

# Биохимия крови

# Функции крови

1. Дыхательная
2. Питательная
3. Выделительная
4. Защитная
5. Регуляторная
6. Транспортная

Ê ðî âü

Ï ëàçì à  
(50 - 60%)

Ôî ðì áí í û ã ýëàì áí òû  
(40 - 50%):

Ñû âî ðî òêà êðî àè

Ô è á ð è í î ã á í

- 1) ýðèòðî öèòû (39 - 44%)
- 2) ëãééî öèòû (1%)
- 3) òðî ì áî öèòû (0,1%)

Ô è á ð è í



# РОЭ (СОЭ) мм/час

- Лошади – 64
- Овцы – 0,8
- Коровы – 0,58
- Свиньи – 30
- Кролики – 1,5
- Собаки – 2,5

# Физико-химические показатели крови

- Плотность: 1,050 – 1,060.
- Вязкость: в 4,5 – 6 раз больше, чем воды.
- Осмотическое давление – 7,6 атм.
- Онкотическое давление – 0,02 атм.

# Осмотическое давление крови разных животных

Депрессия (С°)

Лошадь	0,558	Собака	0,597
Корова	0,611	Кошка	0,633
Овца	0,618	Кролик	0,595
Свинья	0,618	Курица	0,638

И осмотическое давление крови разных видов животных (МПа):

Лошадь	0,697	Собака	0,740
Корова	0,759	Кошка	0,789
Овца	0,768	Кролик	0,740
Свинья	0,768	Курица	0,793



# Капиллярная система

- Наиболее полно обмен веществ между кровью и тканями протекает в капиллярной системе. Это обеспечивается большим числом капилляров в тканях и обширной их поверхностью. Общая протяженность капиллярной системы у крупных животных составляет около 100 000 км. На 1 мм<sup>2</sup> поперечного сечения икроножной мышцы у лошади приходится 1350 капилляров, собаки — около 2600, мыши — 4000, лягушки — 400 капилляров.

# Вязкость крови

Вид животного	Вязкость крови	Вязкость сыворотки крови
Лошади	5-6	2,00
Коровы	5-6	1,90
Овцы	–	1,70
Козы	–	1,75
Свиньи	6	1,70
Собаки	4,7-5,5	1,75
Куры	–	1,60

# Зависимость вязкости от количества эритроцитов

Количество эритроцитов в 1 мм <sup>3</sup> крови	Относительная вязкость крови
4 700 000	6,5
6 700 000	8,1
8 400 000	17,2
9 400 000	21,0

# Кислотность крови

- Все процессы в организме животных могут происходить при строго определенных концентрациях водородных ионов. Даже незначительное смещение реакции внутренней среды в кислую или щелочную сторону вызывает изменение активности ферментов и в связи с этим нарушение закономерного течения биохимических процессов. Смещение рН крови на 0,5 единицы приводят к агонии. Принятые допустимые колебания рН крови не выше 0,05 – 0,07 единицы.

# Кислотность крови разных животных

Вид животных	pH	Вид животных	pH
Лошадь	7,20-7,60	Свинья	7,85-7,95
Корова	7,36-7,50	Кролик	7,33-7,40
Овца	7,40-7,58	Собака	7,30-7,46
Коза	7,40-7,65	Птица	7,20-7,50

# АЦИДОЗ

- Понижение щелочного резерва крови называют *ацидозом*, что наблюдается при кетозах, сердечной недостаточности, патологических изменениях в легочных альвеолах, при рахите и некоторых других болезнях. Ацидоз может быть компенсированным, когда он не сопровождается изменением рН крови и некомпенсированным. При некомпенсированном ацидозе в организме накапливается столько кислот, что они не могут быть нейтрализованы буферными системами крови в результате чего ее рН смещается в кислую сторону.

# Алкалоз

- При противоположном ацидозу состоянии – алкалозе – в крови повышается содержание гидрокарбонатов, избыток которых выделяется с мочой, приобретающих слабощелочной характер. Алкалоз развивается при сильной рвоте, гипервентиляции легких, при отравлении окисью углерода, при некоторых инфекционных заболеваниях сопровождающихся лихорадкой.

# Буферные системы крови

1. Гидрокарбонатная  $\frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{NaHCO}_3}$

2. Фосфатная  $\frac{\text{NaH}_2\text{PO}_4}{\text{Na}_2\text{HPO}_4}$

3. Гемоглобиновая  $\frac{\text{H} - \text{Hb}}{\text{K} - \text{Hb}}$

4. Оксигемоглобиновая  $\frac{\text{H} - \text{HbO}_2}{\text{K} - \text{HbO}_2}$

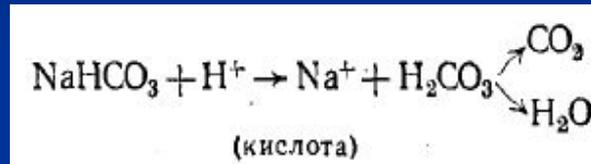
5. Белковая  $\frac{\text{H} - \text{Pr (плазмы)}}{\text{Na} - \text{Pr(плазмы)}}$

6. Органических кислот

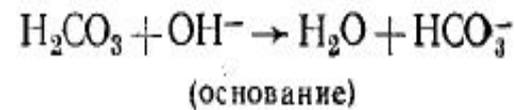
$\frac{\text{орган. кислота}}{\text{Na (K) соль орг. кислоты}}$

