



# Биохимия крови

# Биохимия крови

Жидкая ткань, состоящая из плазмы и взвешенных в ней форменных элементов.

На долю **плазмы** приходится 55%, **форменные элементы** составляют 45%. Из них: 44% - эритроциты и 1% остальные клетки - лейкоциты и тромбоциты.

Общий объём крови в среднем у женщин 3900 мл, у мужчин – 5200 мл.

Удельный вес (относительная плотность) крови: цельная кровь: 1,050 -1,064, плазма: 1,024 -1,030.



# Функции крови

- 1. **Транспортная** – объединяет обменные процессы, идущие в различных органах и тканях:
  - а/ транспорт  $O_2$  от легких к тканям и  $CO_2$  от тканей к лёгким
  - б/ транспорт питательных веществ от депо и кишечника к тканям
  - в/ транспорт конечных метаболитов к органам выделения (экскреторная функция)
  - г/ регуляторная функция – транспорт гормонов
  - д/ транспорт липидов, витаминов, ВЖК, АК, минеральных элементов.

# Функции крови

□ 2. **Терморегуляторная** – поддержание теплового баланса.

□ 3. **Защитная функция:**

а/ факторы клеточной защиты – фагоцитирующие клетки (нейтрофилы, моноциты), лимфоциты-киллеры  
б/ факторы неспецифической защиты - белки системы комплемента. Связывают комплексы антиген-антитело, способствуют лизису, фагоцитозу чужеродных клеток  
в/ факторы специфической защиты: антитела или иммуноглобулины, которые направлены  
вырабатываются против чужеродных белков, бактерий.  
5 классов иммуноглобулинов: IgG, IgM, IgA, IgD, IgE.  
**Преобладает класс IgG - он составляют > 70%.**



## Функции крови

- 4. **Функция гемостаза.** Факторы свертывающей и антисвертывающей системы крови, предотвращают кровотечения при сосудистых повреждениях (фибриноген, тромбин и др. плазменные факторы)
- 5. **Кровь - условное депо белков.** Белки плазмы крови в условиях голодания являются «резервом» аминокислот.

# Химический состав крови



В цельной крови содержание  $H_2O \sim 80\%$ , сухой остаток составляет  $\sim 20\%$ .

Кровь, лишённая форменных элементов - **плазма**.

В **плазме** содержание  $H_2O \sim 90-91\%$ , сухой остаток **плазмы крови** – 9 – 10%.

Сухой остаток **плазмы крови** включает четыре группы компонентов:

- белки плазмы крови
- небелковые азотистые вещества
- безазотистые органические компоненты
- минеральные вещества.

# 1. Белки плазмы крови

Составляют основную массу сухого остатка:

6,5 – 8,5 %.

Содержание **общего белка** в граммах на литр в плазме (сыворотке) крови **65 – 85 г/л.**

Количество **альбуминов 40 – 50 г/л**, содержание **глобулинов 20-30 г/л** и **фибриногена 2 – 3 г/л.**

Плазма, лишённая фибриногена - **сыворотка крови.**

Основное место синтеза белков крови – **печень.**

Альбумины полностью синтезируются в печени и большая часть глобулинов.

**Иммуноглобулины** синтезируются  $\beta$ - лимфоцитами.

## 2. Небелковые азотистые компоненты

Содержание: 1,0 – 1,5 % сухого остатка.

**Мочевина, аминокислоты, креатин+креатинин, мочевая кислота, пептиды, нуклеотиды.**

Небелковые азотистые компоненты являются составляющими **остаточного азота крови.**

В норме **остаточный азот крови** = 15 – 25 ммоль/л.

Содержание каждого компонента – **константа.**

**Мочевина** 3,3 – 8,3 ммоль/л.

↑ при нефритах, лихорадочных состояниях, туберкулезе

↓ гепатит, цирроз

**Мочевая кислота** 0,12 – 0,46 (~0,29) ммоль/л

↑ при подагре

**Билирубин (общий)** 1,7 – 20,5 мкмоль/л

↑ при желтухе



### 3. Безазотистые органические вещества

Составляют ~ 1 % сухого остатка.

