

Биохимия крови

Функции крови

- **Дыхательная** (*Нь переносит O_2 от легких ко всем клеткам и тканям, этим обеспечивая процессы обмена в них; также кровью к легким переносится CO_2 , образовавшийся как конечный продукт обмена).*
- **Питательная** (*от ЖКТ кровь переносит необходимые питательные вещества (сахара, а/к-ты, витамины и др.) к органам и тканям, где они вступают в различные процессы обмена, а также резервируются. С помощью крови происходит перераспределение питательных веществ между отдельными органами и тканями).*
- **Выделительная** (*кровью вымываются из тканей вредные продукты обмена: мочеви́на, мочева́я кислота, парные соединения и др.).*

- **Защитная** (в крови существует целая система белков, вызывающих ее свертывание и защищающих тем самым организм от тяжелых осложнений, связанных с кровопотерей).
- **Регуляторная** (кровью разносятся гормоны, медиаторы и др. вещества, которые влияют на соответствующие центры нервной системы и рецепторы, находящиеся в стенках сосудов, вызывая изменения в обмене и функциях отдельных органов и систем).

- Количество крови у разных видов животных по отношению к массе тела составляет от 4,5-5% (кролик, свинья) до 10% (птица). У человека 5 л крови.
- Наибольшее количество крови сосредоточено в мышцах (около 40%), печени (12-15%), легких (6,5%) и в почках (около 7%).

Ê ðî âü

Ï ëàçì à
(50 - 60%)

Ôî ðî 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) ëãéêî 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.

- Для обеспечения жизни необходимо динамическое постоянство состава и физико-химических свойств биологических жидкостей организма, особенно крови как главной внутренней среды. Такое состояние называется ГОМЕОСТАЗОМ.
- Осмотическое давление плазмы крови определяется ее осмотической концентрацией, т.е. суммой всех частиц – молекул, ионов, коллоидных частиц, находящихся в единице объема.

- Почти полностью эта величина обусловлена содержащимися в крови хлоридом натрия и др. низкомолекулярными веществами, очень небольшая часть — белками (альбуминами). Эту часть осмотического давления называют онкотическим.
- В ветеринарных исследованиях величину осмотического давления используют редко, чаще пользуются понятием осмотической концентрации (определяют по величине депрессии (понижения) температуры исследуемой жидкости по сравнению с водой).

Осмотическое давление крови разных животных

Депрессия (С°)

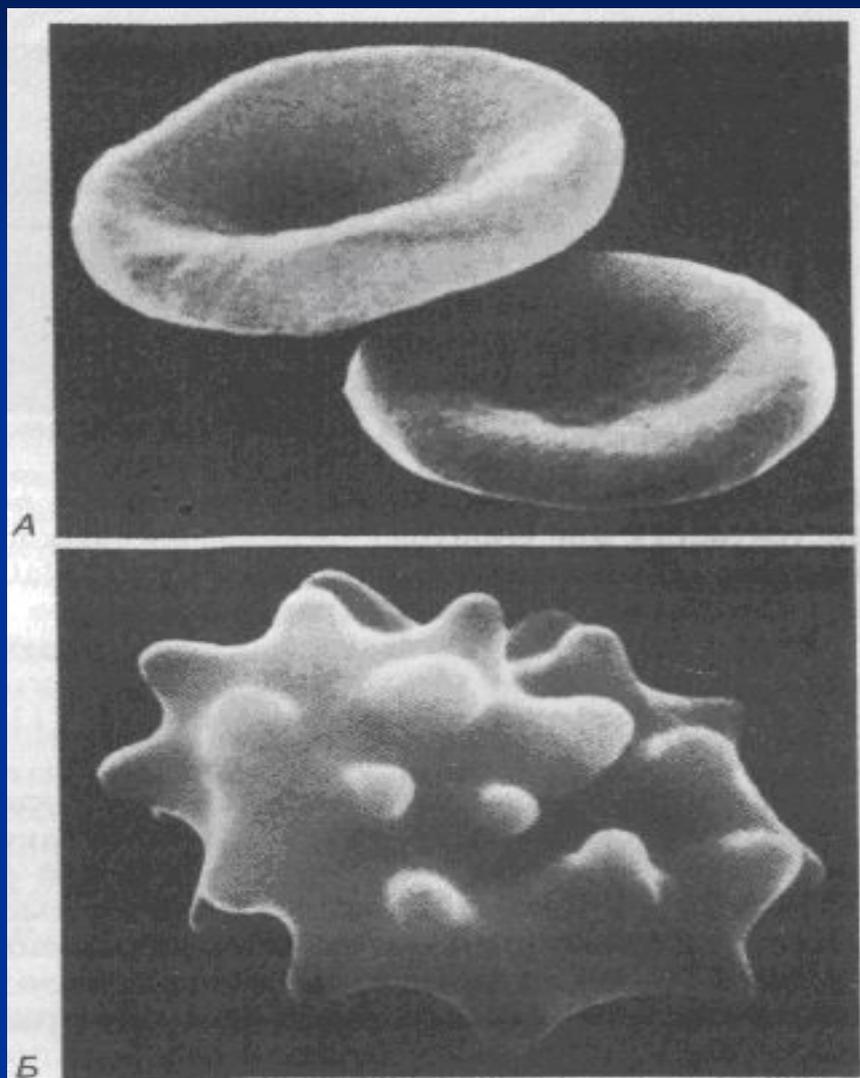
Лошадь	0,558	Собака	0,597
Корова	0,611	Кошка	0,633
Овца	0,618	Кролик	0,595
Свинья	0,618	Курица	0,638