# Гидрокарбонатная буферная система

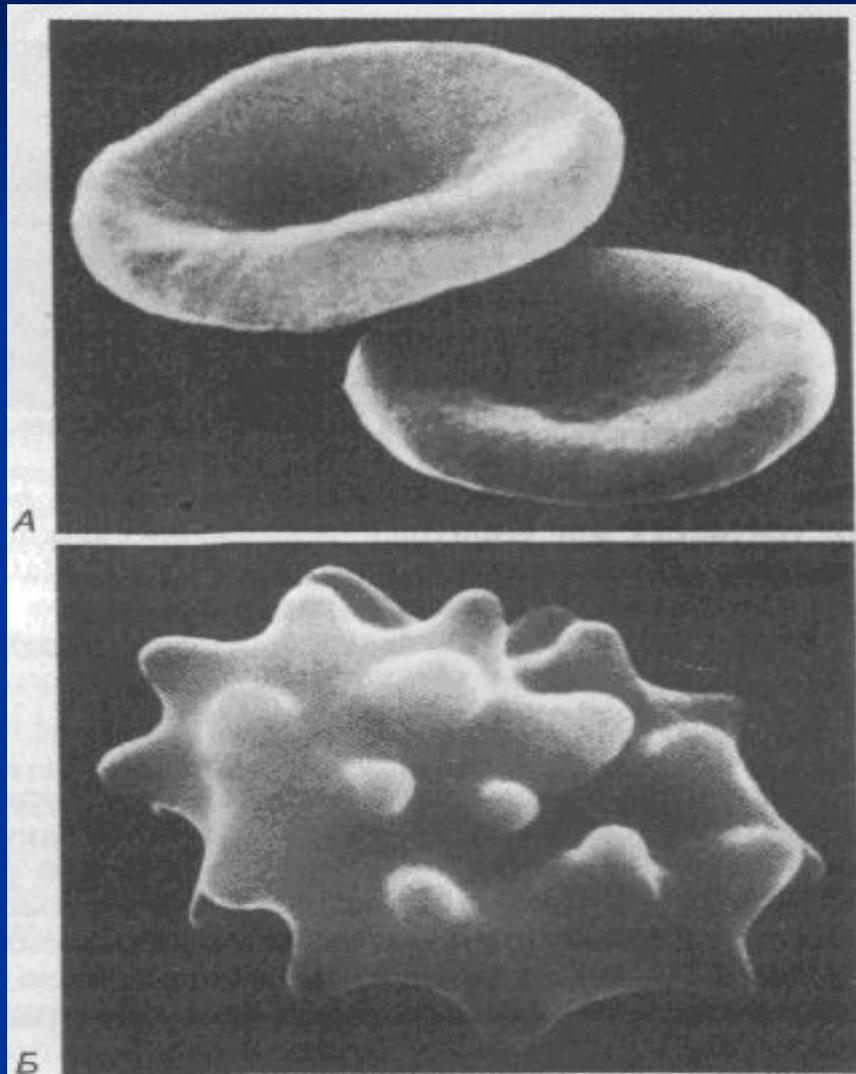
- Гидрокарбонатная буферная система крови состоит из сочетания  $\text{CO}_2$  ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ,  $\text{NaHCO}_3$ .



- Второй компонент гидрокарбонатной буферной системы (угольная кислота) будет нейтрализовать попадающие извне или образующиеся в организме анионы гидроксила:



А. Нормальные эритроциты в форме двояковогнутого диска;  
Б. Сморщенные эритроциты в гипертоническом солевом  
растворе.



# Гемоглобиновая буферная система

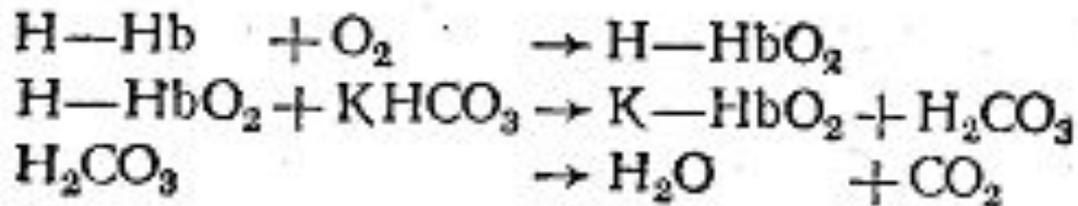
- Гемоглобиновая буферная система — самая мощная буферная система крови. Она в 9 раз мощнее бикарбонатного буфера; на ее долю приходится 75% всей буферной емкости крови.
- Участие гемоглобина в регуляции рН крови связано с его ролью в транспорте кислорода и углекислого газа. Константа диссоциации кислотных групп гемоглобина меняется в зависимости от его насыщения кислородом. При насыщении гемоглобина кислородом он становится более сильной кислотой ( $\text{H}^+\text{HbO}_2$ ). Гемоглобин, отдавая кислород, становится очень слабой органической кислотой ( $\text{H}^+\text{Hb}$ ).