Углеводы, липиды, метаболиты углеводного и липидного обменов: глюкоза, ПВК, лактат, ВЖК, цитрат, ацетоновые тела.

Уровень каждого компонента в норме – константа.

Глюкоза 3,3 – 5,5 ммоль/л, общие липиды 4 - 8 г/л, кетоновые тела 0,1 - 0,6 ммоль/л.

### 4. Минеральные (неорганические) вещества

В сумме 0,8 – 0,9 % сухого остатка: натрий, калий, хлориды, Са, Р, Mg и др.

В норме содержание каждого из них - константа.

# Белки крови



**Общий белок крови 65 – 85 г/л.**

При разделении белков сыворотки крови методом электрофореза на ацетатцеллюлозной плёнке (бумаге), белки распределяются на 5 фракций:

**альбумины,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  – глобулины.**

# Белки крови

Электрофорез белков сыворотки крови на других носителях позволяет получить большее количество фракций белков.

*В агаровом геле: 7-8 фракций,*

*в крахмальном геле: 16-17 фракций.*

Общее количество белковых фракций крови более 150.

# Гиперпротеинемия

Увеличение общего белка плазмы крови - **гиперпротеинемия.**

**Гиперпротеинемия** может быть **относительная** и **абсолютная.**

## Относительная гиперпротеинемия

Является следствием обезвоживания организма при диарее, рвоте, ожогах (встречается чаще у детей).

## Абсолютная гиперпротеинемия

Обусловлена повышением уровня глобулинов, чаще  $\gamma$  – **глобулинов** за счёт парапротеиновых белков, т.е. белков, появляющихся при патологии.

**Плазмоцитома** или **миеломная болезнь**, в крови увеличены лёгкие цепи (обломки) иммуноглобулинов IgG. Общий белок крови  $\uparrow$  до 100 – 160 г/л, в моче белки Бенс-Джонса.

**Макроглобулинемия**-  $\uparrow$  парапротеиновые белки с M=1,0 - 1,6 млн. Общий белок  $\uparrow$  до 150 – 160 г/л.

# Гипопроотеинемия

**Гипопроотеинемия** (первичная и вторичная) - уменьшение общего белка плазмы (сыворотки) крови в основном за счет **снижения** содержания **альбуминов**.

Первичная у детей – анальбуминемия, бис-альбуминемия за счет генетических дефектов синтеза альбуминов в печени.

Вторичная гипопроотеинемия при заболеваниях печени, нарушении функции почек, белковом голодании, опухолях.

Вторичная гипопропротеинемия. Причиной вторичной гипопропротеинемии может быть влияние факторов внешней среды на тканевой метаболизм.

**Ионы тяжелых металлов**, попадая в организм человека, являются причиной нарушения функций печени и почек. Снижается скорость синтеза белков в печени, развивается **гипопропротеинемия**.

Через поврежденные почки белок выходит в мочу, в результате чего возникает сочетание **гипопропротеинемии** и **протеинурии**.

**Токсическое действие ацетальдегида**, продукта окисления этанола. Ацетальдегид ацетирует ферменты в печени, нарушает синтез белков на экспорт (альбуминов и глобулинов). В крови **гипоальбуминемия** – развиваются отеки, нарушается транспорт гидрофобных соединений.

# Диспротеинемии



Наиболее часто в условиях патологии наблюдается состояние **диспротеинемии**.

При **диспротеинемии** содержание **общего белка не изменяется**, а изменяется соотношение белковых фракций в плазме крови.