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

- При различных заболеваниях, ожогах и кровопотерях широко применяют водные растворы электролитов — физиологические растворы.
- Чаще всего вводят изотонический раствор, в котором концентрация NaCl, осмотическое давление, величина pH и др. параметры такие же, как и в крови.
- Если концентрация электролита в растворе выше, чем в крови, такой раствор называется гипертоническим раствором.
- Раствор меньшей концентрации с меньшим осмотическим давлением, чем в крови, называется гипотоническим.

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



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 мм² 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 ³ 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, которые сопровождаются лихорадкой.

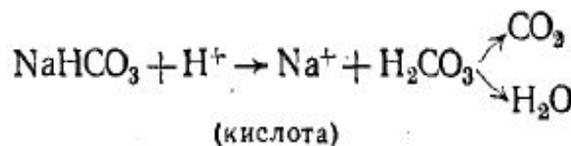
Буферные системы крови

Буферные системы обеспечивают динамическое постоянство pH крови

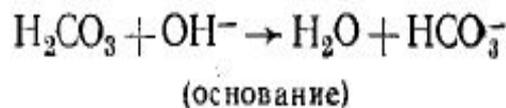


Гидрокарбонатная буферная система

- Составляет 7–9 % всей буферной емкости крови. Определение компонентов этой системы широко используется для диагностики расстройств кислотно-щелочного баланса, например при острых кишечных инфекциях.
- Гидрокарбонатная буферная система крови состоит из сочетания CO_2 , H_2CO_3 , NaHCO_3 .

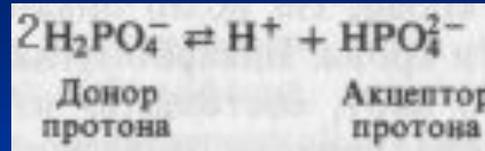


- Второй компонент гидрокарбонатной буферной системы (угольная кислота) будет нейтрализовать попадающие извне или образующиеся в организме анионы гидроксила:



Фосфатная буферная система

- Фосфатная буферная система представляет собой сопряженную кислотно-основную пару, состоящую из иона H_2PO_4^- (донор протонов) и иона HPO_4^{2-} (акцептор протонов).



- Роль кислоты в этой системе выполняет однозамещенный фосфат – NaH_2PO_4 , а роль соли – двузамещенный фосфат – NaHPO_4 .
- Фосфатная буферная система составляет всего лишь 1 % буферной емкости крови. Однако в тканях эта система является одной из основных. Она играет роль в почечной регуляции кислотно-щелочного баланса, а также внутри клеток различных органов.

Белковая буферная система

- Белковая буферная система образована белками плазмы крови. 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 – 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.