# Буферные свойства гемоглобина

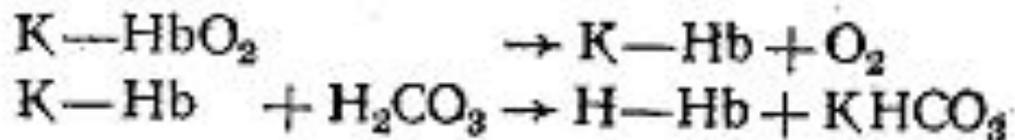
- Буферные свойства гемоглобина прежде всего обусловлены возможностью взаимодействия кислореагирующих соединений с калиевой солью гемоглобина с образованием эквивалентного количества соответствующей калийной соли кислоты и свободного гемоглобина:
- $\text{KNb} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KHCb} + \text{HNb}$
- Именно таким образом превращение калийной соли гемоглобина эритроцитов в свободный  $\text{HNb}$  с образованием эквивалентного количества бикарбоната обеспечивает поддержание рН крови в пределах физиологически допустимых величин, несмотря на поступление в венозную кровь огромного количества углекислого газа и других кислореагирующих продуктов обмена.

# Гемоглобиновый буфер

Капилляры альвеол



Капилляры тканей



# Белковая буферная система

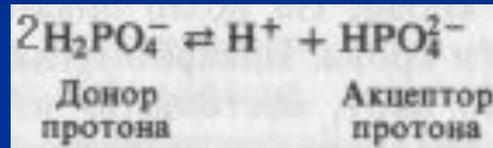
- **Белковая буферная система** имеет меньшее значение для поддержания кислотно-основного равновесия в плазме крови, чем другие буферные системы.
- Белки образуют буферную систему благодаря наличию кислотно-основных групп в молекуле белков: белок —  $\text{H}^+$  (кислота, донор протонов) и белок— (сопряженное основание, акцептор протонов). Белковая буферная система плазмы крови эффективна в области рН 7,2 — 7,4.

# Буферное действие белков

- Буферное действие белков плазмы невелико (10% буферной емкости крови), тогда как гемоглобин эритроцитов – важнейшая буферная система крови, составляющая около 70 % буферной емкости последней.

# Фосфатная буферная система

- Фосфатная буферная система представляет собой сопряженную кислотно-основную пару, состоящую из иона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (донор протонов) и иона  $\text{HPO}_4^{2-}$  (акцептор протонов).



- Роль кислоты в этой системе выполняет однозамещенный фосфат —  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , а роль соли — двузамещенный фосфат —  $\text{NaHPO}_4$ .
- Фосфатная буферная система составляет всего лишь 1 % буферной емкости крови. Однако в тканях эта система является одной из основных.

# Белковый состав плазмы

- Белки неоднородные по своему составу, физико-химическим и биологическим свойствам. Методом электрофореза на бумаге или агар-агаре их можно разделить на 4 основные фракции: альбумины,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулины. При электрофорезе на полиакриламидном геле каждая из фракций может быть разделена на ряд подфракций, количество которых достигает 30 и больше. По данным некоторых авторов в сыворотке содержится около 80 индивидуальных белков.

# Содержание белков в плазме крови ЖИВОТНЫХ

Вид животных	Содержание белков, %	Вид животных	Содержание белков, %
Лягушки	2,54	Верблюды	7,40
Куры	5,20	Коровы	7,50
Голуби	5,80	Козы	7,70
Собаки	6,50	Лошади	7,80
Кролики	7,10	Свиньи (самки)	7,40
Овцы	7,30	Свиньи (самцы)	7,80

# Электрофореграмма сыворотки крови человека.

## А. Схема прибора для электрофореза на бумаге б.

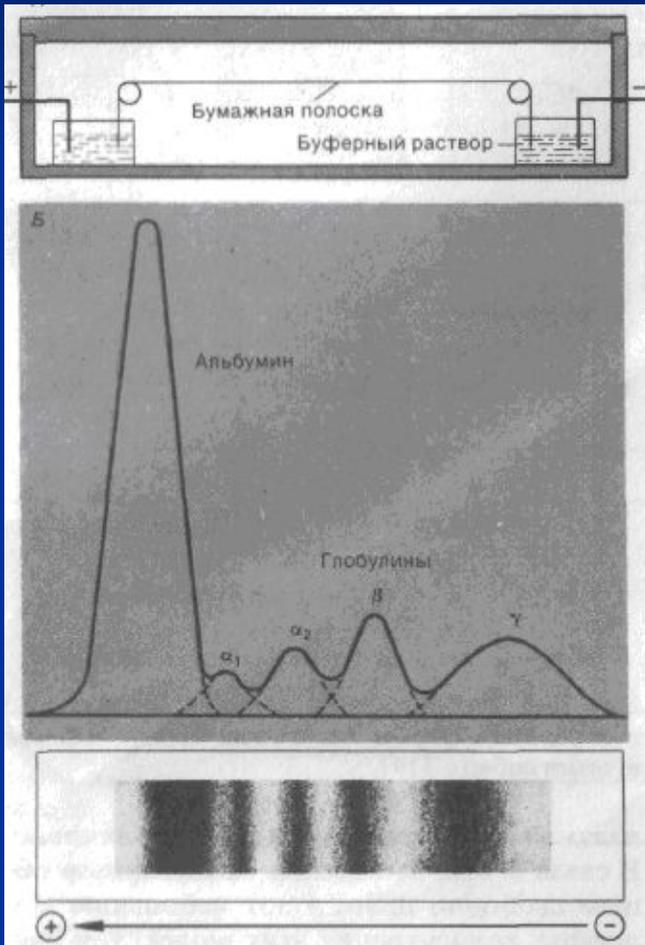


Схема прибора для электрофореза на бумаге. Б. Окрашенные полосы на бумажной ленте и соответствующие им зубцы на фотометрической кривой, отражающие процентное содержание различных белковых фракций: альбумин – 59,2%;  $\alpha_1$ -глобулин – 3,9%;  $\alpha_2$ -глобулин – 7,5%;  $\beta$ -глобулин – 12,1%;  $\gamma$ -глобулин – 17,3%.

