумины 55 – 65%	32–5.5 г/л
Глобулины 33 – 43%	23–35 г/л
фибриноген 2 – 4%	2–3 г/л

Нутриенты

Глюкоза	3.3–5.5 ммол/л
Аминокислоты	33–51 мг/дл
Молочная кислота	6–16 мг/дл
Общие липиды	450–850 мг/дл
• Холестерол	120–220 мг/дл
• Жирные кислоты	190–420 мг/дл
• ЛПВП	30–80 мг/дл
• ЛПНП	62–185 мг/дл
• нейтральные жиры (ТГ)	40–150 мг/дл
• Фосфолипиды	6–12 мг/дл

2. Электролитный состав плазмы крови, осмотическое давление крови.

Состав плазмы. Некоторые биохимические показатели

Железо 50–150 мкг/дл

Микроэлементы следы

Витамины следы

Электролиты

(Na⁺) 135–145 мэкв/л

(Ca²⁺) 9.2–10.4 мэкв/л

(K⁺) 3.5–5.0 мэкв/л

(Mg²⁺) 1.3–2.1 мэкв/л

(Cl⁻) 100–106 мэкв/л

бикарбонаты (HCO₃⁻) 23.1–26.7 мэкв/л

фосфаты (HPO₄⁻) 1.4–2.7 мэкв/л

сульфаты (SO₄) 0.6–1.2 мэкв/л

Осмотическое давление

- избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от растворителя (воды) полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (*in vivo* - сосудистая стенка),
- в норме 7,5 атм

Онкотическое давление (коллоидно-осмотическое давление - КОД)

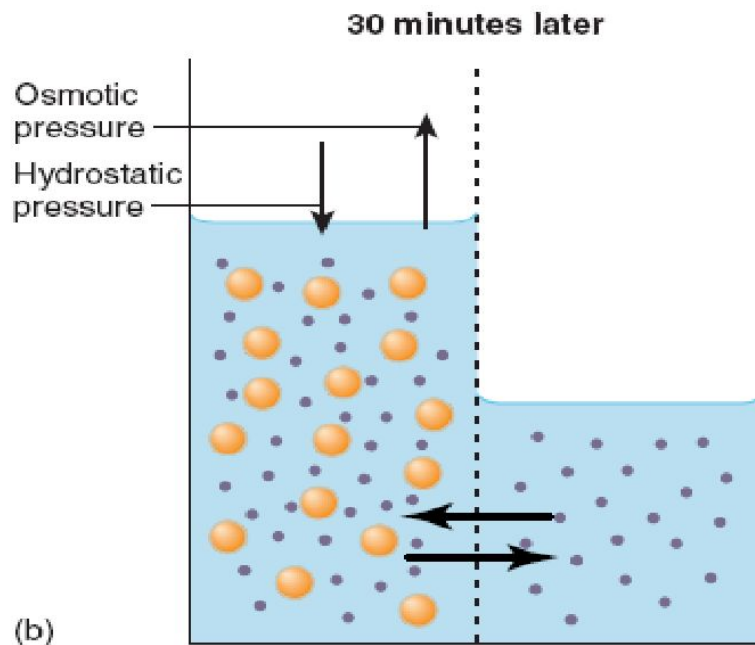
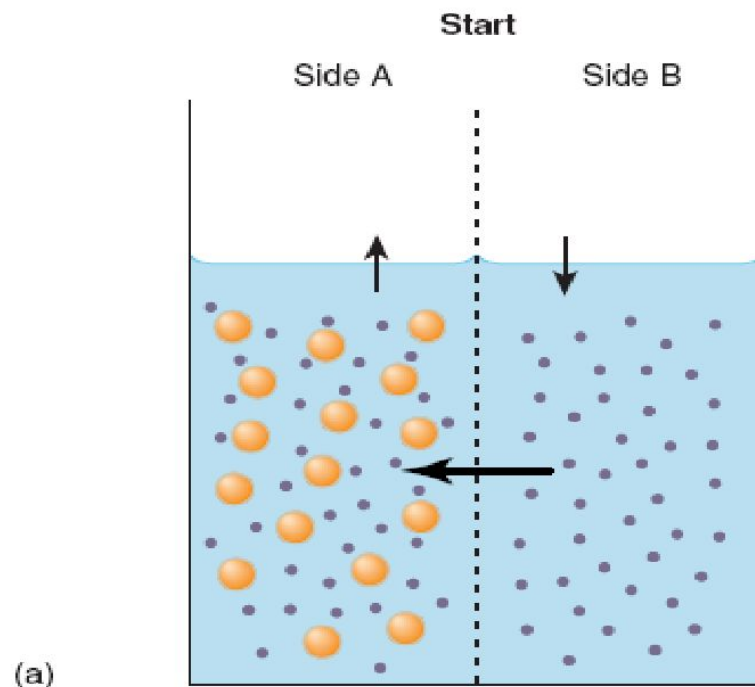
- за счёт удержания воды в сосудах **белками** плазмы,
- при нормальном содержании белка в плазме (70 г/л)
 - КОД плазмы - 25 мм рт. ст.,
 - КОД межклеточной жидкости ниже - 5 мм рт.ст..