# Диспротеинемии

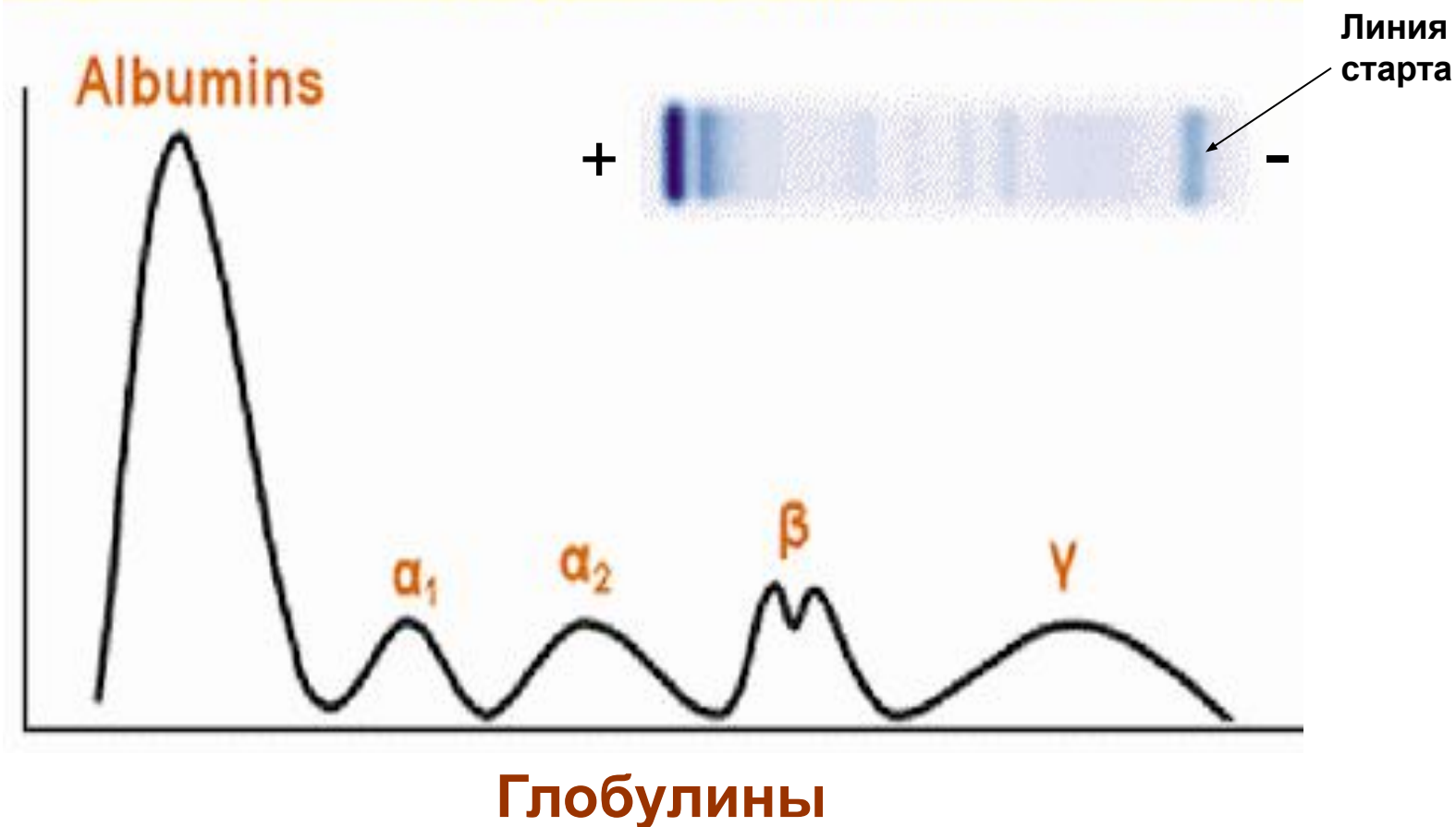
При **острых инфекциях, некрозах, остром ревматизме** увеличиваются белки острой фазы  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – глобулины, понижаются альбумины.

При **застойной желтухе, гепатите, нефрозе** – повышается  $\beta$  – глобулиновая фракция, снижаются альбумины.

**Цирроз печени, хронические воспаления** – характеризуются повышением  $\gamma$  – глобулинов, уменьшением фракции альбуминов.

# Электрофореграмма белков плазмы (сыворотки) крови в норме

Figure 1: Normal electrophoretic graph and Blood Proteins



# Белковые фракции крови

**Альбумины** составляют основную массу белков плазмы 55 – 65 % (40-50 г/л). Синтезируются в печени. Кислые белки с ИЭТ=4,7.  $M < 70\ 000$ .