# Электрофорез белков сыворотки

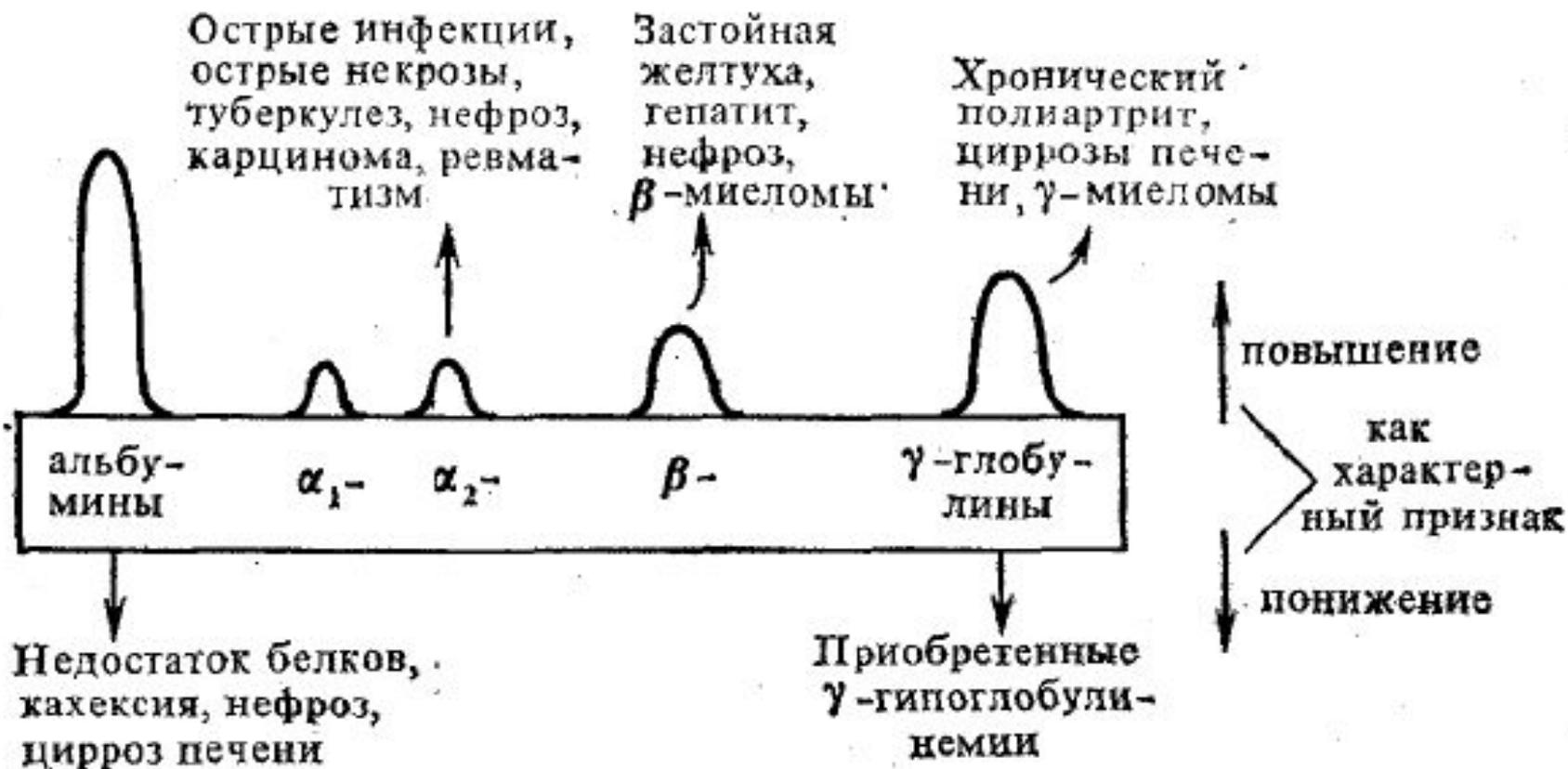


Рис. 39. Изменения электрофореграммы белков сыворотки крови при некоторых заболеваниях