Осмоз – диффузия воды

через мембрану из менее концентрированного раствора в сторону более концентрированного.

Клетки обмениваются водой путем осмоса.

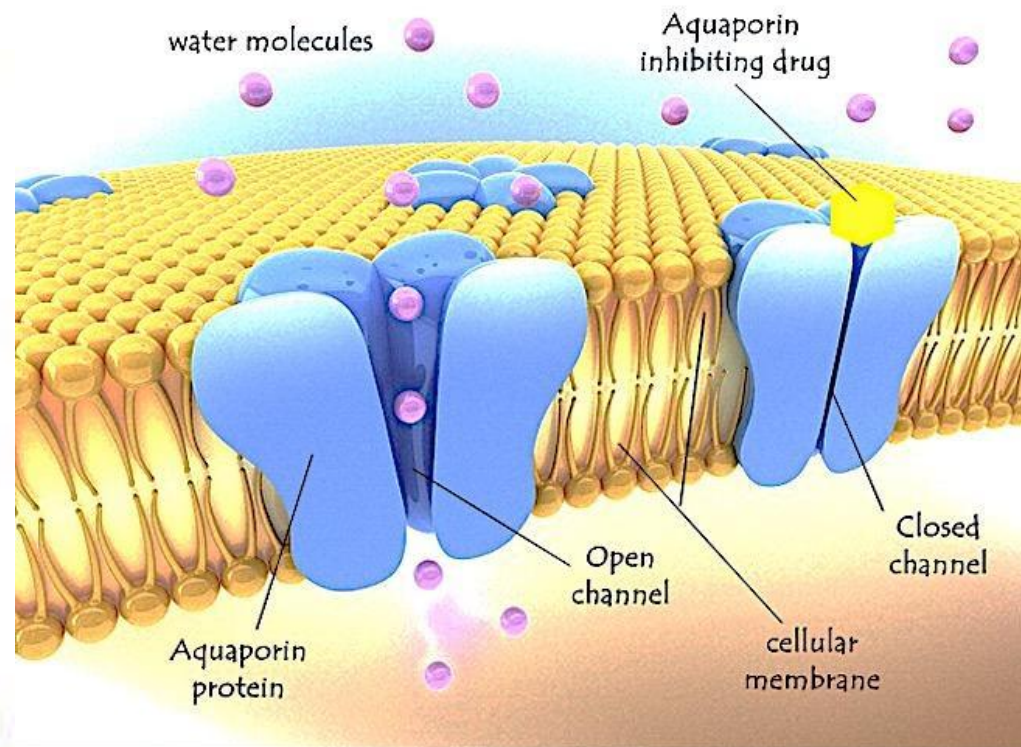
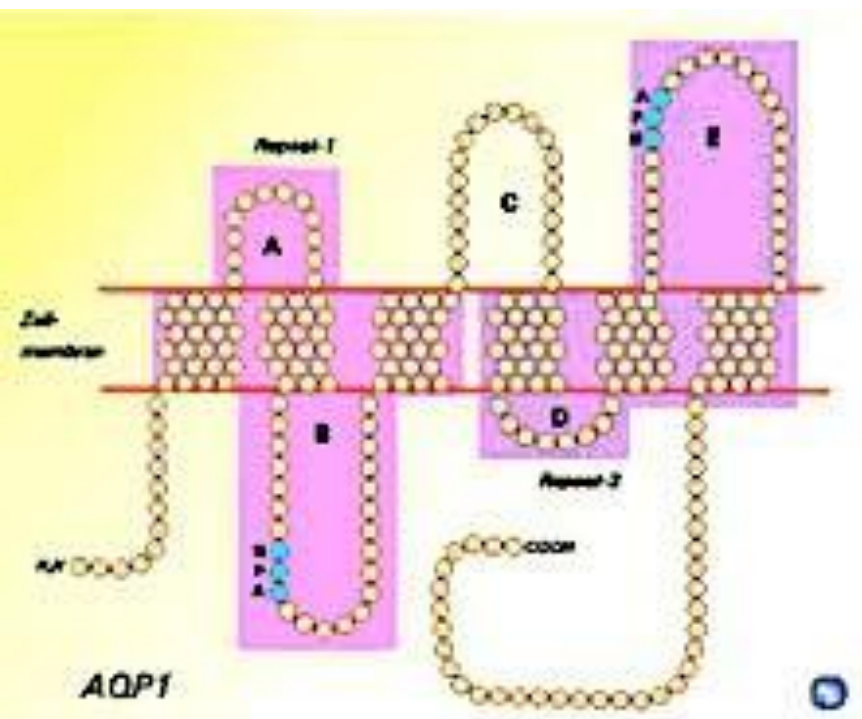
Вода движется через мембрану клетки по белковым каналам – **аквапоринам**, количество которых может меняться.