Гемоглобиновая буферная система

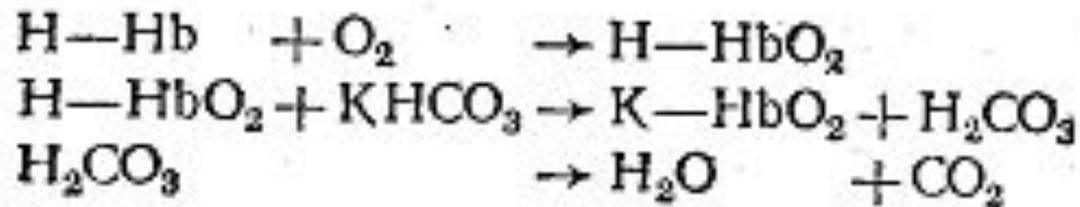
- Гемоглобиновая буферная система – самая мощная буферная система крови. Она в 9 раз мощнее бикарбонатного буфера; на ее долю приходится 75% всей буферной емкости крови.
- Участие гемоглобина в регуляции рН крови связано с его ролью в транспорте кислорода и углекислого газа. Константа диссоциации кислотных групп гемоглобина меняется в зависимости от его насыщения кислородом. При насыщении гемоглобина кислородом он становится более сильной кислотой (H^+HbO_2). Гемоглобин, отдавая кислород, становится очень слабой органической кислотой (H^+Hb).

Буферные свойства гемоглобина

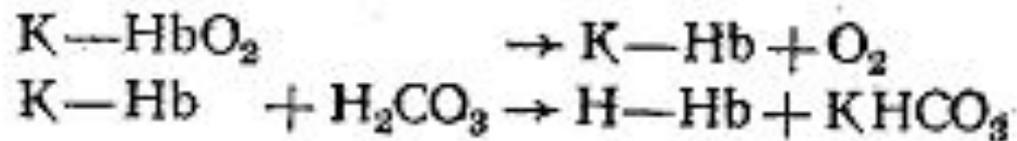
- Буферные свойства гемоглобина прежде всего обусловлены возможностью взаимодействия кислореагирующих соединений с калиевой солью гемоглобина с образованием эквивалентного количества соответствующей калийной соли кислоты и свободного гемоглобина:
- $\text{КНб} + \text{H}_2\text{СО}_3 \rightarrow \text{КНСО}_3 + \text{ННб}$
- Именно таким образом превращение калийной соли гемоглобина эритроцитов в свободный ННб 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



- *В капиллярах альвеол* гемоглобин ($H-Hb$) превращается в оксигемоглобин ($H-HbO_2$). Оксигемоглобин, как относительно сильная органическая кислота реагирует с гидрокарбонатом калия, находящимся в эритроцитах, вследствие чего образуется калиевая соль оксигемоглобина ($K-HbO_2$) и угольная кислота (H_2CO_3). Под влиянием карбоангидразы эритроцитов она распадается на воду и углекислый газ, который выделяется легкими.
- Калиевые соли оксигемоглобина переносятся кровью *к капиллярам тканей*, где оксигемоглобин, теряя кислород, превращается в калиевую соль гемоглобина ($K-Hb$). Поскольку гемоглобин является слабой кислотой, то его калиевая соль расщепляется в реакции с угольной кислотой. При этом образуется гидрокарбонат калия и свободный гемоглобин.

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, α -, β - и γ -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

Электрофолеграмма сыворотки крови человека. Схема прибора для электрофореза на бумаге.