# Белковые фракции плазмы крови человека

Белковая фракция		Средняя концентрация		Мол. вес · 1000	Изоэлектрическая точка	Физиологическое значение
Электрофоретическая	Имуноэлектрофоретическая	мг/дл	мкмоль/л			
Альбумин	Преальбумин	30	4,9	61	4,7	Частичное связывание тироксина; онкотическое давление; транспортная функция; белковый резерв
	Альбумин	4000	579,0	69	4,9	
$\alpha_1$ -Глобулины	Кислый $\alpha_1$ -гликопротеин	80	18,2	44	2,7	Продукт распада тканей
	$\alpha_1$ -Липопротеин	350	17,5	200	5,1	Транспорт липидов (в частности, фосфолипидов)
$\alpha_2$ -Глобулины	Церулоплазмин	30	1,9	160	4,4	Обладает оксидазной активностью
	$\alpha_2$ -Макроглобулин	250	3,1	820	5,4	Ингибирует плазмин и протеиназы
	$\alpha_2$ -Гаптоглобулин	100	11,8	85	4,1	Связывает гемоглобин и препятствует его выведению с мочой
$\beta$ -Глобулины	Трансферрин	300	33,3	90	5,8	Транспорт железа
	$\beta$ -Липопротеин	550	0,3–1,8	3000–20 000	–	Транспорт липидов (в частности, холестерина)
	Фибриноген	400	11,8	340	5,8	Свертывание крови
$\gamma$ -Глобулины	$\gamma$ -Глобулины	1200	76,9	156	5,8	Имуноглобулины: антитела против бактериальных антигенов и инородных белков. «Естественные антитела» (например, изогемагглютинины)
	$\gamma$ A-Глобулин	240	16,0	150	7,3	
	$\gamma$ M-Глобулин	125	1,3	960		
	$\gamma$ E-Глобулин	0,03	0,002	190		Антитела

# Роль белков крови

1. Создают онкотическое давление.
2. Участвуют в свертывании крови.
3. Создают определенную вязкость крови, ответственны за гемодинамику.
4. Поддерживают постоянство рН (буферность).
5. Транспортная функция.
6. Защитная функция (иммуноглобулины).
7. Это резерв аминокислот в организме.

# Специальные белки плазмы.

## Гаптоглобин.

- *Гаптоглобин* входит в состав  $\alpha_2$ -глобулиновой фракции. Этот белок обладает способностью соединяться с гемоглобином. Образовавшийся гаптоглобин-гемоглобиновый комплекс может поглощаться системой макрофагов, тем самым предупреждается потеря железа, входящего в состав гемоглобина как при физиологическом, так и при патологическом его освобождении из эритроцитов. Методом электрофореза выявлены три группы гаптоглобинов, которые были обозначены как Нр 1 — 1, Нр 2 — 1 и Нр 2 — 2. Установлено, что имеется связь между наследованием типов гаптоглобинов и резус-антителами.

# Ингибиторы трипсина

- *Ингибиторы трипсина* обнаруживаются при электрофорезе белков плазмы крови в зоне  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ -глобулинов; они способны ингибировать трипсин и другие протеолитические ферменты. В норме содержание этих белков составляет 2,0—2,5 г/л, но при воспалительных процессах в организме, при беременности и ряде других состояний содержание белков — ингибиторов протеолитических ферментов — увеличивается.

# Трансферрин

- *Трансферрин* относится к  $\beta$ -глобулинам и обладает способностью соединяться с железом. Его комплекс с железом окрашен в оранжевый цвет. В железотрансферриновом комплексе железо находится в трехвалентной форме. Концентрация трансферрина в сыворотке крови составляет около 2,9 г/л. В норме только 1/3 трансферрина насыщена железом. Следовательно, имеется определенный резерв трансферрина, способного связать железо. Трансферрин у различных людей может принадлежать к разным типам. Выявлено 19 типов трансферрина, различающихся по величине заряда белковой молекулы, её аминокислотному составу и числу молекул сиаловых кислот, связанных с белком. Обнаружение разных типов трансферринов связывают с наследственными особенностями.

# Церулоплазмин

- *Церулоплазмин* имеет голубоватый цвет, обусловленный наличием в его составе 0,32% меди. Обладает слабой каталитической активностью, окисляя аскорбиновую кислоту, адреналин, диоксифенилаланин и некоторые другие соединения. При гепатоцеребральной дистрофии (болезнь Вильсона-Коновалова) содержание церулоплазмина в плазме крови (в норме 0,15-0,5 г/л) значительно снижается что является важным диагностическим тестом.

# С-реактивный белок

- *С-реактивный белок* получил свое название в результате способности вступать в реакцию преципитации с С-полисахаридом пневмококков. С-реактивный белок в сыворотке крови здорового организма отсутствует, но обнаруживается при многих патологических состояниях, сопровождающихся воспалением и некрозом тканей.
- Появляется С-реактивный белок в острый период заболевания, поэтому его иногда называют белком «острой фазы». С переходом в хроническую фазу заболевания С-реактивный белок исчезает из крови и снова появляется при обострении процесса. При электрофорезе белок перемещается вместе с  $\alpha_2$ -глобулинами.

# Криоглобулин

- *Криоглобулин* в сыворотке крови здоровых людей также отсутствует и появляется в ней при патологических состояниях. Отличительное свойство этого белка - способность выпадать в осадок или желатинизироваться при температуре ниже 37 °С. При электрофорезе криоглобулин чаще всего передвигается совместно с  $\gamma$ -глобулинами. Криоглобулин можно обнаружить в сыворотке крови при миеломе, нефрозе, циррозе печени, ревматизме, лимфосаркоме, лейкозах и других заболеваниях.
- В настоящее время установлено, что один из криоглобулинов идентичен белку фибронектину, связанному с поверхностью фибробластов. Последний был выделен как в мономерной (относительная молекулярная масса 220 000 Да), так и димерной формах. Данный белок широко распространен в соединительной ткани.