## Функции альбуминов:

а/ поддерживают онкотическое давление  
б/ осуществляют транспорт ионов, ВЖК, гормонов, билирубина, лекарственных препаратов  
в/ являются резервом аминокислот  
г/ связывают токсины и способствуют их выведению.

**Преальбумин (транстиретин)**- участвует в связывании и транспорте тироксина - $T_4$  и  $T_3$ .

# Фракция глобулинов

Гетерогенная фракция, включающая более 100 белков. Кислые белки с ИЭТ = 6,7 – 6,8. Растворимы в разбавленных растворах солей, но нерастворимы в насыщенных и полунасыщенных солевых растворах.  $M > 150$  тысяч.

## Функции глобулинов

1. Вместе с АІ поддерживают онкотическое давление.
2. Выполняют транспортную функцию. Участвуют в транспорте гормонов, минеральных элементов, липидов.

## Функции глобулинов



3. Глобулины выполняют функцию неспецифической защиты - белки системы комплемента.
4. Каталитическая функция (ферменты крови).
5. Функция гемостаза. Белки свёртывающей и антисвертывающей системы крови.
6. Реактанты острой фазы.
7. Белки специфической защиты – иммуноглобулины (антитела).

# $\alpha_1$ - глобулины

**$\alpha_1$ -антитрипсин** 2–5 г/л.

Ингибитор ряда протеиназ: трипсина, химотрипсина. ↑  
при всех воспалительных процессах и клеточном распаде.

↓ при тяжёлых поражениях печени (цирроз, желтухи).

**Кислый- $\alpha_1$ -гликопротеин (орозомукоид)**

0,5 – 1,4 г/л.

Участвует в транспорте прогестерона, тестостерона.

↑ при острых и хронических воспалительных процессах

↓ при циррозе.

**$\alpha_1$ -липопротеины (ЛПВП)** 0,25 г/л

Осуществляют транспорт холестерина

↓ при поражении печени.

# $\alpha_2$ -глобулины

**Гаптоглобин** 0,0–0,35 г/л

Связывает и транспортирует свободный гемоглобин А в клетки РЭС.

↑ при острых воспалительных процессах

↓ при поражении паренхимы печени

**$\alpha_2$ - макроглобулин** 1,5 – 4,2 г/л.

Цинк, содержащий гликопротеин. Ингибирует протеолитические ферменты: трипсин, химотрипсин, тромбин, плазмин.

↑ при циррозе, нефрите, СД, некрозе тканей

↓ при ревматическом полиартрите

# $\alpha_2$ -глобулины

**Церулоплазмин** - **Cu**-содержащий белок голубого цвета (связывает до 8 атомов меди). Активный антиоксидант плазмы. 0,25-0,45 г/л ↑  
при острых воспалениях, инфекциях, инфаркте миокарда  
↓ при болезни Вильсона-Коновалова, нефротическом синдроме



## **β- Глобулины**

**Трансферрин** - транспортирует **Fe** (2 атома)

Имеет красноватый цвет. 2 - 4 г/л.

↓ при воспалительных процессах, нефротическом синдроме, заболеваниях печени.

**Гемопексин** - переносит гем, порфирины в клетки РЭС.     ↑ повышается при воспалениях

↓ при гемолитической анемии, болезнях печени

**Фибриноген** – важнейший плазменный фактор свертывающей системы крови: 2-4 г/л

↑ при воспалительных процессах

**С-реактивный белок** (между  $\alpha_2$  и  $\beta$ -глобулиновой фракцией): < 0,01 г/л.     Острофазный белок.

↑ при воспалительном процессе.

# γ- Глобулины



5 классов: **IgG, IgA, IgM, IgD, IgE.**

Преобладает класс **IgG > 70%.**

↑ Увеличение иммуноглобулинов -  
**гипериммуноглобулинемия** при острых и  
хронических воспалительных процессах.