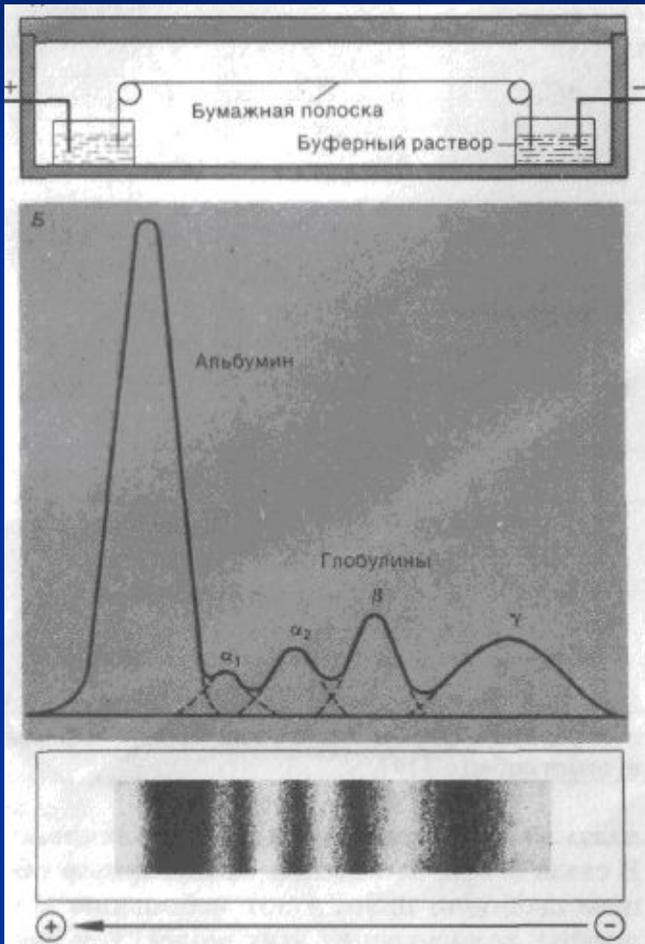


Схема прибора для электрофореза на бумаге. Б. Окрашенные полосы на бумажной ленте и соответствующие им зубцы на фотометрической кривой, отражающие процентное содержание различных белковых фракций: альбумин – 59,2%; α_1 -глобулин – 3,9%; α_2 -глобулин – 7,5%; β -глобулин – 12,1%; γ -глобулин – 17,3%.