# Интерферон

- *Интерферон* — специфический белок, синтезируемый в клетках организма в результате воздействия вирусов. В свою очередь этот белок обладает способностью угнетать размножение вируса в клетках, но не разрушает уже имеющиеся вирусные частицы. Образовавшийся в клетках интерферон легко выходит в кровяное русло и оттуда проникает в ткани и клетки. Интерферон обладает специфичностью, хотя и не абсолютной. Например, интерферон обезьян угнетает размножение вируса в культуре клеток человека. Защитное действие интерферона в значительной степени зависит от соотношения между скоростями распространения вируса и интерферона в крови и тканях.

# Ферменты плазмы

- Ферменты, которые обнаруживаются в норме в плазме или сыворотке крови, условно можно разделить на три группы: секреторные, индикаторные и экскреторные. *Секреторные ферменты*, синтезируясь в печени, в норме выделяются в плазму крови, где играют определенную физиологическую роль. Типичными представителями данной группы являются ферменты, участвующие в процессе свертывания крови, и сывороточная холинэстераза. *Индикаторные* (клеточные) ферменты попадают в кровь из тканей, где они выполняют определенные внутриклеточные функции. Одни из них находятся главным образом в цитоплазме клетки (ЛДГ, альдолаза), другие — в митохондриях (глутаматдегидрогеназа), третьи — в лизосомах ( $\beta$ -глюкуронидаза, кислая фосфатаза) и т.д. Большая часть индикаторных ферментов в сыворотке крови определяется в норме лишь в следовых количествах при поражении тех или иных тканей ферменты из клеток «вымываются» в кровь и их активность в сыворотке резко возрастает, являясь индикатором степени и глубины повреждения этих тканей.

# Ферменты плазмы

- *Экскреторные ферменты* синтезируются главным образом в печени (лецитинаминопептидаза, щелочная фосфатаза и др.). Эти ферменты в физиологических условиях в основном выделяются с жёлчью. Ещё не полностью выяснены механизмы регулирующие поступление данных ферментов в жёлчные капилляры. При многих патологических процессах выделение указанных ферментов с жёлчью нарушается и активность экскреторных ферментов в плазме крови повышается

# Ферменты крови

- **Ферменты крови.** В плазме и сыворотки крови всегда имеется некоторое количество ферментов, причем одни из них являются постоянными, а другие попадают в кровь только при существенных нарушениях в отдельных органах и тканях. К числу первых относятся ферменты, участвующие в *свертывании крови* ( протромбин, проакцелерин, проконвертин и др.), неспецифическая холинэстераза , фосфатаза. Другие ферменты появляются в крови в результате отдельных клеток, повышение проницаемости клеточных мембран, а также ускоренного образования в условиях отсутствия специфических ингибиторов.

# Ферменты крови

- Так, при ряде заболеваний в крови резко повышается активность амилазы (при поражении поджелудочной железы), щелочной фосфатазы (при раке простатической железы), аминотрансферазы, дегидрогеназы, альдолазы (при инфаркте миокарда, заболеваниях печени, Е-авитаминозе), липазы (при панкреатитах, гепатитах, рахите).

# Нарушения содержания белков

- Гипопротеинемия – снижение концентрации белков в крови (при белковом голодании, приеме больших количеств жидкости, нарушении функций печени и почек, а также при неполноценном белковом питании (несбалансированность рациона по аминокислотам), нарушении всасывания аминокислот, повышенном распаде белков (лихорадка, тиреотоксикоз, злокачественные опухоли)).
- Гиперпротеинемия – повышение концентрации белков в крови (при сильных поносах и рвотах).

# Нарушения содержания белков

- Диспротеинемия – нарушение соотношения концентраций отдельных фракций белков крови при неизменной общей концентрации белков (многие воспалительные процессы).
- Парапротеинемия – появление в крови необычных (нетипичных) белковых фракций, которых нет в норме (криоглобулины, С-реактивный белок и др.)

# Содержание азотистых веществ в плазме крови животных, мг %.

Вид животных	Разновидности азотистых веществ					
	общий азот	остаточный азот	мочевина (азот)	мочевая кислота	креатинин	свободные аминокислоты
Лошади	1005	25—35	18—25	0,5—1,0	1,5—2,5	25—29
Крупный рогатый скот	1265	40—60	10—22	0,5—0,9	1,3—1,7	10,5—17,1
Мелкий рогатый скот	900—1050	30—50	18—30	0,4—0,8	1,5—2,0	12—21
Свиньи	1080	33—60	30—60	0,7—4,7	1,0—3,0	23—16
Собаки	1190	35—40	30—35	1,5—2,5	1,0—1,3	28—33
Кролики	1120	25—50	15—30	0,6—1,1	1,0—1,8	—
Куры	700—900	20—55	0,4—1,2	8,0—9,0	0,7—1,2	16—20
Индейки	1090	35—50	3,2—3,9	3,4—5,2	0,9—1,0	18—26

# Мочевина

- Мочевина – главный компонент остаточного азота – составляет 40-50%, а по некоторым другим данным – до 70-80% его количества. При нарушении выделительной функции почек, когда повышается общее содержание остаточного азота, доля мочевины в нём возрастает до 90-95%. Количество мочевины увеличивается при распаде белков тканей (интоксикация, лучевая болезнь, злокачественные образования).