Аквапорины — интегральные мембранные белки, формирующие поры в мембранах клеток.

Семейство аквапоринов входит в более крупное семейство основных внутренних белков (англ. *major intrinsic proteins*, *MIP*).

Питер Эгри и Родрик Маккиннон - за открытие аквапоринов получил в 2003 году Нобелевскую премию по химии.



Аквапорины («водные каналы»)

- избирательно пропускают молекулы воды через мембрану,
- непроницаемы для заряженных частиц
 - позволяет сохранять электрохимический мембранный потенциал,
- есть в мембранах множества клеток человека, а также бактерий и других организмов,
- У млекопитающих описано 13 типов аквапоринов, из них 6 обнаруживаются в почках.

Факторы, определяющие осмотическое давление плазмы:

- **ОСМОЛИТЫ** (осмотически активные вещества)
 - электролиты **низкомолекулярных** соединений (неорганические соли, ионы),
 - **высокомолекулярные вещества** (коллоидные соединения, преимущественно белки – **онкотическое** давление)

Закон изоосмии

- Рост одинаково во всех компартаментах тела (сосуды, клетки, плевральная полость, перикардальная полость и пр.)

Значение закона изоосмии в медицине

- **изотоничность** растворов плазме крови
 - гипо-, гипертонические растворы
 - развитие отёков.

Инфузионные растворы и отёки

- растворы для внутривенного введения должны быть **изоосмотическими (изотоническими) плазме**,
 - **гипертонический раствор** - выход воды из клеток (**плазмолиз**),
 - **гипотонический раствор** приводит к поступлению воды в клетки (**клеточный отёк**) – разрушение клеток – **цитолиз (гемолиз эритроцитов)**,

Осмотический отёк (накопление жидкости в межклеточном пространстве) - ↑ осм. давл. тканевой жидкости (напр., при накоплении продуктов тканевого обмена, нарушении выведения солей)

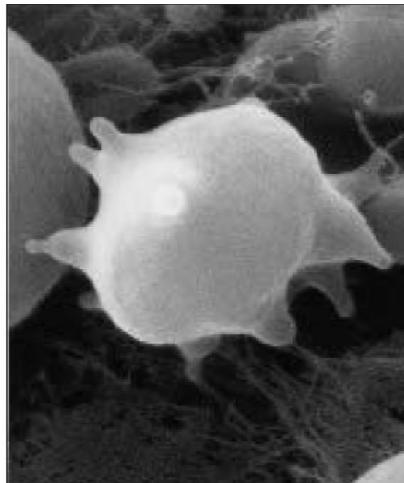
Онкотический отёк (коллоидно-осмотический отёк) - ↑ воды в интерстициальной жидкости из-за ↓ онк. давл. крови при гипопроотеинемии (альбумины - до 80% онк. давл. плазмы).