Электрофорез белков сыворотки

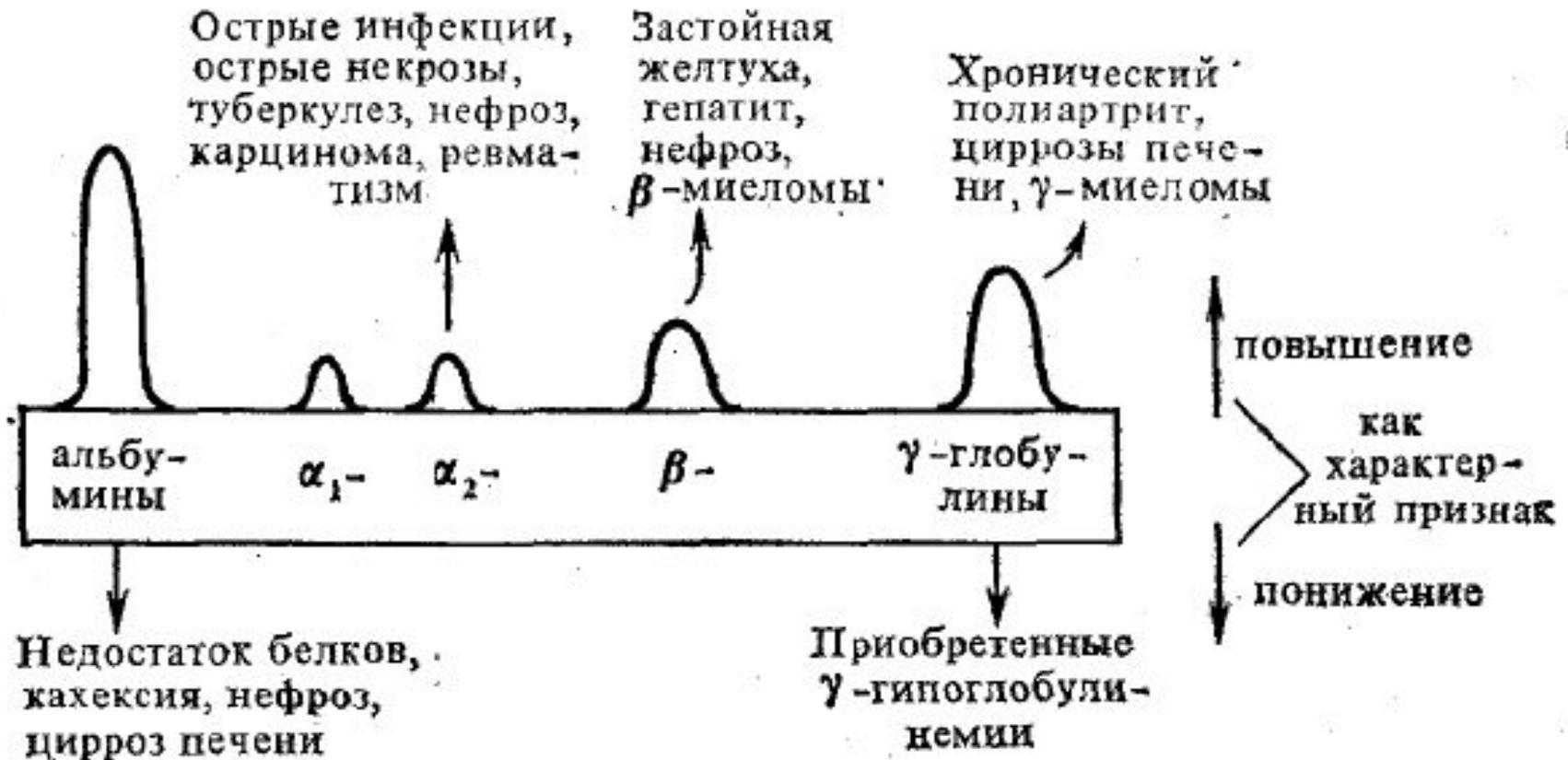


Рис. 39. Изменения электрофореграммы белков сыворотки крови при некоторых заболеваниях

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 α_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.

Трансферрин

- Трансферрин относится к β -глобулинам и обладает способностью соединяться с железом.
- 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.

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.

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 α_2 -глобулинами.

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.

Ферменты плазмы

Ферменты, которые обнаруживаются в норме в плазме или сыворотке крови, условно можно разделить на три группы:

- *секреторные*
- *индикаторные*
- *экскреторные*

Секреторные ферменты

- синтезируются в печени, в норме выделяются в плазму крови, где играют определенную физиологическую роль (ферменты, участвующие в процессе свертывания крови, и сывороточная холинэстераза).

Индикаторные (клеточные) ферменты

- Попадают в кровь из тканей, где они выполняют определенные внутриклеточные функции.
- Большая часть индикаторных ферментов в сыворотке крови определяется в норме лишь в следовых количествах, но 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.

Индикаторные (клеточные) ферменты

- При инфаркте миокарда в крови увеличивается активность креатинкиназы (КК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ-1), аспартатаминотрансферазы (АСТ).
- При патологиях печени увеличивается активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ-5), щелочной фосфатазы (ЩФ).

Индикаторные (клеточные) ферменты

- При патологиях костной системы щелочная фосфатаза (ЩФ).
- При патологиях поджелудочной железы – амилаза.
- При патологиях предстательной железы – кислая фосфатаза.

Экскреторные ферменты

- Синтезируются главным образом в печени (аминопептидаза, щелочная фосфатаза и др.).
- Эти ферменты в физиологических условиях в основном выделяются с жёлчью.
- При многих патологических процессах, когда выделение указанных ферментов с жёлчью нарушается, активность экскреторных ферментов в плазме крови повышается.

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—3,9	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 (небелкового) азота – составляет 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. У сельскохозяйственных животных подавляющее её количество превращается в аллантоин, поэтому в их крови мочевой кислоты мало (0,5-1,5 мг %).
- В крови плотоядных животных и человека 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, глутаминовая кислота и глутамин.
- 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, мг%

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.
- 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 стадии гипертиреоза и др.
- Гипергликемия сопровождается выделением глюкозы с мочой (*глюкозурия*).