# Мочевая кислота

- Мочевая кислота является главным конечным продуктом белкового обмена у птиц и её содержание в крови у них составляет основную массу остаточного азота (8—9 мг % и больше). У млекопитающих мочевая кислота образуется при обмене пуриновых оснований. Подавляющее её количество превращается в аллантоин, поэтому в крови мочевой кислоты мало (0,5—1,5 мг %). Только в крови плотоядных животных содержание этой кислоты достигает 2,5—4,5 мг %, что объясняется высоким удельным весом в их рационе продуктов животного происхождения, богатых нуклеиновыми кислотами.

# АМИНОКИСЛОТЫ

- Аминокислоты в количественном отношении стоят на втором месте после мочевины среди составных частей остаточного азота. В числе свободных аминокислот преобладают глицин, аланин, аспарагиновая кислота, лейцин, глютаминовая кислота и глютамин.
- У большинства животных общее количество аминокислот не превышает 10-25 мг % и только у свиней их в два раза больше 23-46 мг %.

# Содержание безазотистых веществ

Вид животных	Гликоген	Глюкоза	Пировиноградная кислота	Молочная кислота	Лимонная кислота	Общие липиды	Холестерин	Кетонные тела
Лошади	20-70	80-100	0,5-1,5	8-13	6,0	600-700	160-250	1,0-2,0
Коровы	20-30	60-80	0,7-1,5	7-16,0	4,0	350-950	190-540	3-10
Овцы	15-20	40-60	1,5-2,0	11-14	4,0	650	180-300	2,5-6,5
Свиньи	30-40	80-110	1,0-2,0	40-50	12-16	800	150-180	1,5-2,5
Куры	15-20	180-200	0,8-1,5	15-30	8-10	750	100-160	—
Собаки	30-50	80-120	2,5	9,7	3,3	680	175	—

# Содержание глюкозы

- Содержание углеводов (глюкозы) в крови относительно постоянно для каждого вида животных. Это постоянство поддерживается сложным механизмом нейрогуморальной регуляции, включающими гормоны (инсулин, глюкагон, адреналин, глюкокортикоиды) и центр углеводного обмена в продолговатом мозгу.
- Повышение количества глюкозы в крови, *гипергликемия*, может быть алиментарного происхождения — после разового приема большого количества углеводов, и патологического — заболевание печени, поджелудочной железы, начальные стадий гипертиреоза и др. Гипергликемия сопровождается выделением сахара с мочой (*глюкозурия*).