Эффект тоничности на эритроцитах

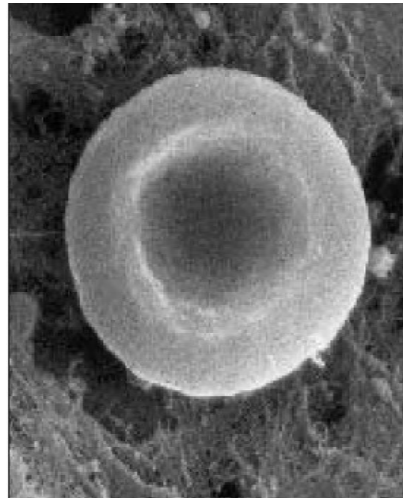
(a) в гипертоничном растворе (2% NaCl)

(b) в изотоничном (0.9% NaCl)

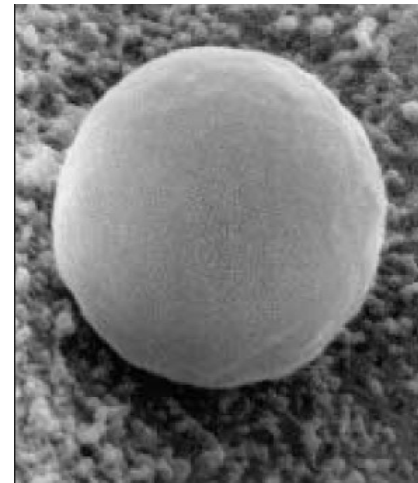
(c) в гипотоничном растворе



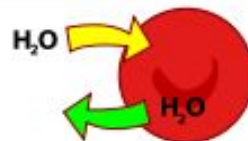
Hypertonic



Isotonic



Hypotonic



Клинически значимые параметры:

- **Эффективное гидростатическое давление (ЭГД)** - разница между гидростатическим давлением межклеточной жидкости (7 мм рт.ст.) и гидростатическим давлением крови в микрососудах
 - в норме ЭГД в артериальной части микрососудов 36-38 мм рт.ст., а в венозной 14-16 мм рт.ст.
- **Центральное венозное давление (ЦВД)** - давление крови внутри венозной системы (в верхней и нижней полых венах)
 - в норме 4 - 10 см вод. ст.
 - ЦВД
 - снижается при ↓ ОЦК и
 - повышается при сердечной недостаточности и застое в системе кровообращения.

3. Белки плазмы крови, их характеристика и функциональное значение, онкотическое давление крови и его роль.

БЕЛКИ

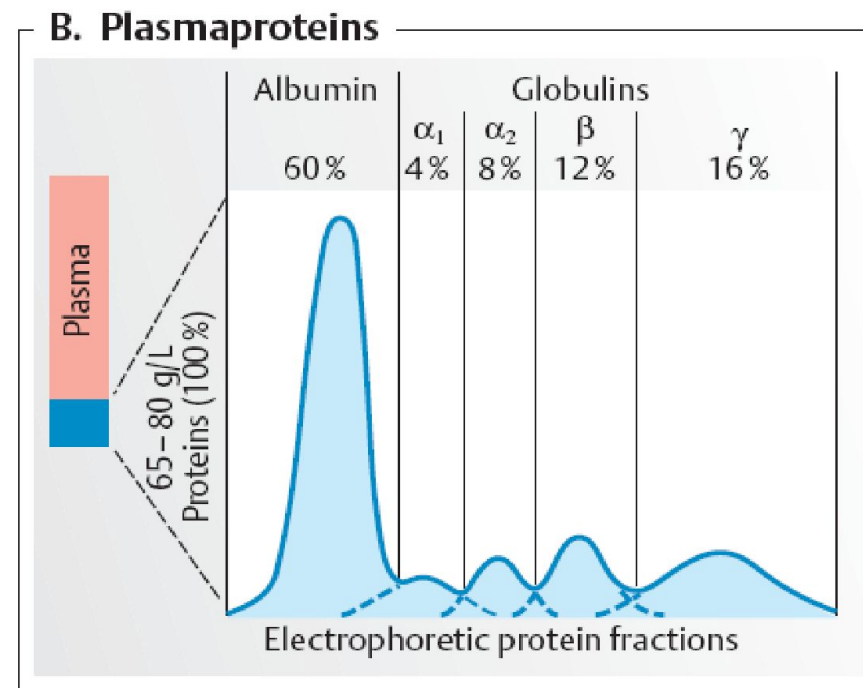
В плазме содержится несколько сотен различных белков.

Их источники:

- печень,
- циркулирующие в крови клеточные элементы,
- внесосудистые источники.