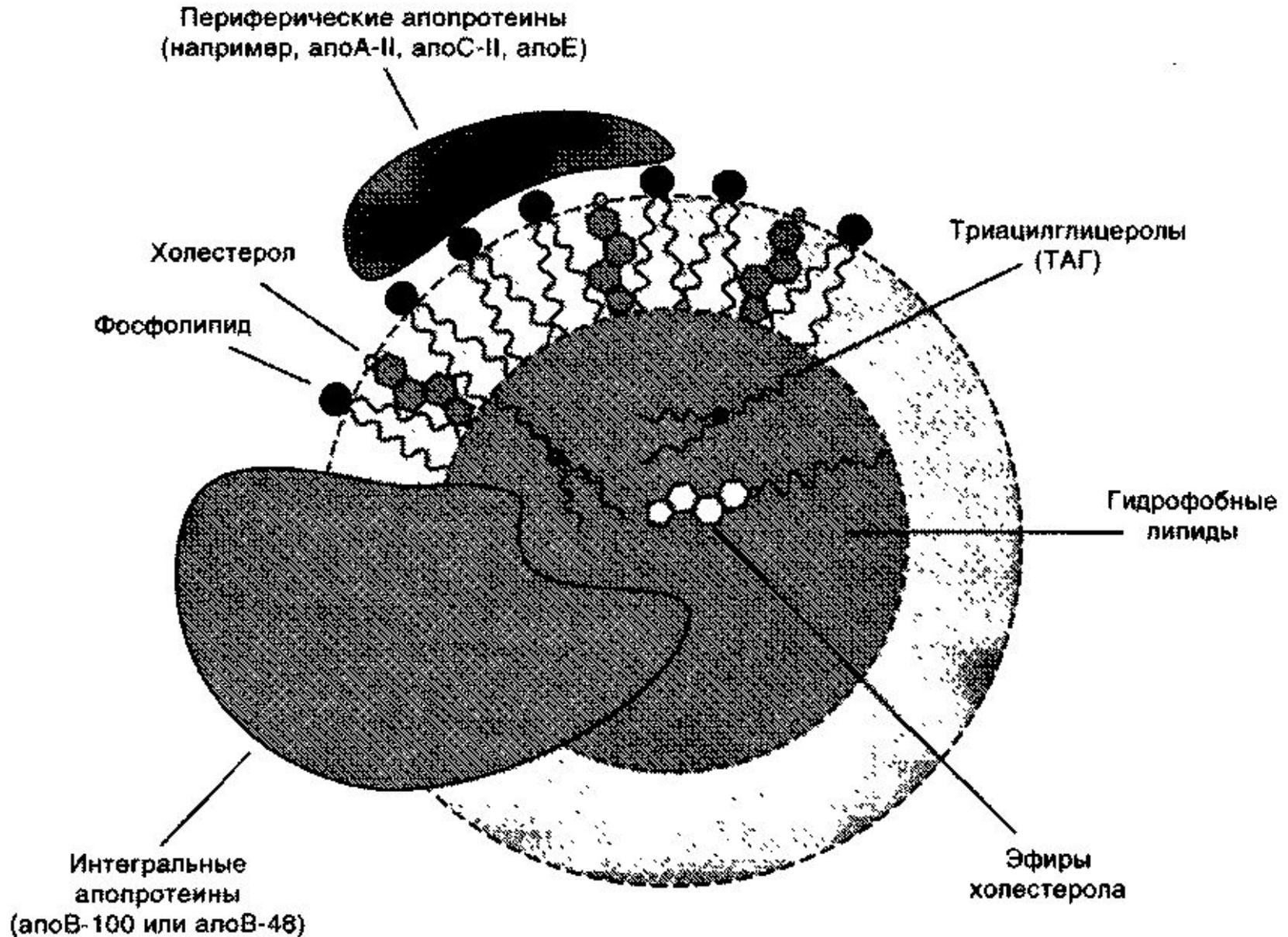
Содержание лактата и ПВК

- 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 возрастать при В₁-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.
- 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 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.

Содержание анионов и катионов в плазме крови животных, мг %

Ионы	Вид животных						
	лошади	коровы	телята	овцы	свиньи	собаки	куры
Na ⁺	340	330	360	260	350	340	290
K ⁺	24	18	19	18	23	16	83
Ca ²⁺	14	12	10	12	13	10	10—25
Mg ²⁺	3,5	3,6	2,8	2,4	3,5	2,1	4,7
Cl ⁻	330	375	355	340	360	370	470
HCO ₃ ⁻	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200
HPO ₄ ²⁻ (общ.)	11	17	14	10,5	18	15	20—60
HPO ₄ ²⁻ (неорг.)	2,6—3,5	4,5—7	5—10	4—7	5—7	4	5
SO ₄ ²⁻	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

Нарушение обмена кальция

- Гипокальциемия – уменьшение содержания кальция в крови ниже 2 ммоль/л может быть результатом недостаточного поступления кальция с пищей, нарушения всасывания ионизированного кальция в кишечнике и нарушения функции ряда желез внутренней секреции – паращитовидных, щитовидной, надпочечников и поджелудочной железы.