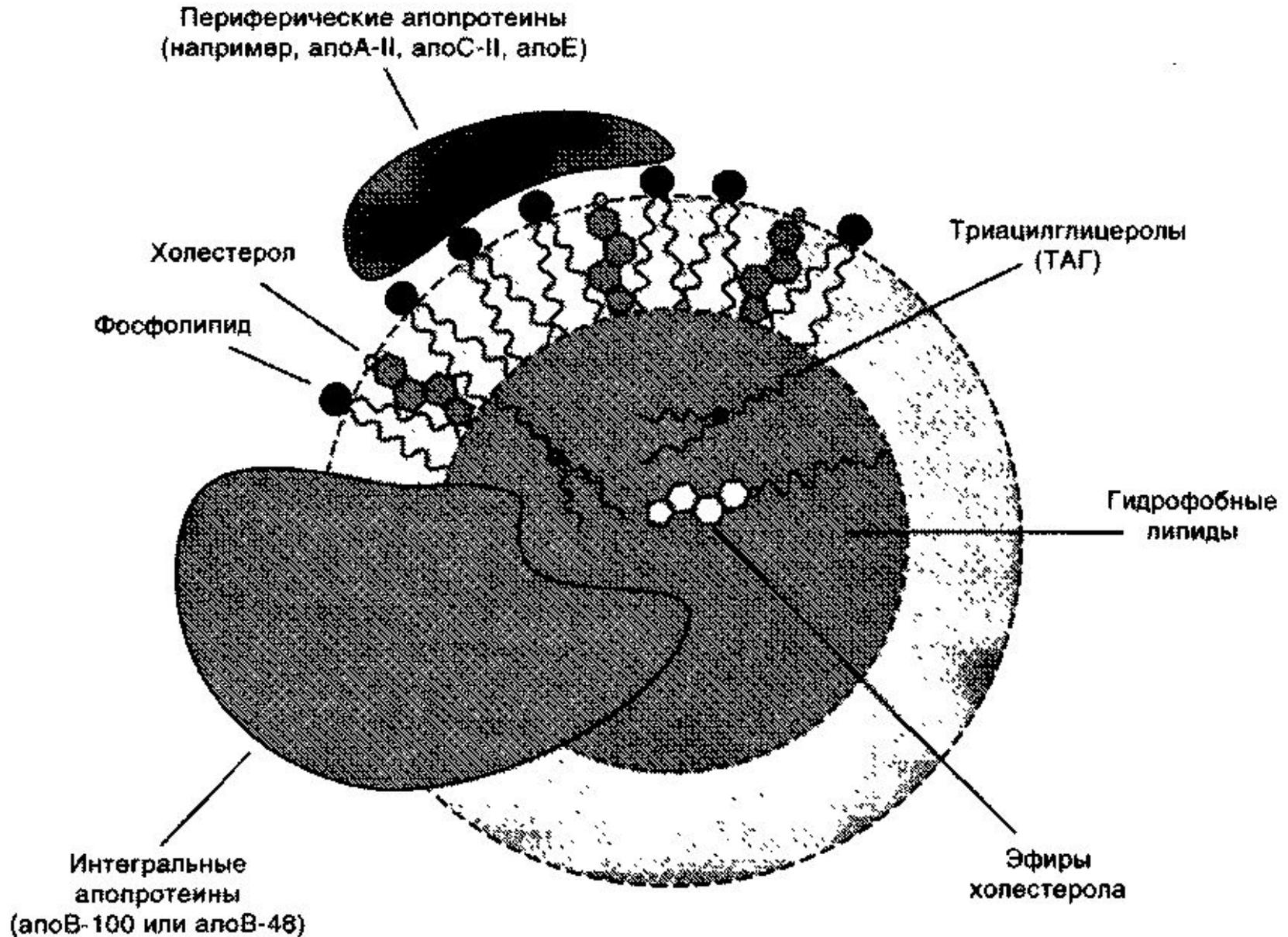
# Содержание лактата и ПВК

- Постоянная составная часть крови — молочная кислота. Ее количество может увеличиваться в несколько раз в сравнении с нормой и достигать 100—150 мг % после тяжелой физической нагрузки, когда в организме окисляется большое количество гликогена.
- В крови постоянно содержится в небольших количествах (0,5—1,6 мг %) пировиноградная кислота. Ее концентрация может существенно возрасти при В<sub>1</sub>-авитаминозе, когда ее количество увеличивается в несколько раз и может достигать 3,5—9,6 мг %. Подобное явление наблюдается и при сердечной недостаточности.

# Содержание липидов

- Липидов в крови содержится от 0,5 до 0,9 %, а в некоторых случаях достигает 1,5—2,0% (гиперлипемия). Повышение количества липидов в крови происходит преимущественно за счет нейтральных жиров и в норме это явление наблюдается после приёма корма с избыточным содержанием указанных веществ. Однако причиной гиперлипемии может быть и усиленное разрушение тканей при ряде заболеваний (например, при туберкулёзе). Нейтральные жиры представлены в крови в виде мельчайших капелек — хиломикронов, стабилизированных сывороточными белками. Из других липидов в крови имеются фосфолипиды (около 200—400 мг %), холестерол и его эфиры (100-250 мг%).

# Липопротеины плазмы крови



# Общая характеристика липопротеинов

Липиды в водной среде (а значит, и в крови) нерастворимы, поэтому для транспорта липидов кровью в организме образуются комплексы липидов с белками — липопротеины.

Все типы липопротеинов имеют сходное строение — гидрофобное ядро и гидрофильный слой на поверхности. Гидрофильный слой образован белками, которые называют апопротеинами, и амфифильными молекулами липидов — фосфолипидами и холестеролом. Гидрофильные группы этих молекул обращены к водной фазе, а гидрофобные части — к гидрофобному ядру липопротеина, в котором находятся транспортируемые липиды.

# Липопротеины

В организме синтезируются следующие типы липопротеинов: хиломикроны (ХМ), липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП), липопротеины промежуточной плотности (ЛППП), липопротеины низкой плотности (ЛПНП) и липопротеины высокой плотности (ЛПВП).

Каждый из типов ЛП образуется в разных тканях и транспортирует определённые липиды. Например, ХМ транспортируют экзогенные (пищевые жиры) из кишечника в ткани, поэтому триацилглицеролы составляют до 85% массы этих частиц.

# Свойства липопротеинов

ЛП хорошо растворимы в крови, не опалесцируют, так как имеют небольшой размер и отрицательный заряд на поверхности. Некоторые ЛП легко проходят через стенки капилляров кровеносных сосудов и доставляют липиды к клеткам.

Большой размер ХМ не позволяет им проникать через стенки капилляров, поэтому из клеток кишечника они сначала попадают в лимфатическую систему и потом через главный грудной проток вливаются в кровь вместе с лимфой.

# Гиперхиломикронемия, гипертриглицеронемия

После приёма пищи, содержащей жиры, развивается физиологическая гипертриглицеронемия и, соответственно, гиперхиломикронемия, которая может продолжаться до нескольких часов.

Скорость удаления ХМ из кровотока зависит от:

- активности ЛП-липазы;
- присутствия ЛПВП, поставляющих апопротеины С-II и Е для ХМ;
- активности переноса апоС-II и апоЕ на ХМ.

Генетические дефекты любого из белков, участвующих в метаболизме ХМ, приводят к развитию семейной гиперхиломикронемии — гиперлипопротеинемии типа I.

# Атерогенность липопротеинов

- ЛПНП – атерогенные
- ЛПОНП – атерогенные
- ЛПВП - неатерогенные

# Содержание анионов и катионов в плазме крови животных, мг %

Ионы	Вид животных						
	лошади	коровы	телята	овцы	свиньи	собаки	куры
Na <sup>+</sup>	340	330	360	260	350	340	290
K <sup>+</sup>	24	18	19	18	23	16	83
Ca <sup>2+</sup>	14	12	10	12	13	10	10—25
Mg <sup>2+</sup>	3,5	3,6	2,8	2,4	3,5	2,1	4,7
Cl <sup>-</sup>	330	375	355	340	360	370	470
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (общ.)	11	17	14	10,5	18	15	20—60
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (неорг.)	2,6—3,5	4,5—7	5—10	4—7	5—7	4	5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	20—22	13,5	20—22	20—22	20—22	7,3	—
Fe (мкг)	125	100	150—260	120	190	170	—
Cu (мкг)	130	85	90	80	220	140	33
Zn (мкг)	100	150	210	290	90	320	200