Классификации:

- по физико-химической характеристике (по их подвижности в электрическом поле):
 - 5 фракций (альбумины, α_1 , α_2 , β и γ -глобулины)
- в соответствии с выполняемыми функциями: 3 группы
 - факторы свертывания крови
 - иммуноглобулины
 - транспортные



Альбумины (35-50 г/л)

- **преальбумины** - транспортная функция (для тироксина и ретинола),
 - содержание ↓ при патологии печени,
- **альбумины**
 - онкотическое давление в крови,
 - при потере альбуминов - «почечные» отёки,
 - при голодании — «голодные» отёки.
 - транспорт ионов магния, кальция, билирубина, свободных ЖК, стероидных гормонов, лекарственных соединений (антибиотики, барбитураты, сердечные гликозиды),
 - компоненты буферной системы крови,
 - ↓ содержания – при повышении проницаемости сосудов клубочка нефрона (нефротический синдром) и заболеваниях печени.

Глобулины (36%)

альфа глобулины

гаптоглобин

транспорт Hb из разрушенных Э.

церрулоплазмин

транспорт меди

протромбин

свертывание крови

другие

транспорт липидов, витаминов, гормонов

бета глобулины

трансферин

транспорт железа

белки комплемента

помощь в деструкции токсинов

микроорганизмов

другие

транспорт липидов

гамма глобулины

антитела (борьба с патогенами)

Фибриноген (4%)

фибрин, главный компонент гемостаза

Функциональная классификация:

1. Белки системы свёртывания крови:

- **коагулянты** (плазменные факторы свёртывания) участвуют в формировании тромба (например, фибриноген).
- **антикоагулянты** — компоненты фибринолитической системы (препятствуют свёртыванию).

2. Белки, участвующие в иммунных реакциях:

- **белки комплемента (C1–C9)** участвуют в неспецифической защите клеток хозяина и инициируют реакции воспаления
- **иммуноглобулины** - белки, которые синтезируются под влиянием антигена и специфически с ним реагируют.

3. Транспортные белки:

1. перенос гормонов, липидов и др.

ЛИПОПРОТЕИДЫ

В плазме крови холестерин и триглицериды формируют комплексы с белками - **липопротеиды (ЛП)**.

ЛПВП — наименьшие по размеру (5–12 нм) ЛП — легко проникают в стенку артерий и также легко её покидают, т.е. ЛПВП **не атерогенны**.

ЛПНП (18–25 нм) - проникают в стенку артерий, после окисления - задерживаются в стенке артерий., т.е. **атерогенны**.

Крупные по размеру ЛП — хиломикроны (75–1200 нм) слишком велики для того, чтобы проникнуть в артерии и **не расцениваются как атерогенные**.

4. Кислотно-основное состояние, параметры, буферные системы крови, механизмы компенсации

Кисотно-основное состояние

- относительное постоянство соотношения кислота-основание во внутренних средах организма,
- составная часть гомеостаза, обозначаемая как **кислотно-основное состояние (КОС)**

В организме образуется в 20 раз больше кислых продуктов, поэтому ключевое значение - $[H^+]$

- влияет практически на все жизненно важные функции (ферменты!!!)

КОС оценивают по величине pH

- В норме рН крови - (7,38-7,44) - слабоосновная реакция
- рН зависит от образования в процессе обмена веществ «кислых» продуктов метаболизма
 - ↓ рН < 7,35 – **ацидоз (ацидемия)**,
 - ↑рН > 7.45 – **алкалоз (алкалемия)**
 - **рН 7,35 - 7,20** требует экстренного выяснения причин, вызвавших ацидоз (нарушения гемодинамики, дыхания, метаболизма) и их коррекции,
 - **рН ≤7,20** – **немедленное (!)** введение экзогенного натрия бикарбоната,
 - **рН = 6,95** – потеря сознания, вплоть до летального исхода
 - **рН - 7,7** – тяжелейшие судороги (тетания), что также может привести к смерти.

Механизмы регуляции КОС в организме включают

- **физико-химические механизмы (быстрые)**

- посредством буферных систем

- бикарбонатная,
- фосфатная,
- белковая
- гемоглобиновая.

! Буферные системы - система быстрой компенсации сдвигов рН (10-40 с)

- **физиологические механизмы (медленные)**

- почечный (закисление/защелачивание мочи)

- Дыхательный (гипер-/гиповентиляция – выведение CO_2 и H_2O)

Таким образом, **повышение уровня H^+ в организме** компенсируется тремя факторами:

- буферизация,
- гипервентиляция (выведение CO_2 и H^+)
- повышение реабсорбции и образования HCO_3^- и NH_4^+ в почках.

Снижение уровня H^+ и повышение анионов –

- буферизация,
- гиповентиляция (задержка CO_2 и H^+)
- снижение реабсорбции HCO_3^-