- Всасывание кальция затрудняется при значительном избытке в пище фосфора (оптимальное соотношение Са/Р составляет 1:1,3–1,5). Такое же влияние на всасывание кальция оказывает и избыток в пище жиров, когда образуются почти нерастворимые соли кальция с жирными кислотами (кальциевые мыла). Заметно ухудшается всасывание кальция при наличии в пище значительных количеств щавелевой кислоты.
- Важным фактором, ограничивающим всасывание кальция в тонком кишечнике является недостаток витамина D. Витамин D повышает активность пируватдекарбоксилазы, который способствует переходу пировиноградной кислоты в лимонную и тем самым создает оптимальную слабокислую среду в кишечной стенке, необходимую для всасывания кальция. При гиповитаминозе D снижается активность стимулируемой кальцием АТФ-азы в микроворсинках кишечного эпителия, что также тормозит всасывание кальция.

■ **Гиперкальциемия** – повышение уровня кальция в сыворотке крови выше 2,5–3 ммоль/л. Наиболее важным фактором, ведущим к гиперкальциемии является гиперфункция паращитовидных желез – гиперпаратиреоз. Избыток паратгормона увеличивает дифференциацию стволовых клеток в остеокласты, а также увеличивает активность каждого остеокласта. В результате костная ткань теряет кальций. Костная ткань заменяется фиброзной, становится мягкой – возникает фиброзная остеодистрофия. Количество кальция в крови при этом повышается, концентрация неорганического фосфора снижается. Этому способствует и усиленное всасывание кальция в кишечнике и реабсорбция в почках.

- Относительная гиперкальциемия может возникать при ацидозе, когда кальций переходит из неактивной белковосвязанной формы в ионизированную – активную форму.
- Длительная гиперкальциемия может привести к снижению нервно-мышечной возбудимости, появлению парезов, параличей. На ЭКГ удлиняется интервал S — T.

Нарушение обмена магния

- Магний является вторым по концентрации катионом внутриклеточной среды (около 15 ммоль/л), а в плазме крови его содержание – 1-1,5 ммоль/л. Основная часть магния входит в состав костной ткани, и он является антагонистом кальция. Кроме того, магний играет большую роль в промежуточном обмене, являясь кофактором многих ферментных систем: аденозинтрифосфатазы мышц, холинэстеразы, фосфатазы, фосфоорилазы пептидазы, декарбоксилазы кетокислот и др.

- Нарушение в организме магний-кальциевого равновесия наблюдается при заболевании рахитом. При этом количество магния в крови уменьшается вследствие того, что он переходит в кости и вытесняет из них кальций. При введении в организм витамина D в крови увеличивается содержание как Ca, так Mg. Избыток магния при этом депонируется в мышцах.
- Но если даже и возникает «магниевое голодание», до определенных пределов содержание Mg в крови не уменьшается, так как в кровь переходит Mg из основных его депо – костей и мышц.

- **Фосфор.** Содержится в организме в больших количествах. Напрямую участвует в процессах метаболизма, составляя часть важных энергоносителей – аденозинтрифосфата (АТФ) и креатинфосфата. Фосфор работает совместно с кальцием, и их соотношение необходимо держать равным 1:1 по химическому эквиваленту (1 атом фосфора на 1 атом кальция) или 1:1,5 по массе. Кроме того, фосфорные добавки снижают количество молочной кислоты в крови. Он помогает обеспечивать скорость и мощь сокращений мышц, что важно как для силовой, так и для скоростной тренировки. Большая часть фосфора поступает в организм с животными продуктами – молочными и мясными, а также яйцами.

Хорошими источниками этого элемента являются хлебные изделия и крупы. Рекомендуемое потребление фосфора – 1200 мг в день. При напряженных тренировках оно может быть существенно увеличено.