# Белки острой фазы

Повышаются при **воспалительных процессах** и **некротическом распаде** тканей. Участвуют в развитии воспалительного процесса.

Сложные белки – **гликопротеины**.

**Синтезируются в печени.**

К белкам острой фазы относятся главным образом белки  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – глобулиновых фракций:

$\alpha_1$ - **антитрипсин, орозомукоид**

$\alpha_2$ - **гаптоглобин, церулоплазмин,**

**макроглобулин**

**$\beta$  - С-реактивный белок, гемопексин, фибриноген.**

# Кининовая система крови

Группа гормонов крови, которые образуются из тканевых предшественников.

Предшественниками кининов являются белки кининогены, синтезируемые в печени.

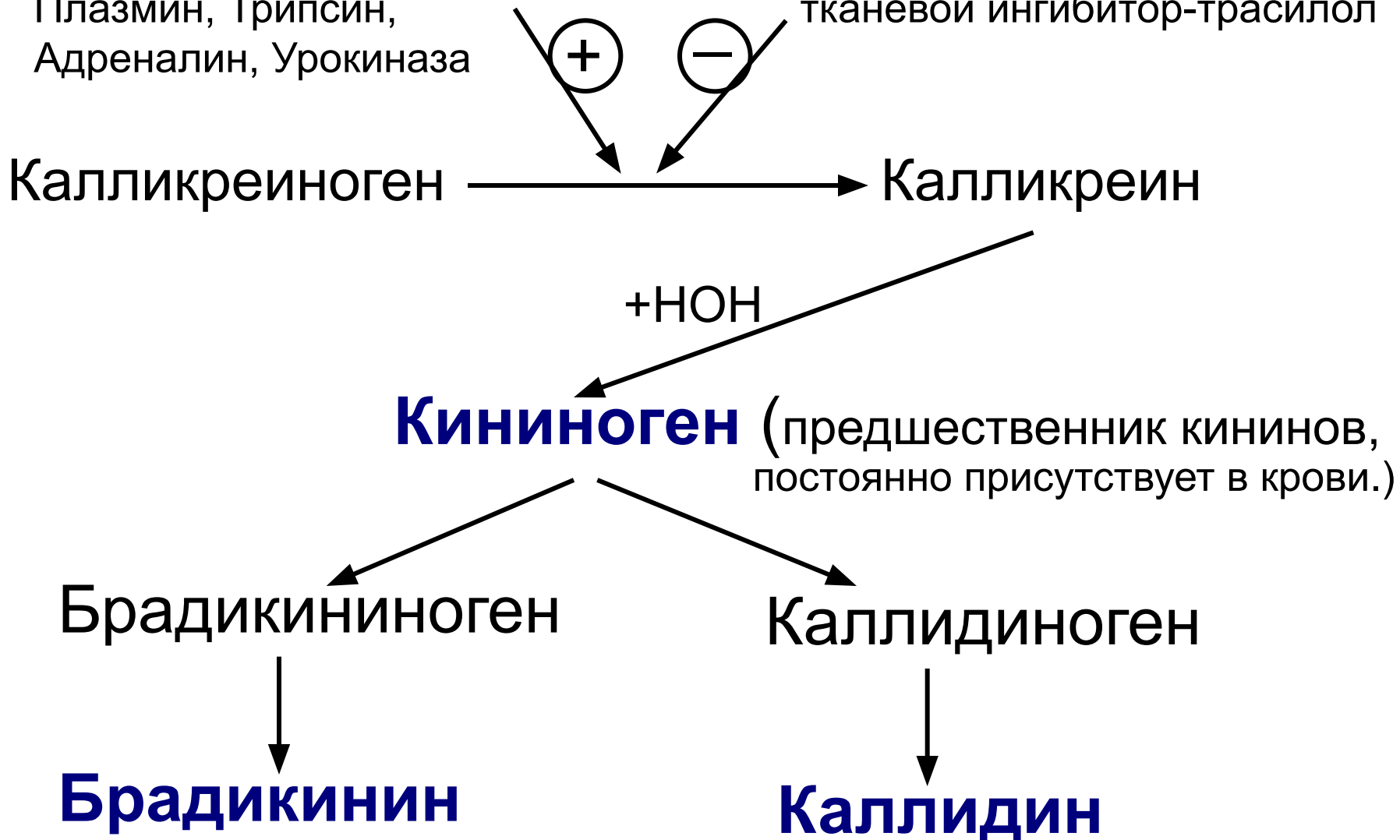
**Кининогены** всегда присутствуют в крови.

Образование **кининов** происходит при участии ферментов **калликреинов** или **кининогеназ** (протеиназы типа трипсина).

# Образование кининов

Фактор Хагемана – XII,  
Плазмин, Трипсин,  
Адреналин, Урокиназа

Сывороточный ингибитор,  
тканевой ингибитор-трасилол



# Структура кининов

Кинины представляют собой пептиды, содержащие 9 – 11 АК-остатков.

**Брадикинин** (нонапептид – 9 АК). Обладает наибольшей активностью среди кининов.

**Каллидин** или **лизил-брадикинин** (декапептид – 10 АК-остатков).

**Метионил-лизил-брадикинин** – 11 АК.

## Функции кининов

1. Главная функция – участие в регуляции сосудистого тонуса, скорости кровотока и кровяного давления.  
Кинины действуют на гладкую мускулатуру сосудов, вызывают их расширение, понижают кровяное давление.

# Функции кининов

2. Кинины расширяют большинство артериол, увеличивают органный кровоток, увеличивают минутный объем сердца
3. Повышают проницаемость мембран капилляров
4. Участвуют в воспалительных реакциях
5. Участвуют в местных и центральных болевых реакциях
6. Сокращают гладкую мускулатуру бронхов, матки, кишечника
7. Влияют на теплопродукцию
8. Функционируют в единой системе гемостаза.

# Распад кининов

Кинины являются биологически - активными соединениями, поэтому период жизни кининов короткий.

После выполнения физиологических функций, они разрушаются.

На кинины действуют ферменты **КИНИНАЗЫ**, гидролизующие кинины до более коротких пептидов и свободных АК, которые не обладают биологической активностью.



# Ферменты крови

Все ферменты крови можно условно разделить на три группы.

1. **Секреторные ферменты** – синтезируются в печени, направленно выводятся в кровь.

Это **ферменты свертывающей и антисвертывающей системы крови** и **сывороточная холинэстераза**.

Ферменты могут быть использованы для диагностики заболеваний свёртывающей системы крови.

2. **Индикаторные ферменты**

Внутриклеточные ферменты тканей и органов.

В крови они в норме отсутствуют или определяются в следовых количествах.

# Индикаторные ферменты

При патологических процессах, вследствие деструкции тканей, индикаторные ферменты выходят в кровь, их активность в крови резко возрастает.

**Ферменты являются «индикаторами» патологического процесса.**

Наибольшее значение в диагностике имеют **органо- и тканеспецифичные ферменты**, т.е. ферменты характерные только для определённых тканей и органов.

Эти ферменты являются «маркерами» тканей и органов.

# Примеры индикаторных ферментов

**При диагностике заболеваний печени**

определяют активность ферментов: ЛДГ<sub>5</sub>, АЛТ, урокиназы, сорбитол-ДГ, аргиназы,  $\gamma$ -глутамилтранспептидазы /ГГТ/.

**Диагностика инфаркта миокарда** – ЛДГ<sub>1</sub>, АСТ, креатинфосфокиназа /КФК/ - изофермент MB, тропонины I и T.

**Заболевания поджелудочной железы** – амилаза, липаза, трипсин.

**Рак предстательной железы** – кислая фосфатаза.

### 3. **Экскреторные ферменты.**

Синтезируются в печени, а затем выходят в желчь и экскретируются вместе с желчью.

Активность ферментов увеличивается в крови при нарушении оттока желчи из печени (механическая желтуха, цирроз, злокачественные заболевания печени – карциномы).

Экскреторные ферменты: **щелочная фосфатаза, лейцинаминопептидаза, гаммаглутамилтранспептидаза (ГГТ).**